



UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y
DESARROLLO INMOBILIARIO

TESIS

**UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA BIAXIAL EN EL
MEJORAMIENTO DE LA CARPETA DE RODADURA DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. QUINTA, TRAMO AV.
LAS TORRES -AV. LOS LAURELES, TRAMO AUTOPISTA
RAMIRO PRIALE -RIO HUAYCOLORO-DISTRITO DE
LURIGANCHO, LIMA-2019**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. PAYANO ALIAGA, YACKELIN SANDRA

LIMA - PERÚ

2021

ASESOR DE TESIS

Mg. EDWIN HUGO BENAVENTE ORELLANA

JURADO EXAMINADOR

Dr. MOGROVEJO COLLANTES WILLIAM MIGUEL
Presidente

Mg. CACEDA CCORILLOCLA JUAN ANTENOR
Secretario

Mg. SURCO SALINAS DANIEL
Vocal

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Edgar e Hilda quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Privada Telesup, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Mg Benavente Orellana Edwin, tutor de nuestro taller de tesis, quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, por su valioso aporte para nuestra investigación.

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo principal el uso de la geomalla biaxial en el mejoramiento de la carpeta de rodadura del pavimento flexible en la av. quinta, tramo av. Las torres -av. los laureles, tramo autopista ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho.

Se procedió a evaluar el método de diseño del pavimento flexible con el método de AASHTO 93 la cual se evaluó y determino una serie de análisis, se obtuvo el CBR lo cual se pudo determinar por los ensayos que se realizó en el lugar y posteriormente llevadas a laboratorio para sus ensayos y a partir de estos ensayos se determinó el espesor de la subbase y una comparación con la geomalla a su vez se realizó los metrados para cada uno de refuerzo y sin refuerzo.

La metodología utilizada para la investigación es el diseño experimental con el tipo de investigación descriptivo correlacional.

De la comparación realizada del espesor en la subbase, lo cual generó una disminución de 5% en la base y un 50 % en la subbase la estructura del pavimento flexible por otro lado los costos en un 2.40% y 3.80 %.

Palabras clave: geomalla biaxial, base, subbase, costo y diseño.

ABSTRAC

The main objective of this thesis was to use the biaxial geogrid to improve the flexible pavement tread on av. fifth, section av. The towers -av. los laureles, section ramiro highway Priale -rio Huaycoloro-district of Lurigancho.

The flexible pavement design method was evaluated with the AASHTO 93 method, which was evaluated and determined by a series of analyzes. The CBR was obtained, which could be determined by the tests carried out at the site and subsequently carried out to laboratory for its tests and from these tests the thickness of the sub-base was determined and a comparison with the geogrid in turn was carried out the measurements for each reinforcement and without reinforcement.

The methodology used for the research is the experimental design with the type of correlational descriptive research.

From the comparison made of the thickness in the subbase, which generated a decrease of 5% in the base and 50% in the subbase, the structure of the flexible pavement, on the other hand, costs 2.40% and 3.80%.

Key words: biaxial geogrid, base, subbase, cost and design.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
ASESOR DE TESIS.....	ii
JURADO EXAMINADOR.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRAC.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación de problema.....	15
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Justificación de Estudio	17
1.3.1. Justificación teórica	17
1.4. Objetivos de la investigación	18
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivo específicos.....	18
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	27
2.2. Bases Teóricas de las variables	33
2.2.1. Geomallas	33
2.2.2. Pavimento Flexible	41
2.2.3. Análisis granulométrico.....	45
2.2.4. Clasificación de Suelos.....	46

2.2.5. Límite de consistencias físicas	50
2.2.6. Resistencia en la Base Granular	50
2.2.7. Contenido de Humedad	54
2.3. Definición de Termino Básicos	56
III. MARCO METODOLÓGICO.....	57
3.1. Hipótesis de la investigación	57
3.1.1. Hipótesis general	57
3.1.2. Hipótesis específicos	57
3.2. Variable de estudio	57
3.2.1. Definición Conceptual.....	58
3.2.2. Definición operacional	59
3.3. Tipo de estudio y nivel de investigación	59
Método de Investigación.....	60
3.4. Diseño de Investigación	60
3.5. Población y muestra de estudio.....	60
3.5.1. Población	60
3.5.2. Muestra.....	61
3.6. Técnicas e Instrumentos de la recolección de datos	62
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	62
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	63
3.7. Método de Análisis de Datos.....	63
3.8. Aspectos éticos.....	64
IV. RESULTADOS	65
4.1. Resultados de la investigación	65
4.1.1. Trafico de diseño	65
4.1.2. Proyección de tránsito a futuro	67
4.2. Ensayo para determinar las propiedades físicas del suelo de la base	71
4.3. Determinación de la capa granular (base).....	76
4.4. Diseño de pavimentos con geomallas biaxiales	80
4.4.1. Determinación de la resistencia al corte del suelo (C).....	84
4.4.2. Determinación del tráfico en el diseño	84
4.4.3. Determinación del factor de capacidad portante forzada.....	84
4.5. Diseño del pavimento flexible	85

