



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Uso de geomallas biaxiales en pavimento flexible para alargar vida útil en suelos de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2020

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Mandujano Chumbemune, Javier Jesús (ORCID: 0000-0002-3032-0561)

**ASESOR:**

Ing. Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

2020

## **Dedicatoria**

A mi esposa y mis hijos por ser el motivo y la fortaleza para el logro de todos mis objetivos personales y profesionales.

## **Agradecimiento**

A Dios por darme la fortaleza de para avanzar y no rendirme en este largo camino de mi formación profesional. A mis docentes de la Universidad César Vallejo por siempre estar guiándome.

## Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	25
3.1. Diseño de investigación	25
3.2. Variables y Operacionalización	27
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.5. Procedimientos	30
3.6. Método de análisis de datos	31
3.7. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS	32
4.1. Diseño del pavimento flexible	32
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS	49

## Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades de las geomallas.	10
Tabla 2. Cálculo del número estructural (SN).	20
Tabla 3. Niveles de Confiabilidad recomendada por ASSHTO.	21
Tabla 4. Escala de calificación de serviciabilidad.	21
Tabla 5. Operacionalización de la variable autorregulación.	27
Tabla 6. Coeficiente de Validez por juicio de expertos.	29
Tabla 7. Parámetros básicos para el reforzamiento.	33
Tabla 8. Resumen de reforzamiento según prototipo.	36
Tabla 9. Resumen de reducción de espesores en cada prototipo.	37
Tabla 10. Costos para el pavimento flexible sin geomallas biaxiales.	38
Tabla 11. Costos para el pavimento flexible con geomallas biaxiales.	38

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Geomalla Uniaxial.	9
Figura 2. Geomalla Biaxial.	9
Figura 3. Mecanismo de Mejoramiento de Capacidad de Resistencia.	12
Figura 4. Efecto de zapato de nieve.	13
Figura 5. Mecanismo de Confinamiento Lateral.	13
Figura 6. Distribución de las zonas de confinamiento.	14
Figura 7. LCR Vs. CBR de la subrasante.	23
Figura 8. Exploración y análisis del terreno.	32
Figura 9. Determinación de los espesores sin geomallas.	33
Figura 10. Determinación de los espesores con geomallas.	34
Figura 11. Preparación del terreno.	35
Figura 12. Reforzamiento según cada prototipo de pavimento flexible.	36
Figura 13. Espesores según cada prototipo de pavimento flexible.	37

## Resumen

Esta investigación que lleva por título Uso de geomallas Biaxiales en pavimento flexible para alargar vida útil en suelos de la asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019. Esta investigación tuvo por objetivo general determinar de qué manera la estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima.

En cuanto al tipo de estudio fue de aplicado, enfoque cuantitativo y nivel explicativo. El diseño corresponde al no experimental en su variante descriptivo – comparativo. La población estuvo conformada por las principales avenidas de la Asociación de Pro Vivienda Nuevo Amanecer del distrito de Puente Piedra. De donde se extrajo como muestra la primera cuadra de una estas avenidas. Se ha utilizado la técnica de la observación y la ficha de registro, que fue validada por criterio de expertos.

Los principales resultados permitieron concluir que, la estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima. Estos debido a que cuando se logra reducir el espesor de la carpeta y las capas, obteniéndose un valor de 65 milímetros para la carpeta de rodadura; 160 milímetros de espesor para la capa base y 250 milímetros de espesor para la capa de sub base es posible incrementar la capacidad portante, reducir desplazamiento y deformaciones por lo que la vida útil del pavimento flexible será mayor.

**Palabras clave:** Geomallas Biaxiales, Pavimento Flexible, Vida Útil, Suelos Blandos.

## **Abstract**

This research, entitled Use of Biaxial Geogrids in Flexible Pavement to Extend Useful Life in Soils of the Nuevo Amanecer Association, Lima 2019. This research had the general objective of determining how the stabilization of soft soils with biaxial geogrids prolongs life. useful of the flexible pavements of the tracks of the Nuevo Amanecer Association, Lima.

Regarding the type of study, it was applied, quantitative approach and explanatory level. The design corresponds to the non-experimental in its descriptive-comparative variant. The population was made up of the main avenues of the Asociación de Pro Vivienda Nuevo Amanecer in the Puente Piedra district. From where the first block of one of these avenues was extracted as shown. The observation technique and the registration form were used, which were validated by expert judgment.

The main results allowed to conclude that the stabilization of soft soils with biaxial geogrids lengthens the useful life of the flexible pavements of the roads of the Nuevo Amanecer Association, Lima. These because when it is possible to reduce the thickness of the folder and the layers, obtaining a value of 65 millimeters for the rolling folder; 160 millimeters thick for the base layer and 250 millimeters thick for the sub-base layer, it is possible to increase the bearing capacity, reduce displacement and deformations, therefore the useful life of the flexible pavement will be longer.

**Keywords:** Biaxial Geogrids, Flexible Pavement, Useful Life, Soft Soils.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos el hombre se ha preocupado por mejorar sus condiciones de vida. Esto lo ha llevado a inventar múltiples diseños de construcción que van desde el uso del barro y el ladrillo, hasta la utilización de estructuras metálicas que garanticen una mayor seguridad de sus construcciones. Actualmente, su preocupación se ha diversificado y ha puesto todo su empeño por lograr el fortalecimiento de los suelos a fin de garantizar la estabilidad y seguridad de sus construcciones, las que en múltiples ocasiones deben resistir los embates de la naturaleza y hacer frente a movimientos sísmicos, con daños mínimos y con alto nivel de seguridad para sus habitantes.

Sobre esta problemática la revista BBC NEWS (2017) sobre un terremoto ocurrido en la ciudad de México señalaba las razones por las cuales algunas edificaciones no fueron derrumbadas por el sismo y afirmaba que, una de las razones es el terreno donde está cada zona de la ciudad. Gran parte del centro de la ciudad se encuentra sobre el sedimento de antiguos lagos, haciendo que el suelo sea menos firme. Tal como se aprecia, el terreno es uno de los factores determinantes en cuanto a la estabilidad y seguridad que pueden otorgar las edificaciones. Es por ello, que algunos países han puesto especial atención en los mecanismos, estrategias y materiales a utilizar para que se logre reforzar el suelo al momento de diseñar una edificación, sobre todo en el caso de suelos que corresponden al tipo arenoso.

Uno de los países que mas utiliza materiales de reforzamiento y estabilidad de sus suelos para poder edificar construcciones de gran envergadura es Emiratos Árabes Unidos. Según una publicación de la revista Geotexan (2019) en este país se espera que el uso del control de erosión sea el que mayor repunte presente debido al creciente desarrollo de la infraestructura, como carreteras, sistemas de drenaje y la construcción comercial y no comercial. La demanda de los geotextiles en el control de la erosión en los Emiratos Árabes Unidos se espera que crezca a una tasa compuesta anual del 7,9 % hasta 2019. Dentro del segmento de mercado de las geomallas, las carreteras fueron el segmento más grande de aplicaciones. Las Geomallas también se están utilizando cada vez más en el refuerzo de suelos. Se busca que la expansión de los aeropuertos, la reestructuración residencial y desarrollo de complejos comerciales disminuya gastos de reconstrucción y genere

mayor puesto laboral en este sector.

Como podemos apreciar, la utilización de materiales especiales, como las geomallas, para el reforzamiento de los suelos arenosos se han convertido en una de las alternativas que se ha posicionado en la construcción de viviendas, buscando con ello, no solo dar seguridad sino, también disminuir costos de reconstrucción en el caso de que ocurra un desastre o que algún factor externo o interno dañe a la edificación.

El Perú está ubicado en la zona conocida como el Círculo de Fuego del Océano Pacífico, zona que concentra la mayor actividad sísmica mundial. Por ello, los peruanos estamos expuestos a sufrir de manera repentina los efectos de un movimiento telúrico, lo que nos obliga a tener un alto nivel de responsabilidad al momento de diseñar la construcción de viviendas, así como las de sus pavimentos en las calles. Lamentablemente, la irresponsabilidad e informalidad hace que miles de compatriotas construyan sus viviendas sin ningún criterio técnico especializado, como es la orientación de un ingeniero civil, por lo que, las autoridades también en oportunidades realizan la pavimentación de calles sin tener en cuenta que son lugares de alto riesgo y que la característica del suelo debe obligarlos a utilizar material que brinde no solo durabilidad sino también seguridad.

Todas estas características incrementan el nivel de vulnerabilidad de las viviendas, calles y avenidas en el Perú, sobre todo en la ciudad de Lima, que por la naturaleza arenosa de su suelo se convierte en lugares altamente vulnerables a sufrir los efectos de su inestabilidad frente a un desastre natural o al peso de los vehículos que circulan. Estas debilidades de vulnerabilidad se observan actualmente en las zonas que corresponden a las laderas de los cerros de la capital, en donde es común observar que nuestras autoridades siguen la actitud informal de los ciudadanos y siguen construyendo y pavimentando espacios sin un criterio técnico riguroso.

Un informe de la Oxfam (2015) señaló que las vulnerabilidades de Lima están intrínsecamente asociadas a su historia. Lima es una ciudad que creció y se urbanizó de manera espontánea. No fue una ciudad planificada y no lo es a la fecha. Así las cosas, muchas de las vulnerabilidades que identificamos hoy en la ciudad surgen desde su nacimiento. Estamos ante una ciudad que nació vulnerable, característica que se potenció conforme se urbanizó y multiplicó, tanto en tamaño

geográfico como demográfico. Frente a ello es que muchos expertos proponen la utilización de geomallas para reforzar y brindar estabilidad a los suelos arenosos de la ciudad de Lima. Si bien por su costo no permite su uso en la construcción de viviendas familiares, pero si resulta accesible para el gobierno central, regional y municipalidades que son los responsables de pavimentar calles y avenidas que faciliten el libre tránsito de los vehículos y la comodidad y seguridad a los ciudadanos.

En la Asociación Nuevo Amanecer de la ciudad de Lima, la problemática encontrada se halla sobre todo en la irresponsabilidad de las autoridades que pavimentan calles y avenidas sin tomar en cuenta que el suelo presenta las características apropiadas que garanticen la durabilidad y seguridad a los vehículos y personas que transitan diariamente por estas vías. Esta zona se encuentra ubicada a la altura de Panamericana Norte Km. 23 del Distrito de Puente Piedra, al norte de la Provincia de Lima, compuesta mayormente por viviendas de tipo unifamiliar y multifamiliar, cuyas vías urbanas se encuentran sin estructura de pavimento desde hace 20 años. Actualmente estas vías se vienen deteriorando por el paso regular del transporte haciéndolo cada vez más deficiente.

Por otro lado, la realidad actual de los pavimentos en sus calles y avenidas del distrito de Puente Piedra es verdaderamente preocupante, ya que, en la mayoría de sus avenidas se encuentran en muy mal estado. En la Asociación Vivienda Nuevo Amanecer se ha constatado pistas en mal estado a lo largo de toda la avenida y muchos de esta ocupa casi el total de la avenida. Las autoridades se han olvidado que por esta zona pasan a diario autos particulares, combis, micros, camiones de carga pesada y esto hace que los conductores tengan que maniobrar e ir lento al pasar por los forados, llegando incluso invadir la berma de la avenida para así evitar pasar por los grandes espacios deteriorados que presenta la vía. Estos retrasan el tránsito y genera caos e inseguridad a los transeúntes y conductores.

Toda esta problemática descrita ha puesto de manifiesto la necesidad de llevar a cabo un estudio que permita comparar la utilización de las geomallas biaxiales en la pavimentación de los espacios públicos de las vías que forman parte de la Asociación Nuevo Amanecer del distrito de Puente Piedra. Este estudio comparativo permitió conocer ¿Cuál es la estabilidad que otorgan las geomallas biaxiales en la

estabilidad de los suelos arenosos? Logrando obtener información científica de gran importancia con cada una de las respuestas que se logre obtener a partir del análisis de la información obtenida a través de la simulación grafica que se llevó a cabo.

Esta investigación se justifica tomando en consideración los aspectos que de acuerdo a Ñaupas y Mejía (2015) señalaron que justificar un estudio científico involucra establecer los conocimientos donde se efectúa y expone las razones por las que se lleva a cabo la indagación. Es por ello, que desde el criterio teórico la investigación se justificó porque permitió conocer los criterios literales o teóricos sobre la utilización de las geomallas biaxiales en el desarrollo de las vías urbanas logrado con ello la máxima eficacia en construcción, ya que la zona tiene una alta frecuencia de tránsito vehicular, alcanzado así que este sea constante y cómodo para los ciudadanos y transportistas. Además, se logró una reducción de los costos perfeccionando la eficacia del presupuesto de obra, lo que permitirá ampliar su utilización en otras vías de mayor tránsito vehicular.