4.6. Evaluación económica.....	88
4.7. Especificaciones técnicas.....	90
4.7.1. Requerimientos Generales	90
4.7.2. Propiedades físicas, índices y de desempeño/funcionamiento específicas de los geosintéticos	91
4.7.3. Requerimientos de costuras y traslapes	91
4.7.4. Procedimientos de colocación	92
4.7.5. Procedimientos de reparación	92
4.7.6. Criterios de aceptación y rechazo.....	92
4.8. Especificaciones de Construcción	92
4.8.1. Materiales	92
4.8.2. Equipo.....	93
4.8.3. Procedimiento Constructivo	93
4.8.4. Medidas	95
V. DISCUSIÓN.....	96
5.1. Análisis de discusión de resultados.....	96
VI. CONCLUSIONES	97
VII. RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXO	102
Anexo 1: Matriz de consistencia	103
Anexo 2: Matriz de operacionalización	104
Anexo 3: Instrumentos	105
Anexo 4: Validación de los instrumentos	110
Anexo 5: Panel fotográfico	116
Anexo 6: Especificaciones técnicas de las geomallas	119
Anexo 7: Plano de ubicación de la planta de calicatas	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tabla de CBR de la sub rasante.....	42
Tabla 2.	CBR de la subbase.....	43
Tabla 3.	CBR de la base	43
Tabla 4.	Suelo y Cimentaciones.....	47
Tabla 5.	Cuadro de SUCS.....	48
Tabla 6.	Cuadro de AASHTO	49
Tabla 7.	Tabla de CBR de la Estructura del Pavimento	54
Tabla 8.	Variable Independiente y Dependiente.....	58
Tabla 9.	Definición Operacional de Variables.....	59
Tabla 10.	Ubicación y Descripción de la vía.....	61
Tabla 11.	Cálculo de tráfico medio semanal 1.....	65
Tabla 12.	Cálculo de tráfico medio semanal 2.....	66
Tabla 13.	Proyección del trafico	67
Tabla 14.	Cálculo de factores destructivos.....	68
Tabla 15.	Cálculo de factores destructivos o carga.....	68
Tabla 16.	Características físicas del suelo de la base del pavimento flexible C1	73
Tabla 17.	Calicata 17 calicatas de la vía Av. Quinta y Av. Los Laureles	74
Tabla 18.	Cuadro de estudio de suelos clasificación y CBR	75
Tabla 19.	Espesores obtenidos debido a la inclusión de la geomalla biaxial.	83
Tabla 20.	Clasificación AASHTO93.....	86
Tabla 21.	Confiabilidad y desviación estándar	86
Tabla 22.	Criterio para la selección de la desviación estándar total (SO)	87
Tabla 23.	Coeficiente estructural.....	87
Tabla 24.	Tramo del diseño con refuerzo	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo a la Compresión Simple sobre la Estructura del Pavimento ...	29
Figura 2. Separación de rocas.....	34
Figura 3. Filtración.....	35
Figura 4. Drenado.....	35
Figura 5. Protección.	36
Figura 6. Impermeabilización.....	36
Figura 7. Geotextil Separador.....	37
Figura 8. Geotextil Estabilizador.....	37
Figura 9. Geomallas Uni-Axiales.	39
Figura 10. Geomallas Bi-Axiales.	40
Figura 11. Incremento del tiempo de vida de un pavimento debido al uso de refuerzo geosintéticos.	41
Figura 12. Esquema del sistema estructural de un pavimento flexible	42
Figura 13. Gráfico Limite de SUCS	48
Figura 14. Molde para ensayo de CBR	53
Figura 15. Óptimo contenido de humedad.....	54
Figura 16. Ubicación de la vía	61
Figura 17. Gráfico de calicatas	69
Figura 18. Gráfico de calicatas	70
Figura 19. Ubicación de la vía y distribución	72
Figura 20. Diagrama del CBR.....	77
Figura 21. Diagrama del CBR.....	78
Figura 22. Diagrama del CBR.....	79
Figura 23. Diagrama del CBR.....	80
Figura 24. Gráfico de LCR.....	81
Figura 25. Diseño del pavimento según Aashto	85
Figura 26. Valor índice serviciabilidad (PSI).....	87
Figura 27. Espesores finales: base granular	89
Figura 28. Forma correcta de construcción	94
Figura 29. Comportamiento del refuerzo de geomalla.....	95

INTRODUCCIÓN

En la historia de la construcción de obras viales que realizó el hombre, se ha enfrentado a inconvenientes que se presentaron en algunos tipos de suelos de cimentación; por ello realizó de la mejor manera los materiales disponibles a su alrededor. Es así que existen ensayos del uso de troncos con el fin de estabilizar suelos arcillosos, o intentos por construir taludes con una mayor pendiente usando fibras naturales o vegetación como refuerzo (Orrego Cabanillas 2014).