La justificación práctica se pudo detallar debido a que la evaluación superficial de pavimentos flexibles se llevó a cabo empleando herramientas de medición directa en el campo, los tipos de fallas, las cuales se fueron encontrando al momento del recorrido por toda la vía, identificando su tipo y procediendo a la recopilación de datos según el estado en que se encontraban. La recopilación de datos en la evaluación fue precisa y concreta ya que determinaron el estado actual del pavimento. Con ello se logró identificar dos tipos de muestras, la muestra donde se utilizó una construcción de pavimento de manera convencional y otro con geomallas biaxiales con el fin de obtener un adecuado espesor del pavimento flexible para que soporte estructuralmente la carga del tráfico en la vía donde transitan toda clase de vehículos. Desde el aspecto metodológica, se logró identificar un beneficio en cuanto se refiere a los métodos constructivos y de diseño que suelen valer como informe para distintos estudios análogos de diseño comparativo. Para eso, se siguió la metodología fijada para cada uno de los métodos correspondientes en el estudio del pavimento.

El problema de investigación fue: ¿De qué manera la estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019? Los

problemas específicos formulados fueron: (1) ¿De qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019? (2) ¿De qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora el costo de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019?

Para poder conocer las respuestas a estas interrogantes se formulo los objetivos de la investigación. El objetivo general fue: Determinar de qué manera la estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019. Los objetivos específicos fueron: (1) Determinar de qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019. (2) Determinar de qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora el costo de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019.

Finalmente se formularon las conjeturas. La hipótesis general fue: La estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019. Las hipótesis específicas fueron: (1) La estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019. (2) La estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora el costo de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019.

## II. MARCO TEÓRICO

El investigador se ha preocupado por la búsqueda de diversos estudios relacionados a su trabajo de investigación. A nivel internacional se ha encontrado a Javier (2018) realizó un estudio titulado *Mejoramiento de subrasante con aplicación de geomallas – viaducto 8 zona cantagallo – proyecto línea amarilla*. Donde tuvo como propósito establecer el mejoramiento aplicar la geomalla en la capa subrasante. Trabajando bajo una investigación descriptiva y comparativa. Pudo llegar a concluir que, al emplear la geomalla biaxial tuvo un ahorro monetario de 8.16% el cual se pudo obtener con un espesor de 0.49m y 0.30 m mejorando así el material utilizado.

Ruiz & Rodríguez (2016) realizaron una tesis titulada *Comparación técnico-económica del uso de pavimento rígido y pavimento flexible en Nicaragua. Estudio de caso: Tramo Unikwas-Mulukuku*. Tuvieron como objetivo principal determinar las comparaciones entre las variables nombradas. Pudieron aplicar una metodología descriptiva, explicativa, aplicada y comparativa. Llegando a concluir que, gracias a la aplicación del método AASHTO los pavimentos flexibles tienden a tener un alto espesor de capas, lo cual genera un alto volumen presupuestario, en tanto que el pavimento rígido el cual genera un mínimo costo presupuestario.

Novoa (2017) en su estudio denominado *Aplicación de la geomalla triaxial para mejorar la estabilidad de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo– 2017*. Tuvo como propósito establecer cómo la aplicación de la geomalla triaxial mejorará la estabilidad del suelo blando en la Avenida Trapiche Chillón, Carabayllo– 2017. Empleando un método cuasi experimental, aplicada, cuantitativa y longitudinal. Teniendo como conclusión que, gracias a los estudios realizados sobre el pavimento a reestructurar, se pudo determinar que las geomallas ayudarán en su mejoría constructiva, ya que estas son mallas que soportan una gran cantidad de peso y que al ser aplicadas adecuadamente su durabilidad se extenderá a lo largo de los años.

Sánchez (2017) investigó sobre la *Aplicación y comparación del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje en la carretera Lima – Canta (Km 78+000 al Km 79+000), Lima 2017*. Teniendo como finalidad establecer las ventajas comparativas entre la pavimentación de forma flexible y los asfaltos convencionales, tomando en cuenta la parte económica como la técnica ubicado

en la carretera Lima - Canta, Lima 2017. Llegando a aplicar un método experimental, aplicada y descriptiva. Pudiendo concluir que, la edificación de la pavimentación de forma flexible reestructurado por el modelo del reciclaje implica mayor ahorro en cuanto a construir suelos con asfaltos convencionales. Además, se llegó a deducir que la vida útil de la carretera se extiende por el manejo de la mezcla asfáltica reciclada.

Almendarez, Reyes & Moncada (2017) realizaron una investigación denominada *Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Girould-Han: Caso de Aplicación en Honduras*. Tuvieron como finalidad establecer y dominar un método eficaz aplicado para el prototipo de calzadas flexibles utilizando como soporte las geomallas triaxiales. Empleando una metodología explicativa, y comparativa. Llegaron a la conclusión que, empleando la Metodología Girould-Han se pudo reforzar correctamente el pavimento llegando a reducir un 60% en el espesor superior, esto cumpliéndose obedeciendo las cualidades del suelo y el tipo de geomalla utilizada.

Pachay (2017) en su estudio denominado *Evaluación de la condición del pavimento flexible vía de acceso a la parroquia la unión (0+000-0+966) aplicando el método PCI*. Tuvo como principal objetivo considerar las condiciones pavimentarias flexibles en que se hallan hoy día en carreteras para acceder a la parroquia la unión. Empleando un investigación descriptiva y comparativa. Pudo concluir que, en base a los estudios realizados se pudo establecer que muchas de las vías para su acceso se hallan en una suma elevada de deterioro de distintas severidades.

Guaranda (2017) investigó acerca del *Análisis comparativo de los métodos VIZIR-PCI Aplicada en pavimento flexible vía Jipijapa – La Mona, Cantón Jipijapa*. Teniendo como finalidad ejecutar el estudio de comparación de los modelos VIZIR – PCI aplicado en calzada flexible carretera jipijapa – la mona, ubicada en cantón jipijapa, para establecer el método ajustado a la condición actual de desperfecto de la calzada flexible de la carretera. Se estableció una metodología en un nivel de estudio exploratorio, descriptivo y explicativo. Llegando a la conclusión que, examinado y realizando comparaciones de ambos métodos se determina que el método PCI es la mejor para el estudio ya que cuando se realizó el procedimiento evaluativo del exterior de la calzada flexible se consideró las fallas estructurales y

superficiales.

Dentro de los antecedentes nacionales se encontró la investigación de Mera (2017) denominada *Evaluación técnico económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera santa cruz – Bellavista, distrito Bellavista – Jaén – Cajamarca*. Su propósito fue evaluar considerablemente los recursos técnicos y económicos de la utilización de la geomalla multiaxial como base en la vía ubicada en Santa Cruz – Bellavista, Cajamarca. Empleando un método investigativo cuantitativo y cualitativo. Llegando a concluir que, existe una disminución del grosor de la capa granular al aplicar la soportabilidad con geomalla multiaxial y que este tiene una variación entre 5.4% 39.2% referente al tramo no reestructurado, por tanto, se evidencia la presencia de una utilización menor de los materiales granulares.

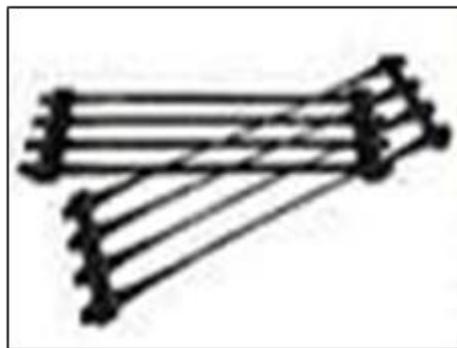
Cantuarias & Watanabe (2017) investigaron acerca de la *Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida camino real de la urbanización la rinconada del distrito de Trujillo*. Teniendo como principal objetivo emplear un método de PCI evaluativo superficial pavimental de forma flexible, para establecer el estado de conservación ubicado en la Av. Camino del distrito de Trujillo. Emplearon un método investigativo descriptivo / no experimental. Llegaron a la conclusión que, se obtuvo que la inducción pavimentaría obtuvo un promedio de 82.56 y se halla en un estado excelente, por otro lado, se determina que la muestra dio como resultado 87.52 y se halla en un estado demás de excelente.

Azaña (2018) en su tesis denominada *Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en la vía Urbanización El Pinar - Centro Poblado de Marian, Independencia, Huaraz – 2018*. Cuyo propósito fue emplear un estudio alternativo de asfaltos rígidos ubicado en la Urb. El Pinar - Huaraz - 2018. Empleando un método descriptivo, cuantitativo y no experimental. Concluyendo que, ambos pavimentos contribuyen beneficios positivos en la construcción, ya que gracias a su utilización economizan el periodo de construcción y obteniendo mejoras significativas en el resultado final.

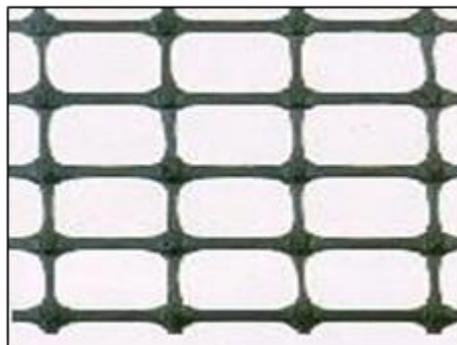
En cuanto se refiere a las delimitaciones conceptuales de esta investigación sobre los pavimentos flexibles con geomallas biaxiales, según Díaz y Moreno (2014) expresaron que estas ofrecen numerosas ventajas en la ingeniería civil,

puesto que es un sistema económico en construcción de estructuras de contención, facilidad y rapidez de ejecución y no trasmite cargas adicionales al terreno. La gran ventaja de este material, es que por ser de material sintético se puede manipular la composición química, ya que se fabrican con una gran durabilidad y también, una gran resistencia a la radiación ultravioleta.

Su desempeño es muy útil, ya que da estabilidad y refuerzo a los suelos, dándole soporte de pendientes logrando también modelos vertientes más perpendiculares, y su aumento de la amplitud de soporte de bases y subbases de vías, utilizados en diques, obras marinas, fundaciones y gaviones. Espinoza (2016).



*Figura 1. Geomalla Uniaxial.*



*Figura 2. Geomalla Biaxial.*

Dentro de las propiedades de las geomallas Díaz y Moreno (2014) expresaron que existen algunas que son de gran importancia para el sector: (1) Gran fortificación en las uniones hacia la garantía del traslado de cargamentos tanto de largo, como de ancho de la malla. (2) Estructura de malla directa hacia la interacción con elementos de rellenos y la formación de materiales mezclados con una habilidad de carga muy superior. (3) Rigidez con una curva hacia la simplificación

de la instauración y el ofrecimiento de soporte a la deformación gravitacional después de su instalación. (4) Prototipo de mayor soporte a la tracción hacia la resistencia de las cargas dinámicas. (5) Duración hacia el mantenimiento a los soportes instalados y la resistencia de la degradación después de su instalación.

Tabla 1.

*Propiedades de las geomallas.*

<b>PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LAS GEOMALLAS</b>					
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>			<b>EG20S</b>	<b>EG30S</b>	<b>EG40S</b>
Abertura nominal de la malla longitudinal	mm		35.0	35.0	33.0
Abertura nominal de la malla transversal	mm		40.0	38.0	37.0
Polímero			polipropileno	polipropileno	polipropileno
Gramaje (+/-5%) g/m <sup>2</sup>			250	350	500
Color			negro	negro	negro
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>			<b>EG20S</b>	<b>EG30S</b>	<b>EG40S</b>
Resistencia longitudinal ala tracción	KN/m	ISO10319	20.0	30.0	40.0
Resistencia transversal a la tracción	KN/m	ISO10319	20.0	30.0	40.0
Resistencia longitudinal ala ruptura	%	ISO10319	12.0	12.0	12.0
Resistencia transversal a la ruptura	%	ISO 10319	10.0	10.0	10.0
Resistencia longitudinal a 2% de deformación	KN/m	ISO10319	7.0	11.0	13.0
Resistencia transversal a 2% de deformación	KN/m	ISO10319	7.0	11.0	15.0
Resistencia longitudinal a 5% de deformación	KN/m	ISO10319	10.0	15.0	16.0
Resistencia transversal a 5% de deformación	KN/m	ISO10319	13.0	15.0	20.0
<b>PRESENTACIÓN DEL ROLLO</b>			<b>EG20S</b>	<b>EG30S</b>	<b>EG40S</b>
Ancho del Rollo	m		3.9	3.9	3.9
Largo del Rollo	m		50	50	50

Fuente: *Lyss Uturunco, 2018.*

Sobre sus especificaciones técnicas, afirmaron Díaz y Moreno (2014) hacen referencia a la utilización de geomallas biaxiales coextruídas para reforzar los pavimentos estructurales colocadas en el interior de las capas granulares o por encima de la capa de la subrasante con un geotextil no tejido de disgregación. Incluso, las propiedades requeridas de la geomalla para reforzamiento suelen ser

por la gradación del material granular, de las situaciones geomecánicas del suelo de subrasante y de las cargas asignadas durante el cumplimiento de los trabajos, reconociendo instantáneamente el libre recorrido del agua. Además, comprometerá colocarse de los dispositivos obligatorios para poner la geomalla y el geotextil discretamente y el solicitado para descargar, desintegrar, resolver, atribuir, trasladar, instalar y espesar el material granular.