En Estados Unidos de América, los geosintéticos han llegado a usarse para la estabilización de carreteras en zonas pantanosas, cerca de la costa oriental. Las condiciones desfavorables que presentaron algunos lugares de la ciudad de Chicago para la construcción de una vía fueron mejoradas mediante el uso de geotextiles (Cruz Vargas 2013).

Actualmente la utilización de productos geosintéticos alrededor del mundo se ha ido incrementando desde la década de los '80, además su uso y aplicación en obras es muy grande y exitosa. Solo en las Américas se tienen instalados más de 170 millones de m² de geomalla, con lo que, considerando un camino de 4 mts. de ancho, tendríamos más de 40000 km. de carreteras funcionando con esta tecnología. (Velásquez Lujerio 2010).

En el Perú muchas de las carreteras de gran importancia deben atravesar zonas lluviosas o zonas con ausencia total de materiales granulares de buena calidad, como es el caso de la carretera interoceánica sur, en el tramo que une los centros poblados de Kcauri y Pampacamara, Región Cusco; donde se usó la geomalla biaxial sobre el suelo de baja calidad (CBR =2.1%) , logrando un incremento en la capacidad portante del suelo, así 2 como en otros factores adicionales como, la rapidez en el proceso constructivo y la posibilidad de compactar materiales sobre las subrasantes blandas, hicieron esta solución técnica y económicamente atractiva (CONIRSA 2007).

El desarrollo de esta investigación tiene un valor importante porque nos permitió ampliar los conocimientos teóricos/ prácticos sobre la aplicación de la geomalla biaxial como refuerzo en la base del pavimento flexible teniendo en cuenta

que en la actualidad existen pocas investigaciones que hablen sobre las repercusiones técnicas- económicas ocasionadas por el uso de la geomalla biaxial.

De otro lado los resultados de la presente investigación, servirán de base para estudiantes e interesados en investigar sobre este tema, además podrán contribuir en la toma de decisiones, al momento de optar por el tipo de diseño en la elaboración y/o ejecución de proyectos relacionados al diseño de carreteras en pavimento flexibles. Por tanto, el objetivo principal de la presente investigación se enfocó en evaluar el m mejoramiento - económico del uso de la geomalla biaxial como refuerzo en la carpeta de rodadura de las vías de av. quinta, tramo av. Las torres -av. los laureles, tramo autopista ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho. Además, mostrar el procedimiento de construcción usando la geomalla en una vía no pavimentada y evaluar su viabilidad económica.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En este trabajo se considera la problemática general del comportamiento de los pavimentos flexibles, con la utilización de las geomallas.

El punto de vista básico utilizado para el análisis es el comportamiento geotécnico de tal estructura. En primer lugar, se discute el papel fundamental que juegan las geomallas biaxiales, dentro del comportamiento general, considerando el efecto del tránsito y los que provienen del intemperismo y del efecto del agua.

A partir del hecho de que se reconoce que no existe en la actualidad un método de análisis y diseño de pavimentos flexibles que esté basado en teorías propias y coherentes, se mencionan algunas de las circunstancias del trabajo más influyentes en el comportamiento final.

También, se analiza la influencia que en los costos de conservación y de medio ambiente. Se contemplan esos costos con referencia al de construcción inicial, lo que permite llegar a proponer algunas ideas generales sobre la estructuración del pavimento dando ideas de mejoramiento e innovando cada vez más la construcción de un pavimento en este caso de uno pavimento flexible en el distrito de Lurigancho. Después, se describen en forma relativamente el método de diseño más utilizados propuesto por la AASHTO. En seguida, se dedica alguna atención al análisis de costos de los pavimentos obtenidos con diferentes métodos.

Asimismo, se da alguna atención a la evolución relativa de los costos de construcción, conservación y operación correspondientes a distintas soluciones, obtenidas para las mismas condiciones con los diferentes métodos.

1.2. Formulación de problema

Los avances tecnológicos han permitido, en las últimas décadas, desarrollar una amplia gama de productos de alta resistencia mecánica y ante otros agentes del deterioro (como humedad hongos, corrosión, etc.) los cuales, ofrecen un importante apoyo en obras de ingeniería.

En el campo de los pavimentos, la utilización de geo sintéticos se ha incrementado considerablemente, especialmente por la aparición de nuevos productos, que han extendido el ámbito de aplicación y por la respuesta de los mismos al ser incorporados en los pavimentos.

Numerosos estudios del laboratorio, observaciones de campo y análisis teóricos indican que la colocación de geo sintéticos en pavimentos propicia un mejor comportamiento de la estructura. Es por ello, que se propone la utilización de geomallas para su conservación, menor costo y un principal plus dando al medio ambiente.

Los pavimentos son la estructura que constituye en general la movilidad tanto en vías urbanas como rurales, es por ello que es de vital importancia su conservación y adecuado mantenimiento con el fin de garantizar la seguridad, la comodidad y la economía en el caso de su mantenimiento. En este caso, el estudio es dar a conocer cómo influye las geomallas como refuerzo en la subrasante del pavimento flexible.