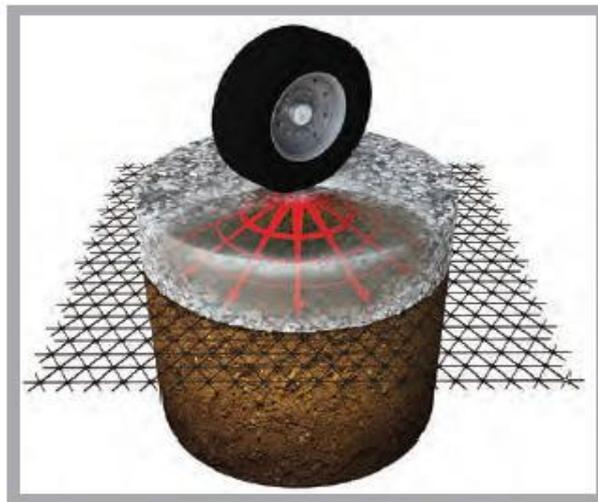
El refuerzo en vías con geomallas biaxiales coextruídas, según Díaz y Moreno (2014) resulta ser el método mostrado se fundamenta en el método de diseño de pavimento flexibles de AASHTO versión 1993, lo cual ha estado reformado con el fin de manifestar la contribución estructural de las geomallas biaxiales coextruídas, según la investigación desarrollada por F. Montanelli, A. Zhao y P. Rimoldo, ingenieros investigadores de TENAX CORP. De acuerdo con lo mencionado, los pavimentos se identifican como sistemas multicapas, de los cuales constan del diseño para atraer y prodigar los esfuerzos ocasionados por el tránsito vial, comúnmente estas estructuras tienen capas de excelente calidad junto con la superficie de lo cual las tensiones son superiores.

A su vez, los mecanismos de refuerzo generados por las geomallas, según Díaz y Moreno (2014) se pueden identificar principalmente en tres aspectos: el confinamiento lateral de la base, el control de la calidad y el aumento de la capacidad portante. En cuanto al confinamiento lateral de la base o subbase, el cual se obtiene a través del fregado y conexión de la geomalla con el agregado. Este confinamiento lateral ha sido adquirido mediante la conexión derivada entre un material petrolífero y una geomalla (Figura 14). Este componente está proporcionado, porque igualmente perfecciona la capa granular sobre la geomalla luego de perfeccionar dicho confinamiento lateral, reduciendo los bacheos en la rodadura. Se ha confirmado que este método es mucho más eficaz durante la contribución de la geomalla. USACOE (2003).

Díaz y Moreno (2014) señalaron que el control de calidad se deberá realizar una unión y manejo de los procesos estratégicos y acciones que mantengan la eficacia de un material, beneficio, técnica o prestación que compense unas necesidades entregadas. Es decir que las dificultades con la aplicación de los geosintéticos imperceptiblemente están imputados al indigente monitoreo de los procesos de instalación por parte del ingeniero de construcción. Estas son las

siguientes exigencias: (1) Adecuada preparación del terreno y su cumplimiento con las secciones transversales de la rasante de diseño distinguidas en los planos o las coordenadas por el inspector de supervisión antes de delegar la distribución de la geomalla. (2) Cumplimiento con las especificaciones del diseño del material de relleno durante la etapa de la ejecución de la obra. (3) Adecuada concentración del procedimiento aprobado de acuerdo a la elaboración del terreno, la distribución de la geomalla y la distribución de la capa de relleno. (4) Adecuada distribución de las grapas manejadas para establecer la geomalla en el terreno en función a los intervalos establecidos.

En lo que respecta al mejoramiento de la capacidad portante, se logra trasladando la superficie de falla del sistema de la subrasante blanda hacia la capa granular de mayor soporte. Esta técnica logra sustituir el área de falla, por ser mucho más resistente, estando ésta la capa granular. Por su estabilidad, la geomalla es viable la redistribución de las cargas, lo que reduce los esfuerzos de un material de suelo blando.

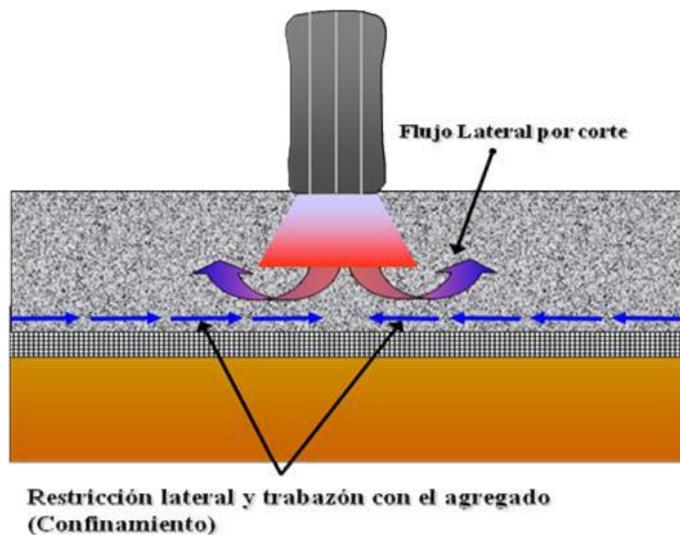


*Figura 3. Mecanismo de Mejoramiento de Capacidad de Resistencia.*

Este es una técnica manejada cuando se ha establecido que la capacidad portante de los suelos en las rutas, son mínimas. Es denominada como efecto “zapato de nieve” por su semejanza a este componente utilizado en zonas para lograr trasladarse en estos tipos de suelos.



*Figura 4. Efecto de zapato de nieve.*



*Figura 5. Mecanismo de Confinamiento Lateral.*

Al tener en consideración tal certificado de que este confinamiento es una capa más rigurosa; se concluye que las deducciones estarán distintas en cada geomalla. También, este confinamiento está proporcionado al componente de refuerzo; en cambio más nos apartamos de la zona de confinamiento, este efecto andará en reducción. No obstante; si la capa es mayor, precisamente se añadirá capas de geomalla, de tal forma que testifique un adecuado comportamiento de los materiales sin perturbar los esfuerzos sobre el pavimento estructural.

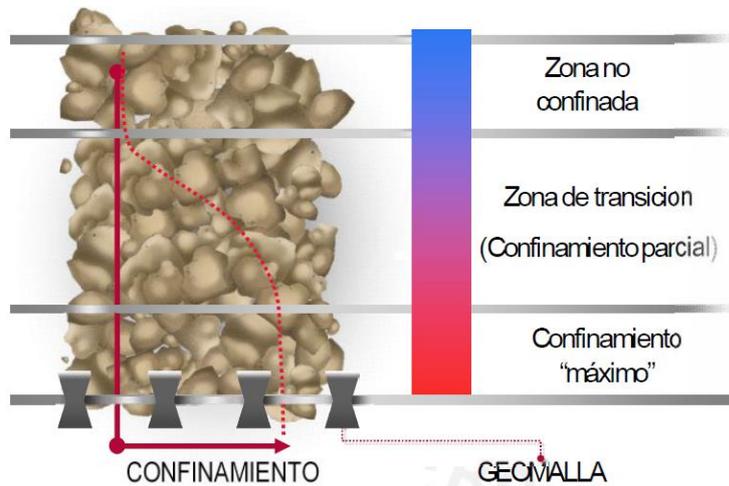


Figura 6. Distribución de las zonas de confinamiento.

Sobre la definición de los pavimentos flexibles, Montejó (2008) señaló que el diseño de un pavimento deberá resistir todos los esfuerzos originados por las cargas repetitivas constantemente por el tráfico vehicular, la estructura de un pavimento está constituido por un conjunto de capas sobrepuestas las cuales están apoyadas en la subrasante, a esta se le denomina como la superficie natural conseguida por el movimiento de tierras. La carpeta asfáltica está formada por una capa bituminosa. Torres (2006) complementa que el pavimento flexible siempre ha sido el más adecuado en la fase inicial de la construcción, porque posee una etapa de vida útil entre 10 y 15 años, por lo que es muy particular y necesario que se realice sostenimiento para efectuar con su vida útil. Por eso, la estructura del pavimento alcanza fundamentalmente de la subrasante, la subbase, la base y la carpeta asfáltica o carpeta de rodadura.

Desde esta perspectiva, Orrego (2014) determinó que el pavimento viene a ser un acumulado de capas del material selecto que permiten tomar las cargas vehiculares de carácter directo originadas por el tráfico que transmiten hacia las capas de manera distributiva, proporcionando y haciendo funcionar eficientemente una superficie de rodadura aparte de estar cómodos a los beneficiarios. El trabajo de instalación por cada capa realizada al pavimento cumple con los requerimientos de parámetros económicos procedente del diseño, porque tiene el objetivo de facilitar espesores mínimos que reduzcan los esfuerzos sobre la capa adyacente

inferior una vez determinada los espesores de las capas. La resistencia de las capas anda a obedecer de los materiales y sus combinados, así como de los procedimientos de la construcción, lo cual resultaron ser significativos la compactación y la humedad.

Por su lado, Rodríguez (2005) declara que el soporte estructural, la durabilidad, la deformabilidad, el coste, los requisitos de conservación y la comodidad son las principales cualidades de un pavimento flexible. Entiéndase que las fallas están asociadas a las deformaciones excesivas, ya que la función estructural de un pavimento depende de las deformaciones que se generen y que pueden ser de diferentes clases como, por ejemplo; las deformaciones elásticas también denominadas como plásticas en el ámbito de la tecnología, estas deformaciones son de recuperación instantánea y lo único preocupante son los materiales con resistencia a la tensión, ya que mayormente son colocados en la parte superior de la estructura. En resumen, para un buen diseño estructural de un pavimento, básicamente se deberá tomar en cuenta los estudios realizados de diseñar, para así obtener confiabilidad y calidad en un proyecto. Naturalmente el costo es un factor muy importante que influye en un proyecto.

Sobre la estructura del pavimento Rondón y Reyes (2015) indicaron que, se debe identificar en primer lugar el tipo Sub-rasante se caracteriza por que a lo largo que pasa el tiempo la vida útil del pavimento dependerá de la subrasante, ya que esta deberá contemplar propiedades químicas y físicas donde no generen demasiados cambios durante el transcurso de los años. La subrasante deberá resistir todas las cargas aplicadas por el tráfico y durante la construcción deberá resistir una limitada cantidad de vehículos, además esta soportará las capas que se irán colocando durante la construcción del pavimento. De acuerdo con lo mencionado, la cuantificación para evaluar disponible a esta capa es la resistencia o el esfuerzo permisible a las deformaciones gravitacionales a las cargas generados por el tráfico de vehículos, teniendo en consideración que los suelos húmedos son dóciles.

Rondón y Reyes (2015) también identificaron la Sub-base, señalando que los esfuerzos moderados y tolerables generados por el tránsito vehicular son transmitidos por medio de la sub-base, hacia la subrasante, esta cumple una función muy importante ya que contrarresta los cambios volumétricos que se

presenten en la subrasante ya que se debe a los materiales expansivos que pueda contener. Los espesores establecidos para la carpeta sub-base en un pavimento flexible están dados en un rango de 10 a 50cm. A su vez Espinoza (2016) señalo que, debemos entender que esta capa siempre se construye sobre la subrasante y está constituida por materiales selectos y compactos, donde se irá la base y posee 3 clases de subbase granular: Clase A (NT3), clase B (NT2) y clase C (NT1).

Otras de las estructuras que identificó Rondón y Reyes (2015) se denomina Base, la cual está conformada por materiales granulares no tratados, por lo general, el espesor está en un rango de 10 a 30 cm, las cuales permiten adecuar los niveles de bombeo en el proceso constructivo del pavimento, ya que esta favorece al correcto funcionamiento del drenaje pluvial. La base es la carpeta que permite transferir las cargas generadas por el tráfico en intensidades adecuadas a las capas adyacentes. Respecto a ello, Espinoza (2016) argumento que se entiende que esta capa posee la finalidad de relacionar los esfuerzos expuestos por las cargas gravitacionales de los vehículos y dosificar idénticamente todos los esfuerzos a la subbase, donde posee 4 tipos de granulometrías para bases, pero el más conocido es la norma de ensayo INV E-123.