La descripción de cada tipo de patología no es suficiente como método didáctico, teniendo en cuenta que en muchos casos, en el periodo de academia, no estamos relacionados directamente con todas las posibles fallas, en ese orden de ideas, se crea una descripción específica mostrando con imágenes la apariencia visual de cada una de estas, dando así, un panorama más completo para aquellos que tengan dudas al diagnosticar el grado de deterioro de un pavimento y que no se precipiten a soluciones primarias cuando lo que se busca es devolver la funcionalidad y la apariencia sana para el usuario en el momento de utilizarlo.

1.2.1. Problema general

PG ¿Cómo influye la geomalla biaxial en el mejoramiento de la estructura de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: autopista Ramiro Priale, río Huaycoloro, distrito Lurigancho, provincia Lima, 2019?

1.2.2. Problemas específicos

- PE 1 ¿Cómo influye la optimización de costos en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: autopista Ramiro Priale-río Huaycoloro, distrito de Lurigancho, provincia de Lima-2019?
- PE 2 ¿Cómo influye el tiempo de construcción en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: autopista Ramiro Priale-río Huaycoloro, distrito de Lurigancho, provincia de Lima-2019?
- PE 3 ¿Cómo influye las propiedades físicas en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: autopista Ramiro Priale-río Huaycoloro, distrito de Lurigancho, provincia de Lima-2019?

1.3. Justificación de Estudio

En este trabajo se considera la problemática general del comportamiento de los pavimentos flexibles y su influencia con las geomallas. En primer lugar, se discute el papel fundamental que juegan las características del comportamiento mecánico de los materiales térreos utilizados dentro del comportamiento general la innovación de las geomallas (geosintéticos), considerando el efecto del tránsito y los que provienen del intemperismo y del efecto del agua. el propuesto por la AASHTO 93, se hace notoria evaluar los pavimentos flexibles urbanos que están olvidados y su mejora de realizar una evaluación estructural del mismo para un mayor tiempo de vida, ya que actualmente presenta un alto índice deterioro por lo que se da una reconstrucción o de un nuevo diseño de pavimentos utilizando las geomallas que nos brinde seguridad y comodidad a los habitantes.

1.3.1. Justificación teórica

Según Carrasco (2005 p. 119)” procedimientos y técnicas e instrumentos diseñados y empleados en el desarrollo de la investigación, tienen validez y confiabilidad, y al ser empleados en otros trabajos de investigación resultan eficaces”

La investigación se realiza con el fin de tener un alcance sobre la utilización de la geomalla con el correcto diseño de un pavimento flexible empleando adecuadamente el método AASHTO 93 (America Association of State Highway and Transportation Officials), teniendo en cuenta que la localidad donde se realiza el estudio presenta una demanda importante de pavimento flexible que permitirá el crecimiento de la zona.

En el distrito de Lurigancho, el tipo de suelo que se presenta es arenoso es por eso que la utilización de geomallas como se refuerzo de la base y sub base es factible para disminuir espesores del paquete estructural de esta manera, se cumple con los requerimientos que el pavimento va a soportar.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar cómo influye la geomalla biaxial en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: autopista Ramiro Priale-río Huaycoloro, distrito de Lurigancho, provincia de Lima-2019.

1.4.2. Objetivo específicos

- OE 1 Determinar cómo influye la optimización de costos en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: autopista Ramiro Priale-río Huaycoloro, distrito de Lurigancho, provincia de Lima-2019.
- OE 2 Determinar cómo influye el tiempo de construcción en el mejoramiento de de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: autopista Ramiro Priale-río Huaycoloro, distrito de Lurigancho, provincia de Lima-2019.
- OE 3 Determinar cómo influye las propiedades físicas del terreno en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: autopista Ramiro Priale-río Huaycoloro, distrito de Lurigancho, provincia de Lima-2019.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

Hernández Salazar Gino Stalin & Torres Sono Juan Carlos (2016), “Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la Av. Fitzcarrald, tramo: carretera Pomalca – Av. Víctor Raúl Haya de la Torre” Universidad Señor de Sipán.

La presente tesis presenta el mal estado a de las carreteras nivel mundial obedece a una mala construcción principalmente, razón por la cual presentan fallas y/o deterioros en un corto plazo; obligando al mantenimiento de las unidades de transporte y de las vías en un tiempo menor al estimado. Diversos estudios afirman que es necesario evaluar estructuralmente un pavimento para determinar las verdaderas causas de fallas y/o deterioros que se presentan en él, de tal manera que el método de rehabilitación sea el más adecuado técnico y económicamente.

Se determinó que la infraestructura vial del tramo en estudio tiene una longitud de 1,255.76 m, IMDA de 6141 veh/día y que los materiales usados en la estructura del pavimento no cumplen con los requerimientos mínimos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, además de un nivel freático alto debido al aporte del canal Yortuque adyacente a la vía, concluyen en los siguiente:

Se determinó que, para los requerimientos de agregado fino, no cumplió el índice de plasticidad para las muestras 1 y 2, caso contrario para la muestra 3. Los ensayos de equivalente de arena y sales solubles están dentro de los parámetros establecidos por la norma, por lo tanto, cumplen con estas. Según requerimientos del agregado grueso si cumplen con los parámetros.

Con respecto al ensayo especial CBR, concluimos que los resultados: 58.1%, 71.7% y 70.7% cumplen para sub bases, mas no para bases. Ahora para la subrasante tenemos un terreno con condición insuficiente, es decir que necesita mejoramiento para un mejor comportamiento del pavimento, debido a que los resultados de CBR, no superan el 6% categorizado por norma como inadecuado.

La propuesta de rehabilitación del tramo afectado para mejorar la transitabilidad vehicular en la avenida estudiada. Consta de una nueva estructura y de un drenaje lateral subterráneo de ancho de 30 cm y de profundidad 0.90 metro debajo de la subrasante acompañado de un filtro de material granular, geotextil y tubería perforada de 4" y demandara un costo de S/ 1'525,310.73 (Son: Un millón quinientos veinticinco mil trescientos diez con 73/100 nuevos soles), presupuesto al mes de noviembre del año 2016.

Valerio Neyra Quisca (2016), "Mejoramamiento Y Rehabilitación De Infraestructura Vial Urbana En El Barrio Nuevo San Miguel De La Ciudad De Ilave - Provincia De El Collao - Puno" Universidad Nacional del Antiplano.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar los estudios de ingeniería y elaborar el diseño de pavimento estructural del Pavimento Rígido, de la infraestructura vial urbana en el Barrio Nuevo San Miguel, mediante los métodos de diseño recomendados American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93) y Portland Cement Association (PCA), generalmente utilizados para la determinación y cálculo del espesor de losa de concreto.

En nuestro país, el diseño estructural de los pavimentos rígidos se realiza de acuerdo a las recomendaciones establecidas por los métodos antes mencionados. Además, se debe tomar en cuenta la geometría de la losa (ancho y largo) y el diseño de juntas incluyendo la determinación del espaciamiento de juntas longitudinales y transversales, la transferencia de cargas y los materiales de sellado. Su finalidad es evitar grietas, fisuras inducidas por secado, temperatura y cambios en el contenido del concreto. Se concluye con los siguiente:

Se ha realizado el diseño de pavimento rígido, bajo los dos métodos de mayor vigencia y aceptación dentro de los propuestos para el caso, como son el método AASHTO 93 y PCA para losa de concreto $F_c'210 \text{ kg/cm}^2$, con resultados de espesores de 8" (20 cm) y una Sub Base de 8" (20 cm), de donde se concluye asumir estos resultados para el presente proyecto, así mismo satisface las exigencias estructurales del pavimento.

Para el área de estudio se ha realizado el aforo de vehículos teniendo como

resultado, TPDS de 83 Vehículos/día y un TPDA de 97 Vehículos/día, se ha determinado que el tránsito está constituido principalmente por autos y camionetas panel, así como camionetas rurales, valores calculados tomando en cuenta el Reglamento Nacional de Vehículos aprobado por D.S. N° 058-2003-MTC, anexo IV Pesos. 277.

La ubicación de calicatas en el estudio de vías urbanas es muy importante y la elección debe realizarse en puntos estratégicos como pueden ser en esquinas, intersecciones, lugares donde no exista instalaciones de agua ó desagüe en donde se puede ocasionar problemas, así mismo el material no sea indicado para los ensayos de suelos.

Se ha elaborado el expediente técnico de acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios de ingeniería levantamiento topográfico, estudio geotécnico, estudio hidrológico, estudio de tránsito, considerando los cálculos de diseño geométrico, diseño de pavimento, diseño hidráulico, diseño estructural de la vía y diseño de mezclas.

El correcto uso de los programas de cómputo y el análisis del mismo es una gran ayuda y reduce tiempos para el cálculo de procedimientos matemáticos.

Marco Eduardo Montalvo Guevara (2015), "Pavimentos Rígidos Reforzados Con Fibras De Acero Versus Pavimentos Tradicionales" Pontificia Universidad Católica del Perú.

La necesidad de ahorrar costos, aumentar la calidad y optimizar los materiales hace que se realicen investigaciones sobre distintos aditivos que se le añaden al concreto como: acelerantes de fragua, incorporadores de aire, reductores de agua, superplastificantes, impermeabilizantes, entre otros; como también el tipo de refuerzo que complementa al concreto como varillas de acero, mallas electro soldadas, fibras de acero, entre otros.

El uso del concreto fibro reforzado se viene dando cada vez más en nuestro país, se utiliza desde los pavimentos rígidos hasta el reforzamiento de estabilidad en túneles, haciéndolo uno de los materiales con mayor demanda en los diferentes campos de la ingeniería.