Otro de los aspectos teóricos fue el que corresponde a la carpeta asfáltica o de rodadura, que de acuerdo a Sánchez y Campagnoli (2016) Los baches inician cuando se filtra el agua bajo la superficie de la carpeta, con el cambio de clima las capas inferiores se expanden provocando ligeros levantamientos, conforme se pierde esa humedad el suelo se contrae, pero la carpeta permanece levantada y cuando un auto pasa la carpeta se agrieta y se deforma y es donde nace el bache.

Para su solución se marca el área de trabajo y se deja el contorno bien cortado para luego retirar los escombros, se verifica que el terreno este bien compactado y cumpla con las especificaciones adecuadas, todo ello certificado por el laboratorio de confianza para que realice las pruebas correspondientes y se barre muy bien la superficie para facilitar la adherencia de la liga. La liga adhiere y unifica la estructura de la base con la carpeta asfáltica, se aplica el riego de emulsión, esta debe quedar bien distribuida y sin dejar charcos, se hace la medición del espesor de la carpeta para fabricar la que la reemplazará por una de igual medida.

Reyes (2003) señala que dentro de la ingeniera de tránsito hay una relación

muy importante entre el volumen y la capacidad, que es lo referente al volumen vehicular y la capacidad delantera, ya que cada vía es diseñada para el soporte de una cantidad específica de vehículos. Ya que las metodologías que se utilizan se dedican a conocer sobre todos los soportes de la vía, que cantidad de peso soporta, cuanta cantidad de vehículos pueden transitar, el espacio que debe haber, con cuanta concurrencia se utiliza la vía, entre muchas otras cosas más.

En cuanto al tránsito existen diversas clases. Así el tránsito promedio diario anual (TPDA) que según Sánchez y Campagnoli (2016) definieron como la contabilidad del tránsito vehicular tanto anual, trimestral, mensual y semanal, para así poder obtener una información segura y poder diseñar eficientemente los proyectos viales. La mayor parte de errores en los diseños se deberá que el conteo del tránsito lo hacen durante periodos muy cortos; ya que, no es posible saber con precisión la hora que pasan los vehículos durante el día.

Para calcular el tránsito promedio diario aplicaremos la siguiente fórmula.

$$TPDA = TPDS \pm Z_c * \frac{s}{\sqrt{n}} * \left[ \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]$$

Donde:

TPDS= Tránsito promedio diario semanal.

Z<sub>c</sub>= coeficiente de confianza, al aplicar una confianza de 90%,

Z<sub>c</sub>=1.64 y si el nivel de confianza aumenta

Z<sub>c</sub>= 1.96.

N= Tamaño de la muestra (7días).

N= Tamaño de la población (número de días del año).

S= desviación estándar de la muestra.

TD<sub>i</sub>= Volumen de tránsito del día.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

También se tiene el tránsito promedio diario por tipo de vehículo, que Sánchez y Campagnoli (2016) afirman que los resultados del tránsito promedio diario

semanal se realiza en base a las categorías vehiculares, esta se presenta en forma tabulada y gráfica, para así poder hacer el cálculo correspondiente y determinar el volumen del tránsito vehicular, las categorías serán clasificadas de la siguiente manera: (1) Automóviles y otros vehículos livianos(A). (2) Buses(B). (3) Camiones pequeños de dos ejes(C2-P). (4) Camiones grandes de dos ejes(C2-G) (5) Camiones de tres ejes y cuatro ejes(C3-4). (6) Camiones de cinco ejes (C5, equivalentes a losC3-S2) (7) Camiones de seis o más ejes (>C-5, en su mayoríaC3-S3)

Por último, otro de los tipos de tránsito recibe el nombre de índice Medio Diario (IMD). Este según Díaz y Moreno (2014) para identificar en un proyecto vial se aplican diversos estudios, siendo uno de ellos el estudio del índice medio diario que comienza a ser el número total de vehículos que transitan durante un tiempo determinado dividido entre el número de días determinados. Este estudio nos permite conocer el volumen del tráfico y nos brinda la información del tránsito soportado por la vía durante un determinado periodo que puede ser anual, trimestral, Mensual o semanal.

La velocidad específica para el diseño en un pavimento no deberá ser menor a la de un tramo lineal, ya que, esta es la máxima velocidad por la cual puede circular un automóvil brindando seguridad y comodidad. Para la determinación del índice medio diario se utiliza mediante una expresión empírica:

$$IMD = IMD_s \times FC_m$$

$$IMD_s = \frac{\sum V_i + V_s + V_d}{7}$$

Donde:

$IMD_s$  = Volumen del tráfico durante toda la semana.

$V_i$  = Volumen del tráfico durante los días laborales (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes).

$V_{nl}$  = Volumen del tráfico no laborales (sábado " $V_s$ ", Domingo " $V_d$ ").

$FC_m$  = Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

$$FC_m = \frac{IDM_{unidad\ peaje}}{IMD_{del\ mes\ de\ estudio\ de\ la\ unidad\ peaje}}$$

IMD = Volumen promedio diario anual clasificado.

IMD = Volumen promedio diario durante el mes.

La aplicación de ciertos métodos como el Método AASHTO93, de acuerdo al Manual de Carreteras (2015), es empírico y esta baso único y exclusivamente en datos experimentales, las bases físicas son inexistentes, es decir, lo que se hizo fue hacer experimentos y a partir de los datos que se obtuvieron hacer gran de regresiones con un grado de confiabilidad limitado y de esta manera predecir el comportamiento de los pavimentos.

De acuerdo con lo mencionado, el estudio del tránsito sostiene que el número de ejes equivalentes sencillos de 18,000lb (8.2ton) son conseguidos mediante la fase del diseño de pavimento. Está definido mediante la siguiente expresión empírica:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 9.39 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} W_R - 8.07$$

Donde:

SN = Número Estructural requerido.

$W_{18}$  = Número de aplicaciones de carga de 80 KN (8.2 Ton).

$Z_R$  = Desviación estándar normal.

$S_o$  = Error estándar combinado de la predicción de tránsito y de la predicción de comportamiento.

$\Delta PSI$  = Diferencia entre el índice de servicio inicial (pi) y el final (pf).

$M_R$  = Módulo Resiliente (psi).

Según Díaz y Moreno (2014), los subíndices 1, 2 y 3 describen a la capa de concreto asfáltico, base y subbase proporcionalmente. Los factores de capa están fundamentados en el módulo resiliente del suelo  $M_R$  y están definidos conforme a los cálculos de esfuerzos y deformaciones en un sistema de pavimento multicapas.

De acuerdo con lo mencionado, la mayoría de metodologías que están para el diseño y evaluación de pavimentos flexibles, básicamente están basados en las variables de necesidad propia. En la aplicación del método AASHTO-93 las variables más importantes para el diseño son: la subrasante, que va a estar representada por el módulo resiliente ( $M_R = 1500$  CBR en psi); el tránsito, que va a estar representado mediante el número de ejes equivalentes de 8.2 Ton que transitan por el carril; las propiedades mecánicas de los materiales, que también estarán representados por el módulo resiliente; el índice de serviciabilidad, este posee considerablemente el estado preliminar y terminante del pavimento; las condiciones ambientales; las condiciones de drenaje pluvial y la confiabilidad, esta se deberá tener en cuenta, ya que, la confiabilidad es lo contrario a la posibilidad de falla.

Tabla 2.

*Cálculo del número estructural (SN) utilizando el programa AASHTO93.*

Periodo De Diseño	20 años
Ejes Equivalentes	59316869.79
Mr. BASE	28368. 728 (psi)
Mr. SUBBASE	17480.784 (psi)
Mr. SUBRASANTE	8876.74 (psi)
E Mezcla Asfáltica	5066158. 291
$\Delta$ Psi	4.5-2.0

Fuente: *Escobar, Vásquez, & Gaviria, 2012.*

La fórmula empleada para el cálculo del número estructural, corresponde a la siguiente:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Donde:

$a_i$ : Coeficiente estructural de la capa  $i$ , dependiendo de su módulo.

$D_1, D_2, D_3$ : Espesores de la capa asfáltica, base y subbase respectivamente.

$m_2, m_3$ : Coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiendo del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en

niveles cercanos de saturación.

Tabla 3.

*Niveles de Confiabilidad recomendada por ASSHTO.*

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
<b>Autopistas</b>	85 – 99.5	85 – 99.5
<b>Arterias principales</b>	80 – 90	75 – 95
<b>Colectoras</b>	80 – 95	75 – 95
<b>Locales</b>	50 – 80	50 – 80

Fuente: *Escobar, Vásquez, & Gaviria, 2012.*

Tabla 4.

*Escala de calificación de serviciabilidad según ASSTHO en el rango de 0 a 5.*

CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
<b>5.0 – 4.0</b>	Muy buena	Los muy buenos se clasifican debido a que el pavimento se encuentra recién construido o recarpeteado durante el año de inspección, estos son lo suficientemente suaves y sin deterioros para ser calificados en esta categoría.
<b>4.0 – 3.0</b>	Buena	Estos muestran poco o ningún signo de deterioro superficial que además no son lo suficientemente suaves para clasificar en su categoría. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de figuración aleatoria y ahuellamiento.
<b>3.0 – 2.0</b>	Regular	Se presentarán problemas para altas velocidades de tránsito. Los ahuellamientos, parches y agrietamientos son los principales defectos que puede sufrir un pavimento flexible.

<b>2.0 – 1.0</b>	Mala	Estos pavimentos están deteriorados hasta un punto donde afecta la velocidad de transito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye perdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos que están en un 60 % o más de la superficie.
<b>1.0 – 0.0</b>	Muy mala	Estos pavimentos están en una situación de extremo deterioro. El deterioro se presenta en un 75% o más de la superficie, ya que existen grandes baches y grietas profundas.

Fuente: (AASHO, 1962).

Díaz y Moreno (2014) sostienen que la ecuación expresada para establecer el Numero Estructural requerido según LCR (Layer Coefficient Ratio) para el diseño de pavimentos flexibles reforzado con geomallas biaxiales coextruídas es la siguiente:

$$SN = a_1D_1 + a_2(LCR)D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

LCR = Valor adimensional mayor a uno (LCR>1.00).

Este valor está establecido fundamentándose en las deducciones de laboratorio y en experimentos de campo en técnicas de pavimentos flexibles con y sin manejo de las geomallas.  $SN_r$  (número estructural de la sección reforzada) y  $SN_u$  (número estructural de la sección no reforzada) estuvieron estimados bajo condiciones de pavimento semejantes.

$$LCR = \frac{SN_r - SN_u}{a_2D_2} + 1$$

Según Díaz y Moreno (2014) basados en la fórmula empírica señalan que se logra deducir el valor de LCR donde se consiguió de las pruebas elaboradas a la sección característica del camino. En el gráfico 3 se muestra el LCR fundamentado en las pruebas experimentales en pavimentos con y sin refuerzo de geomallas. El

valor de LCR vibra entre 2 a 1.5 obedeciendo esencialmente del valor de CBR de la subrasante, ESAL y profundidad de ahuellamiento del camino.

De acuerdo con lo mencionado, se muestra en el gráfico el subsidio estructural de la geomalla de soporte es aproximadamente invariable cuando el valor de CBR de la subrasante por encima del 3%, en cambio el 1% en el CBR de la subrasante el tributo estructural de la geomalla es elocuentemente muy alto.

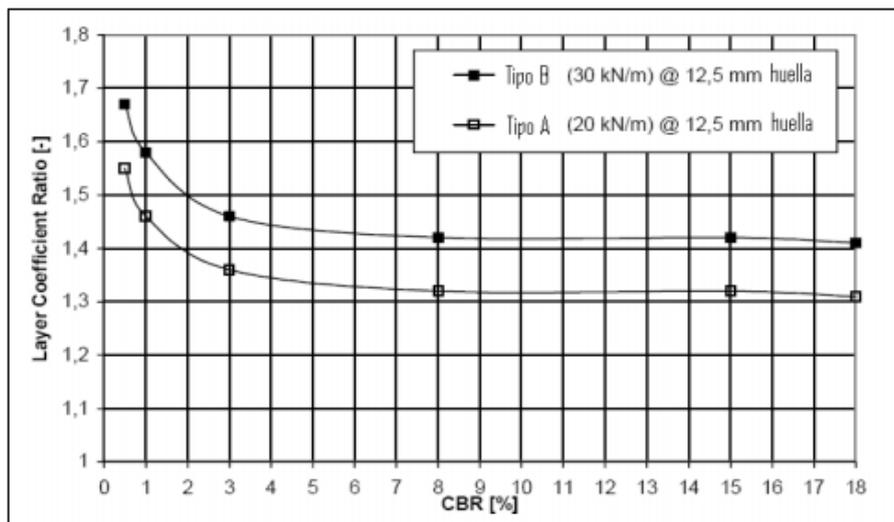


Figura 7. LCR Vs. CBR de la subrasante.

La disminución en espesor de la base logra estar estimada con utilización de una geomalla mediante la siguiente fórmula, tomando en cuenta que no concurre una capa de sub-base.

$$D_2 = \frac{SN_r - a_1 D_1 m_2}{LCR a_2 m_2}$$

La estabilización de suelos, por otro lado, se define como el proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que se pueda aprovechar sus mejores cualidades. Se puede decir que uno de los elementos más utilizados es la cal, el cual es uno de los productos más empleados dentro de la industria de la construcción, los beneficios que se utilizan por medio de su uso son muy satisfactorios, dado que se obtienen muchas mejoras físicas y químicas de los materiales utilizados dentro de la construcción, dichas mejoras se

ven claras en lo referente a la durabilidad de los materiales y por ende en lo que es a las vías terrestres, se tienen materiales para capas de terracería, de sub - base, capas de base y carpetas asfálticas más durables, lo cual lleva a tener pavimentos con más durabilidad.

Sobre los pavimentos rígidos Díaz y Moreno (2014) afirmaron que este se compone por una berma, por una longitud de losa, por el espesor del material de soporte, las barras de amarre, la subrasante y el espesor de la losa. Por lo general el material que se utiliza es de hormigón, y este tiende a tener una vida útil de 20 años, también, puede llegar a deteriorarse si el sobre peso que recibe es constante y llegará a grietarse. Su elaboración tiene diferentes formas, pero la más utilizadas es la que se hace con fibras. A diferencia de ellos, los pavimentos Flexibles se componen de una carpeta de asfalto y puede ser mezclado utilizando diferentes materiales, dependiendo si la vía necesita ser un agregado grueso o fino. Este tipo de pavimentos suele ser muy resistente, ya que los golpes que recibe puede absorberlos sin problema, al igual que la cantidad de tránsito. Es importante destacar que este pavimento les brinda mayor comodidad a los pasajeros de vehículos, debido a su diseño, que es hecho por un conjunto de capas que lo hacen ver más resistente y natural.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Diseño de investigación**

##### **Enfoque**

De acuerdo a Valderrama (2015) manifestó que en el enfoque de tipo cuantitativo el tratamiento que recibirán los datos, así como a los procesos que el investigador utilice para demostrar si las hipótesis son verdaderas o falsas se basa en la utilización de cantidades estadísticas.

Este estudio utilizó el enfoque cuantitativo, debido a que los datos obtenidos se categorizaron e interpretaron de forma estadística con el propósito de evidenciar la validez de cada una de las hipótesis de investigación.

##### **Tipo**

Valderrama (2015) señaló que está referido a la manera cómo se llevará en marcha el procedimiento total de la investigación. Es decir, cuáles serán las acciones que se realicen y con qué propósito se llevan en marcha. Desde esta perspectiva la investigación fue de tipo aplicado.

El propósito del investigador fue cumplir con un análisis técnico para diseñar soluciones prácticas para la problemática referida a este proceso de investigación.

##### **Nivel**

Hernández, Fernández y Baptista (2016) definieron que, el nivel de indagación se vincula con la intención que tiene el investigador en cuanto a los aspectos que espera abarcar en el procedimiento de recolección de datos y el procesamiento de la mismos.

La investigación fue de nivel explicativo por lo que, el investigador tuvo la intención de detallar los beneficios de la utilización de geomallas biaxiales para lograr estabilizar los suelos y otorgar mayor vida útil.

##### **Diseño**

Hernández et al. (2016) manifestaron que el diseño correspondía al tipo no experimental, descriptivo - comparativo. Este diseño se caracteriza porque el investigador esta limitado a realizar manipulaciones intencionales sobre alguna de las variables de estudio

con la finalidad de poder evidenciar cuales son los efectos que se producen y por el contrario intenta evidenciar a los beneficios que otorga la utilización de las geomallas biaxiales en la estabilización de suelos blandos dentro del proceso de construcción de los pavimentos flexibles.

La representación gráfica de este diseño queda descrita de la siguiente manera:



En dónde:

$M_1$  = Prototipo sin la utilización de geomallas.

$M_2$  = Prototipo con la utilización de geomallas biaxiales.

$O_1 - O_2$  = Estabilización de los suelos.

### **Corte**

Hernández et al. (2016) señalan que el corte transversal se caracteriza por que los datos se recolectan en un periodo de tiempo exclusivo y por única vez. En el proceso de esta investigación se recolecto información que corresponde al año 2020. Esta recolección se cumplió por única vez, por lo que, el corte fue de tipo transversal.

### 3.2. Variables y Operacionalización

Tabla 5.

*Operacionalización de la variable autorregulación.*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE VALORACIÓN
<b>VARIABLE 1:</b> <b>Estabilización de suelos blandos</b>	Según (Díaz y Mroeno, 2014, p. 23) las geomallas son materiales estructurados por polímeros con espacios abiertos (dimensionados para ser compatibles con la granulometría del relleno) llamados aperturas los cuales están delimitados por costillas.	Las geomallas son estructuras que se caracterizan por aportar propiedades físicas y mecánicas que mejoran las condiciones de los suelos.	D1. Reforzamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad portante</li> <li>▪ Reducción de desplazamiento lateral de agregados.</li> </ul>	Ficha de recolección de información	Razón/Valor
			D2. Reducción del espesor del pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción de deformaciones verticales.</li> </ul>		
<b>VARIABLE 2:</b> <b>Pavimento flexible.</b>	Elizondo, 2008 (p. 10) es aquel cuya estructura total se deflacta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. Se usa fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings.	El pavimento flexible esta caracterizado por su resistencia estructural y durabilidad que proyecta en las áreas de alto tráfico.	D1. Resistencia estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cargas impuestas</li> <li>▪ Esfuerzos normales</li> <li>▪ Esfuerzos cortantes</li> </ul>		
			D2. Costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de soporte de carga.</li> <li>▪ Vida útil</li> </ul>		

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

Según Hernández et al. (2016) la población es el conjunto de todas las cosas, hechos, objetos, instituciones, personas, etc. La cual son motivo de investigación. En esta indagación la población quedo conformada por Las avenidas de la Asociación de Pro Vivienda Nuevo Amanecer del distrito de Puente Piedra.

#### **Muestra**

Para Ñaupas y Mejía (2015) es el subconjunto de la población y/o del universo que está representada por todas las cosas, hechos, objetos, etc. dentro del proceso de investigación se ha tomado como muestra La primera cuadra de una de las avenidas de la Asociación de Pro Vivienda Nuevo Amanecer del distrito de Puente Piedra que equivale a un kilómetro.

#### **Muestreo**

Para Hernández et al. (2016) señalaron que el muestreo es el proceso por el cual un investigador elige a los sujetos u objetos que desea analizar, estableciendo una cantidad que resulte representativa de la población.

En ese sentido, el muestreo fue de tipo no probabilístico – por conveniencia. Este muestreo se caracteriza por qué no se emplea la estadística para conocer el tamaño de la muestra, sino que basta con el criterio del investigador.

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

Para esta indagación, la técnica empleada fue la observación, la cual se desarrolló durante el proceso de selección de la muestra y de la perfilación digital de los procesos de estabilización de suelos para la construcción en base a la utilización de geomallas biaxiales.

Respecto a la técnica, Hernández et al. (2016) indicaron que es utilizada para observar y detallar características de aquello que se está estudiando y cuáles han sido sus cambios observables al momento de la medición.

La observación es el procedimiento mediante el cual el investigador pretende determinar con anticipación una sucesión de hechos observables.

## Instrumento

El instrumento utilizado para obtener los datos necesarios es la ficha de registro, que según Hernández et al (2016) es la herramienta que permite registrar todos los apuntes y características de la muestra estudiada, por lo que se podrá tomar la decisión en razón de los objetivos planteados.

## Validez

Para el presente estudio, la ficha de registro fue revisada y validada a través del juicio de expertos. Con lo cual se logró conocer su criterio y experticia sobre la coherencia, pertinencia y relevancia de cada uno de los criterios que se utilizaron en el proceso de observación sistemática a la muestra estudiada.

La ficha de registro se logró validar con la participación del docente asesor y dos expertos más en investigación e ingeniería civil que brindaron su opinión señalando que el instrumento era válido para ser aplicado.

Tabla 6.

*Coefficiente de Validez por juicio de expertos.*

VALIDEZ	ESPECIALISTA N°1	ESPECIALISTA N°2	ESPECIALISTA N°3	PROMEDIO
Apellido Ingeniero	(Challco, A.)	(Laribeascoa, C.)	(Rique.R)	
Ficha de registro	1.00	1.00	1.00	0.91
	0.58	1.00	1.00	0.86
ÍNDICE DE VALIDEZ				0.89

Fuente: Mejía (2005)

## Confiabilidad

En cuanto a la confiabilidad del instrumento Carrasco (2015) expresó que la

confiabilidad es la condición o propiedad de una técnica o instrumento de medición que le accede a conseguir las mismas deducciones, al emplearse una o más veces a la misma persona o grupos de personas en diferentes fases de tiempo, es decir es la técnica de constituir cuán íntegro, firme, relacionado o seguro es el instrumento que se ha hecho, a continuación, se presenta en una tabla el rango y confiabilidad para el instrumento (p. 339).

La ficha de registro es un instrumento confiable debido a que fue diseñada en base a los lineamientos de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO). Por lo que, se procedió a su utilización en la recolección de datos de la muestra de estudio.

### **3.5. Procedimientos**

Mejía y Ñaupas (2015) señalaron que el procedimiento hace referencia al camino que se sigue para lograr el desarrollo de la investigación, así como la finalidad de poder desplegar todos los aspectos relacionados a los procesos investigatorios. Por ello, señalaron que en este periodo se establece la metodología con la cual se logró reunir la información y que instrumentos analíticos se adecuaron al propósito de la investigación.

Esta investigación tuvo como finalidad determinar describir los beneficios de durabilidad al utilizar las geomallas biaxiales en la construcción de pavimentos flexibles. el proceso de construcción fue virtual debido al momento en que atraviesa el mundo por la cuarentena obligatoria. Sin embargo, de manera simulada se logró registrar algunos datos importantes, detallados en la ficha de registro utilizada por el investigador.

Luego de recolectar la información se procedió al análisis de los datos, categorizado cada uno de ellos en base a los objetivos de investigación. Seguidamente los datos fueron tratados e interpretados matemáticamente, para presentarlos en tablas y figuras que permitan demostrar la validez de las hipótesis planteadas.

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

El método utilizado corresponde al cuantitativo. Según Hernández et. al (2016) se trata de la agrupación de técnicas que ayudaran con el estudio de los hechos, y que dará la información en forma numérica para que el resultado sea confiable.

El análisis de los datos de la investigación se hizo mediante el uso de imágenes en 3D logrando identificar las propiedades físicas y mecánicas de las geomallas dentro del proceso virtual del diseño y la realización del pavimento flexible sin refuerzo mediante el método de AASHTO 93.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para Soto (2016) estos aspectos exigen que la práctica de la ciencia se realice conforme a principios éticos que aseguren el avance del conocimiento, la comprensión y mejora de la condición humana y el progreso de la sociedad. Con el fin de mantener una investigación basada en la conservación de los datos recolectados, el investigador asumió el compromiso de no alterar la veracidad de los resultados, respetar la propiedad intelectual y cumplir con las normas vigentes que rigen los procesos de ingeniería.

## IV. RESULTADOS

Debemos considerar que para medir la resistencia a la tracción de los materiales con geomallas se pueden realizar pruebas a una velocidad de deformación constante. Actualmente, dos normas ASTM están disponibles para ensayos de tracción.

El primero se denomina ensayo de tracción de agarre (D4632) que se utiliza para el control de calidad de fabricación, ya que implica un espécimen geomalla estrecho. En su lugar. El segundo, denominado ensayo de tracción en probeta ancha (D4595) se ha utilizado en aplicaciones de dimensionamiento.

Debido a las condiciones de salud comunitaria no se llevaron a cabo dichos procesos, sin embargo, no se ha visto alterado el resultado obtenido en esta investigación:

### 4.1. Diseño del pavimento flexible

Para llevar a cabo el diseño de la estructura del pavimento se consideró los resultados obtenidos de a través de una simulación y la revisión de algunos trabajos previos y se procedió a elaborar el prototipo mediante el método AASHTO 93 y en base a las indicaciones del manual de carreteras.