Este documento se enfoca en realizar comparación entre pavimentos de concreto simple, pavimentos de concreto reforzado con mallas de acero y el pavimento de concreto reforzado con fibras de acero, comparando la metodología de diseño, los esfuerzos teóricos, su procedimiento constructivo y los precios unitarios en cada una de las situaciones.

Para finalizar se realiza un ejemplo utilizando un proyecto real, en el cual se verifica que el concreto reforzado con fibras de acero es la mejor opción.

Angie Melania Sosa Quispe (2018), "Propuesta De Renovación Del Pavimento Para La Mejora De La Transitabilidad Vial En La Avenida Cuzco, Distrito Mi Perú - Callao" Universidad San Martín de Porres.

La presente tesis promueve la renovación vial de la Avenida Cuzco del distrito Mi Perú, Provincia Constitucional del Callao. Su objetivo principal es mejorar la transitabilidad vial y los objetivos específicos que son elaborar el inventario de daños, analizar las actividades de conservación vial de los dos tramos que conforman la Avenida Cuzco y realizar el modelo de señalización vial. La metodología para llevar a cabo el presente trabajo tuvo como instrumentos de recolección de datos el método denominado Índice de Condición de Pavimentos (PCI, por sus siglas en inglés) y el ensayo de lavado asfáltico con el objetivo de obtener el porcentaje de asfalto que contiene la carpeta asfáltica, sirviendo de herramientas para determinar las soluciones que mejor complementen a la Avenida Cuzco.

Por los resultados obtenidos, en el primer tramo se propone realizar un fresado al pavimento existente, reponiendo la carpeta asfáltica e incrementando su espesor a 2" y el segundo tramo de la Avenida Cuzco requiere un sello asfáltico de 6mm de espesor sobre el pavimento existente con la finalidad de corregir los desgastes existentes y mantener las características iniciales del pavimento evitando un deterioro prematuro. Estas propuestas son beneficiosas económicamente, debido a que su valor xiii presupuestal es inferior comparándolo con diseños de características similares.

El estado de la Av. Cuzco del primer tramo, que comprende desde la Av. Víctor Raúl Haya de la Torre hasta la Av. Cajamarca, se clasifica por el método PCI

como “Regular”; el estado del segundo tramo que conforma la Av. Cuzco desde la Av. Cajamarca hasta la Av. Escudero, es “Bueno”. El ensayo de lavado asfáltico arrojó como resultado de porcentaje de material bituminoso en 6.27% mientras que por el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), la granulometría indica que es un suelo SP-SM.

Debido al estado regular del primer tramo de la Avenida Cuzco, la solución para corregir su comportamiento vial es realizar un fresado al pavimento existente y reponer la carpeta asfáltica aumentando su espesor a 2”.

Debido al estado bueno del segundo tramo que conforma la Avenida Cuzco, la solución para corregir su comportamiento vial es realizar un sello asfáltico o Slurry Seal con un espesor de 6mm. sobre la superficie de rodadura existente con el fin de corregir las pérdidas mínimas de agregado fino y preservar sus características iniciales evitando su deterioro prematuro.

El modelo de señalización vial para la Avenida Cuzco incluye en la señalización horizontal la demarcación de las calzadas en el extremo con 124 una línea continua y líneas discontinuas que separan la calzada en dos carriles con pintura de tráfico de color blanco y el separador central con pintura de tráfico de color amarillo, demarcación de zona neutra en zonas donde lo amerite; simbología como flecha recta, flecha de giro a la izquierda y derecha, flecha recta y de giro a la izquierda y derecha, colegio, despacio y cruceo peatonal. Finalmente, en la señalización vertical, señales reguladoras como: señal de pare, ceda el paso, prohibido voltear en “U”; señal informativa como paradero de buses y señales preventivas como: curva a la derecha, cruce de vías a nivel, empalme en ángulo recto con vía lateral a la izquierda, empalme en ángulo agudo a la derecha, incorporación de tránsito a la derecha, proximidad a reductor de velocidad tipo resalto y zona escolar.

La propuesta de solución de comportamiento vial para el primer y segundo tramo de la Avenida Cuzco son beneficiosas en factor costo por su ahorro frente a otros presupuestos de características similares. Este ahorro varía entre el 23.73% al 147.64%.

Silva Arce Mayra Ayllen (2016), “Mejoramiento De La Subrasante Con

Geomallas Multiaxiales Tipo Tx140 Y Tx160, Aplicado A Un Tramo De La Calle Alemania – La Molina - Cajamarca 2016” Universidad Privada del Norte.

La presente tesis está orientada a mostrar técnicas distintas a las convencionales en el mejoramiento de la subrasante en vías de acceso, en zonas donde los suelos son blandos y de mala calidad, mediante el uso de geomallas multiaxiales para la estabilización de suelos. El presente documento muestra el diseño de subrasante con y sin geomalla multiaxial tomando como ámbito de aplicación un tramo de la calle Alemania – La molina - Cajamarca, cuyo suelo es del tipo limo arcilloso (CL), con valores de CBR de 2.5% y con presencia de agua.