Figura 8. Exploración y análisis del terreno.

Tabla 7.

Parámetros básicos para el reforzamiento.

Crterios	Estimaciones
Subrasante	34450
Tipo de trafico	TP7
Numero de etapas	1
Confiabilidad	90%
Desviación normal	-1.282
Desviación estándar combinada	0.49
Valor de serviciabilidad inicial	4.2
Valor de serviciabilidad terminal	2.0
Variación de la serviciabilidad	1.5

Se puede observar los parámetros que corresponden a la desviación estándar normal, combinada, serviciabilidad inicial y final las que se establecieron en base a las recomendaciones detalladas en el manual de carreteras y el nivel de trafico de la zona. El valor de SN = 3.47.

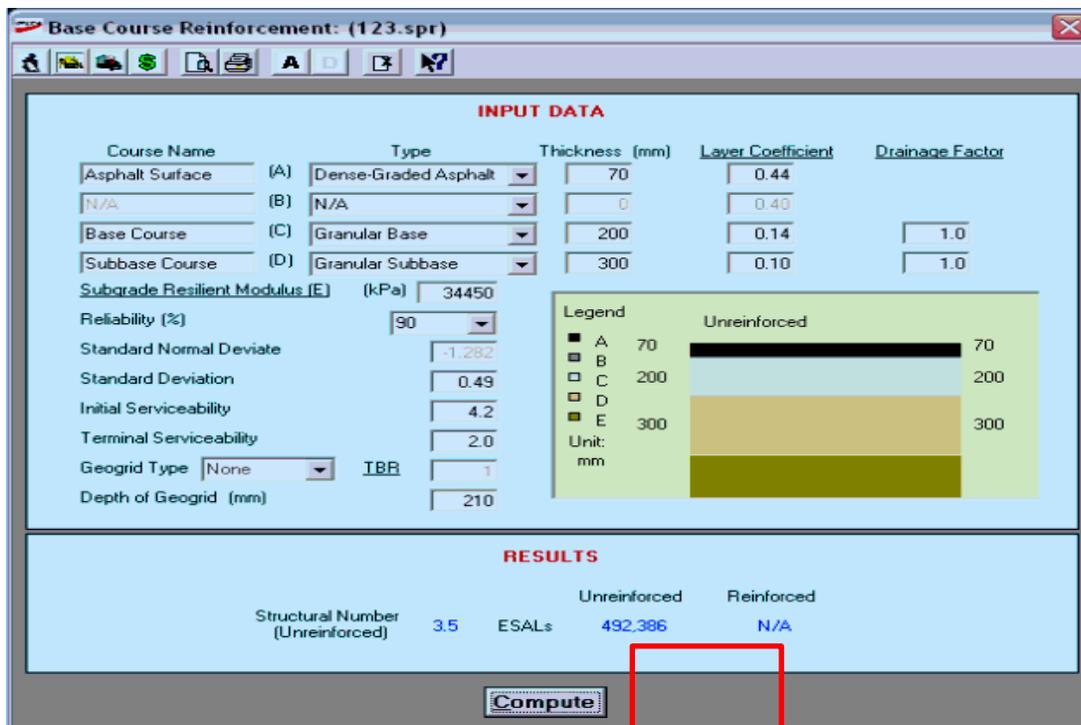


Figura 9. Determinación de los espesores sin geomallas.

En la figura 9 se puede observar que al determina los espesores se obtiene un valor de:

- Carpeta de rodadura de 70 milímetros de espesor
- Capa de base de 200 milímetros de espesor
- Capa de sub base de 300 milímetros de espesor

A demás el valor equivalente de eje de cargas alcanza un valor de 492. 386. La aplicación de la geomalla buscara reducir este valor obtenido, así como el espesor de la carpeta y las capas.

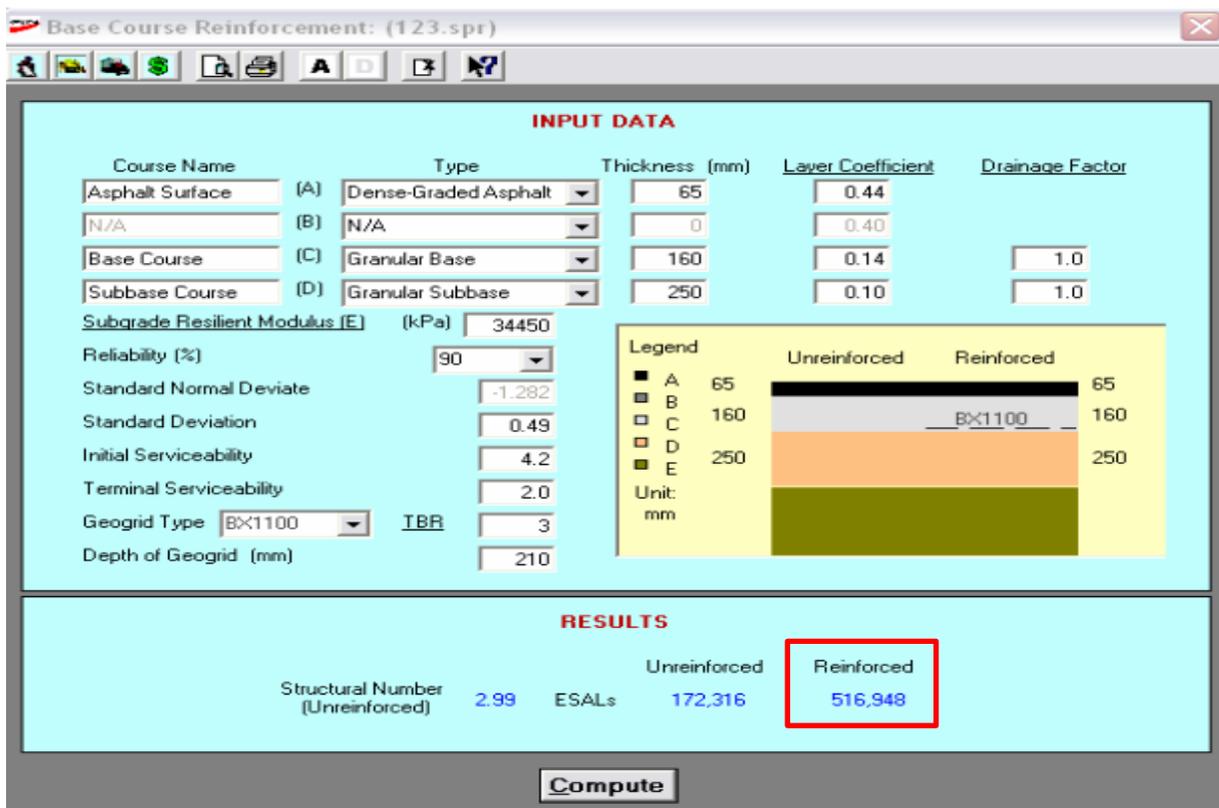


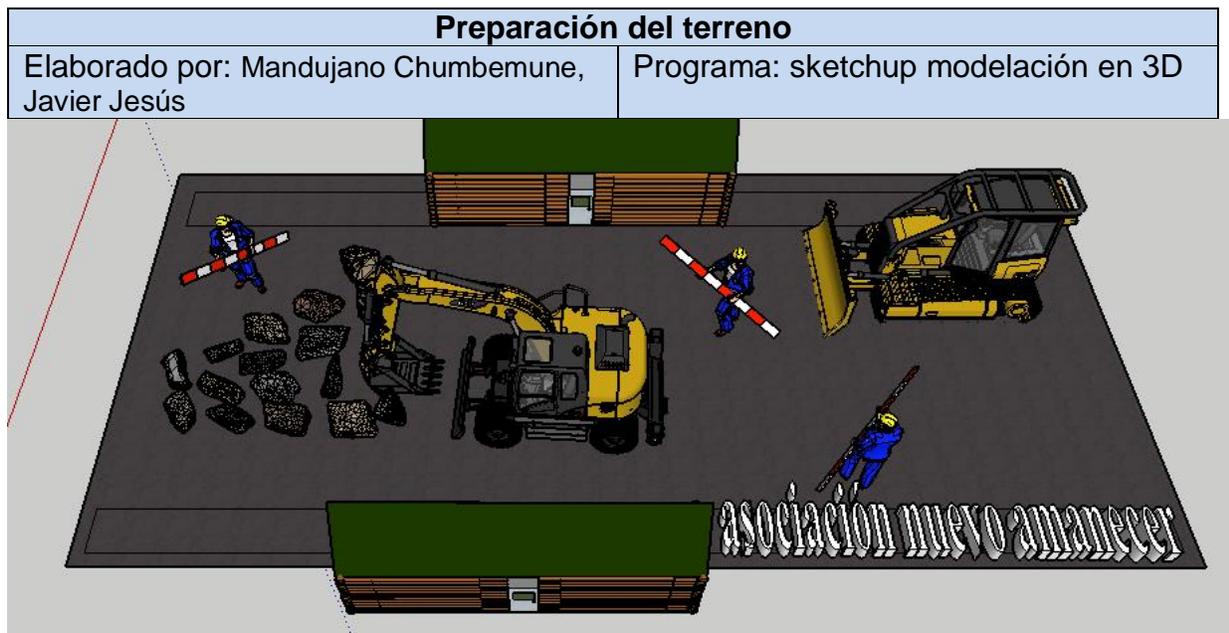
Figura 10. Determinación de los espesores con geomallas.

En la figura 10 se puede observar que al determina los espesores se obtiene un valor de:

- Carpeta de rodadura de 65 milímetros de espesor

- Capa de base de 160 milímetros de espesor
- Capa de sub base de 250 milímetros de espesor

A demás el valor de eje equivalente de carga alcanza un valor de 516.316; la aplicación de las geomallas determina una reducción considerable del espesor de las capas. También se puede identificar que la instalación de la geomalla se dará entre la sub base y la base.



*Figura 11. Preparación del terreno.*

La figura 11 muestra el proceso de preparación del terreno corrigiendo todas las irregularidades existentes, para lograr remover escombros y todos los materiales protuberantes que se encuentren en la superficie, asimismo se realiza la excavación y el relleno correspondiente tal y como se detalla de manera virtual.

Tabla 8.

*Resumen de reforzamiento según prototipo.*

	Pavimento flexible sin geomallas.	Pavimento flexible con geomallas biaxiales.
No reforzado	492.386	172.316
Reforzamiento alcanzado	0.0	516.948

En la tabla 8 se puede evidenciar que el reforzamiento alcanzado con la aplicación de las geomallas biaxiales, permite una disminución considerable del área expuesta al tránsito vehicular de la vía. El reforzamiento final alcanzado al utilizar las geomallas biaxiales será de 344. 632. Lo cual incrementa la resistencia estructural de la vía.

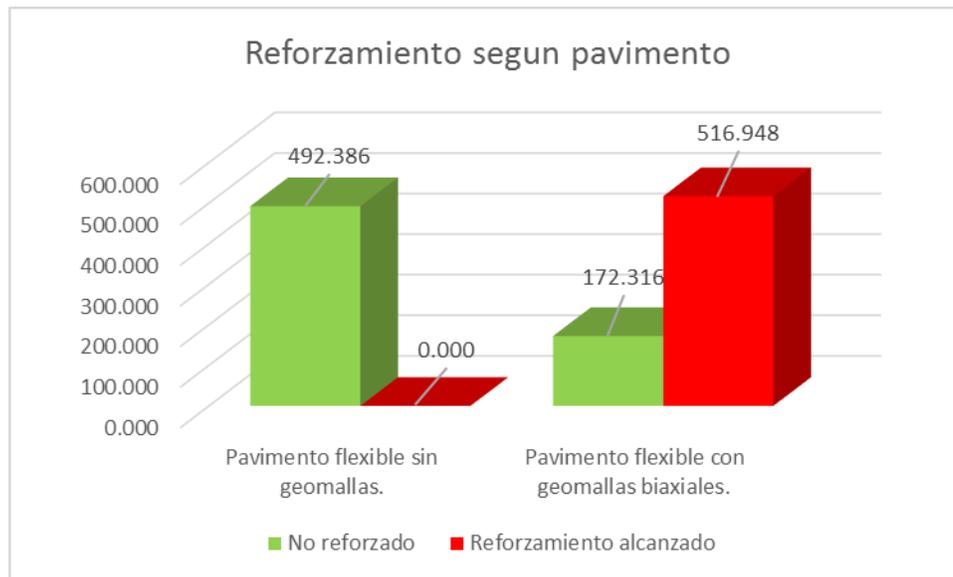


Figura 12. Reforzamiento según cada prototipo de pavimento flexible.

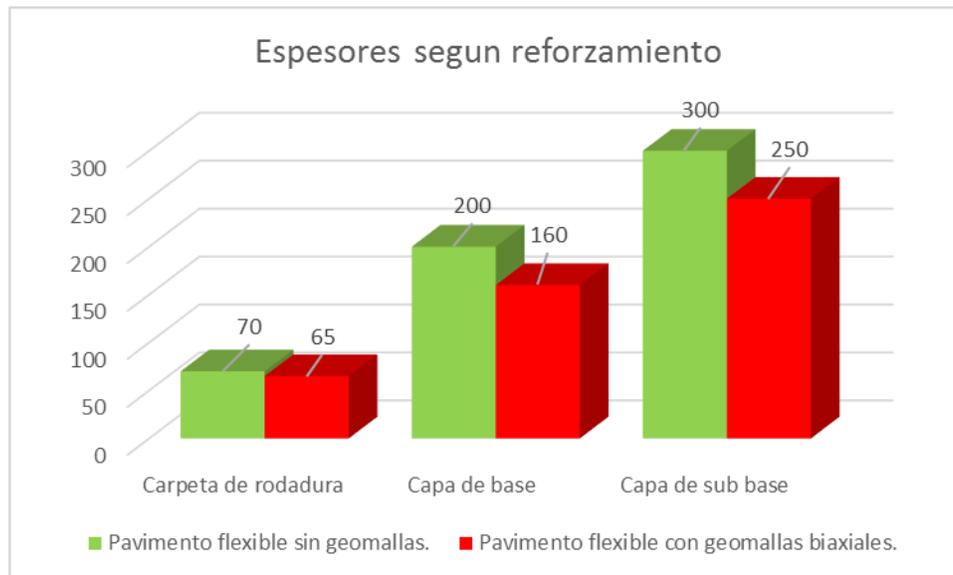
En la figura 12 se puede observar que el valor que no se logra reforzar en el pavimento flexible sin geomallas es de 492.386 en tanto que, en el pavimento flexible con geomallas biaxiales es de 172.316. Podemos deducir una diferencia 302.07 entre ambos tipos de pavimentos.

Tabla 9.

*Resumen de reducción de espesores en cada prototipo.*

Pavimentos Estructuras	Pavimento flexible sin geomallas.	Pavimento flexible con geomallas biaxiales.
Carpeta de rodadura	70 mm	65 mm
Capa de base	200 mm	160 mm
Capa de sub base	300 mm	250 mm

En la tabla 9 se logra describir cada uno de los espesores de las estructuras que corresponden a los prototipos de pavimento flexible. Se observa que en la carpeta de rodadura al utilizar las geomallas biaxiales se logra una disminución de 0.05 mm en su espesor. De igual forma en la capa de base la reducción es de 0.20 mm y en la capa de sub base es de 0.50 mm. Esta disminución mejora la durabilidad de la pavimentación de la vía y a su vez abarata costos.



*Figura 13. Espesores según cada prototipo de pavimento flexible.*

La figura 13 nos permite evidenciar que la utilización de geomallas biaxiales brinda la posibilidad de reducir el espesor que corresponde a la capa de sub base, sin embargo, la reducción de 0.05 mm en la capa de rodadura nos permitirá un pavimento menos

rígido y con mejor distribución de carga.

Tabla 10.

*Costos para el pavimento flexible sin geomallas biaxiales.*

Capa	Espesor (m)	Ancho de vía (m)	Largo de vía (m)	Costo unitario	Total (s/)
Carpeta de rodadura	0.07	8	1000	1 500.00	840 000.00
Capa base	0.20	8	1000	400.00	840 000.00
Capa sub base	0.30	8	1000	247.00	592 800.00
Ejes equivalentes de carga			<b>492.386</b>	<b>2 072 800.00</b>	

En la tabla 10 se observa que el costo asciende a 2 072 800 nuevos soles con costos equivalentes en la carpeta de rodadura y la capa base. Estas cifras garantizan ejes equivalentes con un valor de 492.386.

Tabla 11.

*Costos para el pavimento flexible con geomallas biaxiales.*

Capa	Espesor (m)	Ancho de vía (m)	Largo de vía (m)	Costo unitario	Total (s/)
Carpeta de rodadura	0.065	8	1000	1 500.00	780 000.00
Capa base	0.16	8	1000	400.00	512 000.00
Capa sub base	0.25	8	1000	247.00	494 000.00
Geomalla biaxial BX		8	1000	28.00	224 000.00
Ejes equivalentes de carga			<b>516.948</b>	<b>2 010 000.00</b>	

En la tabla 11 se observa que el costo asciende a 2 010 000 nuevos soles la cotización más alta corresponde a la carpeta de rodadura. Estas cifras garantizan ejes equivalentes con un valor de 516.948. si se compara con los datos de la tabla anterior tenemos un ahorro de S/. 62 800.

## V. DISCUSIÓN

En relación a los resultados que se obtuvieron y que guardan relación con el objetivo general de esta investigación que buscó determinar de qué manera la estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer de la ciudad de Lima se puede detallar los parámetros que se consideran como parte del análisis inicial. Estos corresponden a la desviación estándar normal, combinada, servicialidad inicial y final las que se establecieron en base a las recomendaciones detalladas en el manual de carreteras y el nivel de tráfico de nuestro país y región, con un valor de  $SN = 3.47$ . Con la ayuda del software Civil FEM se pudo calcular los valores de la Carpeta de rodadura para el pavimento flexible sin geomalla biaxial, la cual tuvo un valor de 70 milímetros de espesor. La capa de base fue de 200 milímetros de espesor y la capa de sub base de 300 milímetros de espesor; además el valor equivalente de eje de cargas alcanza un valor de 492.386. En cuanto a la aplicación de la geomalla se logró reducir el espesor de la carpeta y las capas, obteniéndose un valor de 65 milímetros para la carpeta de rodadura; 160 milímetros de espesor para la capa base y 250 milímetros de espesor para la capa de sub base. Con la aplicación de las geomallas para estabilizar los suelos blandos el valor de eje equivalente de carga alcanza un valor de 516.316; la aplicación de las geomallas determina una reducción considerable del espesor de las capas. También se puede identificar que la instalación de la geomalla se dará entre la capa de sub base y la base. Estos resultados se logran reforzar con lo que expresa Azaña (2018) al señalar que ambos pavimentos contribuyen beneficios positivos en la construcción, ya que gracias a su utilización economizan el periodo de construcción y obteniendo mejoras significativas en el resultado final. La economía también se encuentra en el tiempo dedicado a la construcción y que no ha sido considerada como parte de los objetivos de estudio. En el caso de la construcción de pavimentos flexibles sin geomallas no se puede despreciar su utilidad puesto que en algunos estudios han sido valorados de manera muy positiva. Así tenemos que, Pachay (2017) muchas de las vías para su acceso se hallan en una suma elevada de deterioro de distintas severidades. Cantuarias y Watanabe (2017) la inducción pavimentaría flexible obtuvo un promedio de 82.56 y se halla en un estado excelente,

por otro lado, se determina que la muestra dio como resultado 87.52 y se halla en un estado demás de excelente. Guaranda (2017) examinado y realizando comparaciones de ambos métodos se determina que el método PCI es la mejor para el estudio ya que cuando se realizó el procedimiento evaluativo del exterior de la calzada flexible se consideró las fallas estructurales y superficiales. Estos último, nos permite evidenciar que la identificación de fallas estructurales y superiores de manera correcta y su reestructuración garantizan que más allá del costo, tiempo y otros factores, la construcción de pavimentos depende de la calidad del proyecto que se desea realizar. Así tenemos, el estudio de Novoa (2017) que manifestó que, gracias a los estudios realizados sobre el pavimento a reestructurar, se pudo determinar que las geomallas ayudarán en su mejoría constructiva, ya que estas son mallas que soportan una gran cantidad de peso y que al ser aplicadas adecuadamente su durabilidad se extenderá a lo largo de los años.

En cuanto a los resultados del primer objetivo específico que fue determinar de qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima se pudo evidenciar que el reforzamiento alcanzado con la aplicación de las geomallas biaxiales, permite una disminución considerable del área expuesta al tránsito vehicular de la vía. El reforzamiento final alcanzado al utilizar las geomallas biaxiales resulto ser de 344. 632. Lo cual incrementa la resistencia estructural de la vía. También se pudo apreciar que el valor que no se logra reforzar en el pavimento flexible sin geomallas es de 492.386 en tanto que, en el pavimento flexible con geomallas biaxiales es de 172.316. Podemos deducir una diferencia 302.07 entre ambos tipos de pavimentos. Así mismo, en cuanto a los espesores de las estructuras que corresponden a los prototipos de pavimento flexible. Se observó que en la carpeta de rodadura al utilizar las geomallas biaxiales se logra una disminución de 0.05 mm en su espesor. De igual forma en la capa de base la reducción es de 0.20 mm y en la capa de sub base es de 0.50 mm. Esta disminución mejora la durabilidad de la pavimentación de la vía y a su vez abarata costos. Por último, se logró evidenciar que la utilización de geomallas biaxiales brinda la posibilidad de reducir el espesor que corresponde a la capa de sub base, sin embargo, la reducción de 0.05 mm en la capa

de rodadura nos permitirá un pavimento menos rígido y con mejor distribución de carga. Estos resultados, se consolidan con lo que expresa Ruiz y Rodríguez (2016) el cual señala que gracias a la aplicación del método AASHTO los pavimentos flexibles tienden a tener un alto espesor de capas, lo cual genera un alto volumen presupuestario, en tanto que el pavimento rígido el cual genera un mínimo costo presupuestario. Se puede deducir que la reducción de las capas es uno de los mayores beneficios que ofrece la aplicación de geomallas en la construcción de pavimentos flexibles. Por otro lado, Almendarez, Reyes & Moncada (2017) manifestó que empleando la Metodología Girould-Han se pudo reforzar correctamente el pavimento llegando a reducir un 60% en el espesor superior, esto cumpliéndose obedeciendo las cualidades del suelo y el tipo de geomalla utilizada. Se logra demostrar que existen métodos que permiten una mayor reducción de las capas, lo que significa un ahorro y mejor distribución de las cargas. Al mismo tiempo, Mera (2017) encontró que existe una disminución del grosor de la capa granular al aplicar la soportabilidad con geomalla multiaxial y que este tiene una variación entre 5.4% 39.2% referente al tramo no reestructurado, por tanto, se evidencia la presencia de una utilización menor de los materiales granulares. Con lo dicho por este autor se logra fortalecer de manera mas profunda nuestros resultados, puesto que en ambos casos se logró la reducción de las capas de rodadura y de base.

Los resultados logrados sobre el segundo objetivo que fue determinar de qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejoran el costo de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima, se logró comprobar que el costo total de la construcción de 1 kilómetro de vía, sin geomallas biaxiales, haciende a 2 072 800 nuevos soles con costos equivalentes en la carpeta de rodadura y la capa base. Estas cifras garantizan ejes equivalentes con un valor de 492.386. Sin embargo, también se observó que el costo por la construcción de este mismo tramo con refuerzo de geomallas biaxiales haciende a 2 010 000 nuevos soles la cotización más alta corresponde a la carpeta de rodadura. Estas cifras garantizan ejes equivalentes con un valor de 516.948. Si se compara con los datos de la tabla anterior tenemos un ahorro de S/. 62 800 que resulta ser muy considerable en el precio de una obra que se proyecta a ser realizada en diversas vías. Este quizá es

el factor que mejor se evidencia en nuestra investigación, ya que, el aspecto presupuestal disminuye considerablemente al reducir la utilización de materiales. Lo mismo se ha evidenciado en estudios como el de Javier (2018) donde al emplear la geomalla biaxial tuvo un ahorro monetario de 8.16% el cual se pudo obtener con un espesor de 0.49m y 0.30 m mejorando así el material utilizado. Al mismo tiempo, Sánchez (2017) señaló que la edificación de la pavimentación de forma flexible reestructurado por el modelo del reciclaje implica mayor ahorro en cuanto a construir suelos con asfaltos convencionales. Además, se llegó a deducir que la vida útil de la carretera se extiende por el manejo de la mezcla asfáltica reciclada.

## CONCLUSIONES

**Primera:** se ha logrado determinar la estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima. Estos debido a que cuando se logra reducir el espesor de la carpeta y las capas, obteniéndose un valor de 65 milímetros para la carpeta de rodadura; 160 milímetros de espesor para la capa base y 250 milímetros de espesor para la capa de sub base es posible incrementar la capacidad portante, reducir desplazamiento y deformaciones por lo que la vida útil del pavimento flexible será mayor.

**Segunda:** se da terminado que la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima. gracias a que se pudo apreciar que el valor que no se logra reforzar en el pavimento flexible sin geomallas es de 492.386 en tanto que, en el pavimento flexible con geomallas biaxiales es de 172.316. Lo cual incrementa la resistencia estructural de la vía.