La utilización de geomallas multiaxiales en esta zona es inevitable para la estabilización de los suelos utilizando los parámetros de diseño necesarios como CBR, carga axial, presión de inflado de llantas, profundidad máxima de ahuellamientos y número de ejes pasantes; datos que luego fueron procesados con el software Spectra Pave 4.0. Como resultado se obtuvo el incremento de la capacidad de soporte de la subrasante y la reducción del espesor de mejoramiento, comparado con un diseño patrón, registrando un ahorro de material de 54% y 72% con las geomallas multiaxiales tipo Tx140 y Tx160 respectivamente. Lo cual concluyen con los siguiente:

Las geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX160, sí logran mejorar la subrasante en un tramo de la calle Alemania – La molina – Cajamarca, en un promedio de 63%, el cual está dentro del rango de mejora (46% a 92%) determinado por el Dr. Steve Perkins.

Mediante la ejecución de los ensayos de California Bearing Ratio (CBR) realizados en laboratorio se obtuvieron valores promedio de 3.28% para 0.1” y 2.51% para 0.2”, considerándose el 95 percentil, en base al tráfico que circulará por el pavimento, representando así un valor de 2.50%.

Mediante el uso del programa Spectra Pave 4.0 se calculó un espesor de 0.54 m para una subrasante sin refuerzo de geomallas multiaxiales, y un espesor de 0.25 m. y 0.15 m. con refuerzo de las geomallas multiaxiales TX140 y TX160 respectivamente.

El módulo de reacción de la subrasante sin refuerzo es de 2.30 kg/cm³ y

empleando las geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX160 es de 3.54 kg/cm³ y 3.96 kg/cm³ respectivamente.

El espesor obtenido del mejoramiento de la subrasante no reforzada es mayor al espesor obtenido en la subrasante reforzada con las geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX160. Esta diferencia es, alrededor de un 54% y 72% respectivamente.

Juan Fernando Robles Lavi (2018), "Geomalla Biaxial Para Optimizar Base Y Subbase De Pavimento Flexible En La Av. Camino Del Inca Izquierdo, Distrito De Ventanilla En 2018" Universidad Cesar Vallejo.

La presente investigación tuvo como principal objetivo evaluar el uso de la geomalla biaxial como refuerzo del pavimento flexible en la interfaz de la base y subbase aplicado en la Av. Camino del Inca Izquierdo en el distrito de Ventanilla.

El procedimiento para realizar la evaluación fue diseñar la estructura del pavimento flexible sin refuerzo mediante el método de AASHTO 93 que requiere de un análisis de una serie de parámetros de los cual los más importantes son el diseño de tráfico y el cálculo del módulo de resiliencia, este a su vez es obtenida a través del CBR que se determinó en los ensayos de laboratorio realizadas a la muestra de suelo extraída de la localidad, y a partir de este diseño se realizó dos diseños con dos tipos de geomalla de diferente resistencia, la geomalla biaxial LBO 202 que es de 20KN y la geomalla LBO 302 que es de 30KN, para ambos diseños se hizo mediante el método Geosoft Pavco V 3.0, esto con el fin de determinar los espesores de la base y subbase reforzada con la geomalla, además, se realizó los metrados para cada diseño obtenido con el objetivo de analizar los costos para cada escenario. La metodología utilizada para la investigación es de diseño experimental en un grado de manipulación de la variable independiente de presencia – ausencia, además, tiene un enfoque cuantitativo y por la orientación se define como una investigación aplicada.

De la comparación realizada entre los tres diseños se obtuvo como resultado que la geomalla LBO 202 genera una disminución de 4% en la base y 43% en la subbase y la geomalla biaxial LBO 302 disminuye en un 8% la base y 50% la subbase la estructura del pavimento flexible, por otro lado, los costos se ven

reducidos en un 2.31% y 3.73% respectivamente. Concluyen con los siguiente según las muestras tomadas en el laboratorio:

Se determinó al comparar el diseño de pavimento flexible sin refuerzo y con el uso de refuerzo que la base y subbase del pavimento flexible se optimizan en espesor y costo con el uso de la geomalla biaxial tipo A (LBO 202) y geomalla biaxial tipo B (LBO 302), sin embargo, de la comparación realizada a los dos tipos de refuerzo se observa que la mayor optimización se genera con el uso de la geomalla biaxial LBO 302 para el tramo en estudio.

El uso de la geomalla biaxial LBO 202 como refuerzo del pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo se determinó que genera como resultado un espesor de 0.24m y 0.17m para la capa base y subbase respectivamente, es decir, la capa base se disminuye en un 4% y la capa subbase disminuye en un 43% según se muestra en la tabla 17 (Espesores de pavimento flexible con refuerzo tipo A).