**Tercera:** se pudo determinar que la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora el costo de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima. Gracias a que se logró comprobar que el costo total de la construcción de 1 kilómetro de vía, sin geomallas biaxiales, haciende a 2 072 800 nuevos soles con equivalentes en la carpeta de rodadura de 492.386. El mismo tramo con geomallas biaxiales haciende a 2 010 000 nuevos soles ejes equivalentes con un valor de 516.948.

## RECOMENDACIONES

**Primera:** a todas las autoridades del distrito de Puente Piedra recomendamos el uso de la geomalla biaxial a nivel de refuerzo para base y Sub base de pavimento flexible, sobre todo en las vías de alto tránsito debido a que ofrece una mayor resistencia estructural.

**Segunda:** Es necesario que se nuestras autoridades y expertos en ingeniería revisen estudios como este a fin de que puedan valorar los hallazgos que se muestran, que son de gran significado y utilidad para la sociedad, pero sobre todo demuestran que se puede lograr mayor durabilidad en la construcción de las vías de diferentes distritos.

**Tercera:** En relación al mayor beneficio de la utilización de las geomallas biaxiales se ha logrado demostrar la capacidad de ahorro monetario que brindan, por lo que, a demás de su durabilidad, se recomienda su uso por que brindan la capacidad de menor inversión y mayor tiempo útil.

## REFERENCIAS

- ALMENDAREZ, L. *Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial. Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de aplicación en Honduras. 15<sup>th</sup> LACCEI, International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology.* 2017. Recuperado de: [http://www.laccei.org/laccei2017-bocaraton/student\\_papers/sp495.pdf](http://www.laccei.org/laccei2017-bocaraton/student_papers/sp495.pdf)
- AZAÑA, E. *Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en la vía Urbanización El Pinar - Centro Poblado de Marian, Independencia, Huaraz – 2018.* Huaraz – Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2018. Recuperado de: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26315/aza%c3%b1a\\_ve.pdf](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26315/aza%c3%b1a_ve.pdf)
- BBC NEWS. *¿Por qué algunos edificios se derrumbaron y otros no en el terremoto de México?* Londres: Diario Virtual. 2017. Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-41342143>
- CANTUARIAS, L. y WATANABE, J. *Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida camino real de la urbanización la rinconada del distrito de Trujillo.* Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. 2017. Recuperado de: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3589>
- CARRASCO, D. *Metodología de la investigación: desafío para docentes universitarios.* 2015. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/331356706\\_metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_desafio\\_para\\_docentes\\_universitarios](https://www.researchgate.net/publication/331356706_metodologia_de_la_investigacion_desafio_para_docentes_universitarios)
- DÍAZ, M. y MORENO, A. *Apertura y mantenimiento de vías forestales.* España: Ediciones Paraninfo. España: Editorial: Paraninfo. 2014. Recuperado de: <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428398626/uf0507---apertura-y-mantenimiento-de-vias-forestales>
- ELIZONDO, F. *Determinación de la regularidad superficial de pavimentos mediante el cálculo del Índice Regularidad Internacional (IRI): aspectos y consideraciones importantes.* Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 2008. Recuperado de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/pdf>

- ESPINOSA, J. *Fundamentos básicos y guía en la construcción de carreteras*. República Dominicana: Editora Impresora Conadex. 2016. Recuperado de: <https://isbn.cloud/9789945409369/fundamentos-basicos-y-guia-en-la-construccion-de-carreteras/>
- GEOTEXAN. *Consejo de cooperación para los estados árabes del golfo – GCC*. España: Market Report. 2019. Recuperado de: <https://geotexan.com/>
- GUARANDA, B. *Análisis comparativo de los métodos VIZIR-PCI Aplicada en pavimento flexible vía Jipijapa – La Mona, Cantón Jipijapa*. Ecuador: Edit. Jipijapa-Unesum. 2017. Recuperado de: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/804>
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México. 2016. Recuperado de: [https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- JAVIER, D. *Mejoramiento de subrasante con aplicación de Geomallas – Viaducto 8 Zona “Cantagallo” – Proyecto Línea Amarilla*. Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2018. Recuperado de: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19960/javier\\_edj.pdf](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/19960/javier_edj.pdf)
- Manual de Carreteras. (2015). Perú: Editorial Macro. Recuperado de: <https://www.editorialmacro.com/producto?id=135>
- MERA, J. *Evaluación técnico económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera santa cruz – Bellavista, distrito Bellavista – Jaén – Cajamarca*. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. 2017. Recuperado de: [http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/unc/1060/t016\\_47369691\\_t.pdf](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/unc/1060/t016_47369691_t.pdf)
- MONTEJO, A. *Ingeniería de pavimentos: Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías*. Colombia: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones. 2008. Recuperado de: <https://publicaciones.ucatolica.edu.co/ingenieria-de-pavimentos-tomo-ii-evaluacion-estructural-44-obras-de-mejoramiento-y-nuevas-tecnologias->

ingenieria-civil..html

NOVOA, L. *Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo –2017*. Lima – Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2017. Recuperado de: <https://core.ac.uk/reader/225609056>

ÑAUPAS, H. y MEJÍA, E. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Colombia: Ediciones de la U. 2015. Recuperado de: [https://edicionesdelau.com/anexos-metodologia\\_%c3%91aupas\\_5aed.pdf](https://edicionesdelau.com/anexos-metodologia_%c3%91aupas_5aed.pdf)

ORREGO, D. *Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles*. Perú: Pontificada Universidad Católica del Perú. 2014. Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>

OXFAM. *Vulnerabilidad urbana: Evaluando los nuevos factores de riesgo en Lima metropolitana*. Lima – Perú: Oxfam América. 2015. Recuperado de: [https://peru.oxfam.org/sites/peru.oxfam.org/files/file\\_attachments/vulnerabilidad%20urbana\\_oxfam.pdf](https://peru.oxfam.org/sites/peru.oxfam.org/files/file_attachments/vulnerabilidad%20urbana_oxfam.pdf)

PACHAY, I. *Evaluación de la condición del pavimento flexible vía de acceso a la parroquia la unión (0+000-0+966) aplicando el método PCI*. Ecuador: Edit. Jipijapa-Unesum. 2017. Recuperado de: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/929>

REYES, A. *Diseño Racional de Pavimentos*. Bogotá: Escuela de Ingeniería. 2003. Recuperado de: <https://scholar.google.com/citations?user=f2-qma8aaaaj&hl=es>

RODRÍGUEZ, A. *La Ingeniería de suelos en las vías terrestres*. (2ed.). México: Editorial Limusa. 2005. Recuperado de: <https://imt.mx/archivos/publicaciones/libro/lb6.pdf>

RONDÓN, H. y REYES, F. *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Perú: Editorial Macro. 2015. Recuperado de: <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/pavimentos.pdf>

RUÍZ, M. y RODRÍGUEZ, J. *Comparación Técnico-Económica del uso de Pavimento Rígido y Pavimento flexible en Nicaragua. Estudio de caso: Tramo Unikwuas-*

*Mulukukú*. Nicaragua – Managua: Universidad Nacional Autónoma. 2016.  
Recuperado de: <https://repositorio.unan.edu.ni/1356/>

SÁNCHEZ, F. y CAMPAGNOLI, S. *Resultados para: pavimentos asfálticos de carreteras guía práctica para los estudios y diseños ingeniería*. España: Ingeniería Solidaria Vol. 1. 2016. Recuperado de: <https://unilibros.co/catalogsearch/result?q=pavimentos+asfálticos+de+carreteras+guia+practica+para+los+estudios+y+diseños+ingenieria>

SÁNCHEZ, M. *Aplicación y comparación del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje en la carretera Lima – Canta (Km 78+000 al Km 79+000), Lima 2017*. Lima – Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2017. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/19623>

SOTO, S. *Manual de Metodología de la investigación*. Cuba. 2016. Recuperado de: [http://jbposgrado.org/material\\_seminarios/hsampieri/metodologia%20sampleri%205a%20edicion.pdf](http://jbposgrado.org/material_seminarios/hsampieri/metodologia%20sampleri%205a%20edicion.pdf)

TORRES, M. *Pavimento y patrimonio en las ciudades*. España. 2006. Recuperado de: [https://es.slideshare.net/roy\\_foker01/manual-de-diseño-de-pavimentos-56632853](https://es.slideshare.net/roy_foker01/manual-de-diseño-de-pavimentos-56632853)

USACOE. *Engineer Manuals*. Recuperado de: [https://www.publications.usace.mil/portals/76/publications/engineermanuals/em\\_1110-2-1902.pdf](https://www.publications.usace.mil/portals/76/publications/engineermanuals/em_1110-2-1902.pdf)

VALDERRAMA, S. *El método científico curso: Metodología Universitaria*. Recuperado de: [https://www.academia.edu/34785761/el\\_m%C3%89todo\\_cient%C3%8dfico\\_curso\\_metodolog%C3%8da\\_universitaria](https://www.academia.edu/34785761/el_m%C3%89todo_cient%C3%8dfico_curso_metodolog%C3%8da_universitaria)

## **ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿De qué manera la estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar de qué manera la estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> La estabilización de los suelos blandos con geomallas biaxiales alarga la vida útil de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019</p>	<p>D1. Reforzamiento</p>	<p>Capacidad portante Reducción de desplazamiento lateral de agregados.</p>	<p><b>Técnicas:</b> Observación Ensayo</p> <p><b>Instrumentos:</b> Lista de cotejo</p>	<p><b>Tipo de investigación</b> Aplicado</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Nivel</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño</b> Descriptivo comparativo</p> <p><b>Población:</b> Las avenidas de la Asociación de Pro Vivienda Nuevo Amanecer del distrito de Puente Piedra.</p> <p><b>Muestra:</b> La primera cuadra de una de las avenidas de la Asociación de Pro Vivienda Nuevo Amanecer del distrito de Puente Piedra</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> ¿De qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> Determinar de qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b> La estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019</p>	<p>D2. Reducción del espesor del pavimento</p>	<p>Reducción de deformaciones verticales.</p>		
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> ¿De qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> Determinar de qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b> La estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora la resistencia estructural de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019</p>	<p>D1. Resistencia estructural</p>	<p>Cargas impuestas Esfuerzos normales Esfuerzos cortantes</p>		

<p>¿De qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora el costo de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019?</p>	<p>Nuevo Amanecer, Lima 2019. Determinar de qué manera la estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora el costo de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019</p>	<p>La estabilización de suelos blandos con geomallas biaxiales mejora el costo de los pavimentos flexibles de las vías de la Asociación Nuevo Amanecer, Lima 2019</p>	<p>D2. Costo</p>	<p>Capacidad de soporte de carga. Vida útil.</p>		
---	---	---	------------------	--	--	--

## Anexo 2. Ficha de recopilación de información

<b>FICHA DE RECOPIACIÓN DE DATOS</b>						
<b>PROYECTO:</b> “Uso de geomallas Biaxiales en pavimento flexible para alargar vida útil en suelos de asociación Nuevo Amanecer – Lima 2019.”						
<b>AUTOR:</b> JAVIER JESÚS MANDUJANO CHUMBEMUNE						
<b>I.-</b>	<b>INFORMACIÓN GENERAL:</b>					
	<b>UBICACIÓN:</b>	PUENTE PIEDRA - LIMA				
	<b>DISTRITO:</b>	PUENTE PIEDRA	<b>ALTITUD:</b>	184 msnm		
	<b>PROVINCIA:</b>	LIMA	<b>LATITUD:</b>	S11°52'18.59"		
	<b>REGIÓN:</b>	LIMA	<b>LONGITUD:</b>	O77°5'10.46"		
<b>II.-</b>	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D 422)</b>					
	Curva Granulométrica					
<b>III.-</b>	<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D 7318)</b>					
	Limite liquido (LL).					
	Límite de concentración (LC)					
<b>IV.-</b>	<b>REFUERZO EN VÍAS CON GEOMALLAS BIAXIALES COEXTRUIDAS</b>					
	Mecanismos		Ensayo a escala real de una estructura		Método	
<b>V.-</b>	<b>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO (MANUAL DE CARRETERAS 2013)</b>					
	Sub Base		Base		Carpeta Asfáltica	
<b>VI.-</b>	<b>ENSAYOS DE CBR (AASHTO-T-183, ASTM D 1883)</b>					
	Subrasante					
<b>VII.-</b>	<b>ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO (AASHTO-T-180, ASTM D 1557)</b>					
	Curva de Compactación					
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>						
<b>PROFESIÓN:</b>		Ingeniero Civil				
<b>REGISTRO CIP N°:</b>						
<b>EMAIL:</b>						
<b>TELÉFONO:</b>						