Se determinó que el pavimento flexible en la Av. Camino de Inca Izquierdo reforzado con la geomalla biaxial tipo B (30KN) genera como resultado unos espesores de 0.23m y 0.15m para la capa base y subbase respectivamente lo que representa una reducción de 8% de capa base y 50% de capa subbase así se muestra en la Tabla 20. Espesores de pavimento flexible con refuerzo tipo B).

Con respecto al análisis de costos, se determinó que la utilización de las geomallas biaxial tipo A (20KN) reduce el costo de la construcción en un 2.31%, por otro lado, la geomalla biaxial tipo B (30KN) genera una reducción en la construcción de un 3.73% según se presenta en la Tabla 42. Comparación entre los costos para cada caso planteado).

Utilizar la geomalla biaxial del tipo A y tipo B para pavimentos flexibles verificando que la instalación de este material sea en óptimas condiciones y supervisar el proceso constructivo para evitar que esta disminuya su resistencia, además, la elección del material granular es importante ya que es necesario que se genere la trabazón del material en la geomalla biaxial, de esa manera obtener su mejor rendimiento.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Andrés Sebastián Bustamante Noboa (2016), "Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una geomalla y un geotextil" Universidad de Cuenca.

En el presente estudio se determinó el nivel de resistencia que puede proporcionar la colocación simultáneamente un geotextil y una geomalla en la interface capa granular subrasante como estructura de reforzamiento.

Además, se estableció una comparación con la resistencia que puede suministrar únicamente la aplicación de un geotextil, una geomalla y sin ninguna clase de reforzamiento.

De este modo, se evaluó la estructura del pavimento que se está colocando en el proyecto de mejoramiento de la carretera Sigsig-Gualaquiza, tramo: Matanga Gualaquiza, en la Provincia de Morona Santiago, que en este momento se encuentra en ejecución y en el cual se está aplicando esta nueva técnica constructiva.

Para alcanzar los objetivos planteados, se realizaron ensayos en laboratorio que permitieron obtener las curvas esfuerzo/deformación para cada uno de los escenarios analizados. Posteriormente, se simuló el comportamiento alcanzado en laboratorio a través de modelos numéricos evaluados en el Software Plaxis 8.6 (Elementos Finitos), que dieron como resultado los esfuerzos en la interface capa granular-subrasante y la consecuente determinación de los factores de reforzamiento.

Las conclusiones del estudio demuestran una reducción significativa en el espesor de la capa superior a la subrasante y además confirmaron que no existe un mejoramiento representativo cuando se utiliza un geotextil y una geomalla simultáneamente.

Se presentan algunas recomendaciones y sugerencias a corto y mediano plazo para mejorar el desempeño de estos materiales en la construcción, así como incluir en la normativa ecuatoriana un método de diseño que permita sustentar el uso de estos elementos en la ingeniería vial. Concluyen con el ensayo de

laboratorio los siguiente:

En el escenario con geomalla, la estructura alcanzó la mayor rigidez con respecto al resto de escenarios y cuyo valor está dado por el Módulo de Young.

No obstante, al llegar a la carga máxima, se produjo la falla inmediata. Se considera que esto fue producto de que la geomalla cuenta con aberturas continuas, lo que provocó que los materiales de la subrasante y de la base se llegaran a mezclar según se pudo apreciar en la muestra ensayada.

El efecto de la geomalla no fue suficiente para separar ambos materiales, producto de esto llegó antes a la falla. Ensayos a compresión simple sobre la estructura de pavimento).

Haciendo una comparación de los diagramas carga/deformación en los escenarios: reforzado con geotextil y reforzado con geotextil y geomalla (ver Figura 19), se observa que no existe mayor diferencia entre ambas curvas y que llegan a tener un comportamiento similar, exceptuando que en la curva de reforzamiento con geotextil y geomalla se nota un pequeño régimen plástico. Se considera que colocar una geomalla yuxtapuesta a un geotextil, no aumenta significativamente la capacidad de soporte o reforzamiento en la estructura del pavimento, pues se debería evidenciar un mayor incremento en la rigidez. Se estima que la colocación de la geomalla sobre el geotextil representa un gasto innecesario para el proyecto en análisis. El uso de materiales geosintético en la interface capa base-subrasante, le da un comportamiento elástico a la estructura del pavimento, permitiendo un alto grado de deformación, pero recuperando su forma original.

Es decir, no se producen deformaciones permanentes como es el caso del escenario sin reforzamiento (régimen plástico). Esto se traduce en el módulo resiliente de la subrasante, considerando que el esfuerzo desviador, función de éste, se reduce en un gran margen por el uso de los geosintéticos. El esfuerzo de confinamiento del geotextil no produjo un mayor efecto en la resistencia de la estructura del pavimento. Incluso puede representar un plano de falla si se trata de un material que tiene un ángulo de fricción bajo. Más bien, se visualizó un pequeño efecto de anclaje de las partículas granulares de la base, que indujeron a que actúen los esfuerzos de tensión del geotextil. Esto impidió su deslizamiento a través

de la interface. Solo se pudo apreciar el efecto de confinamiento en el escenario con geomalla, donde los esfuerzos fueron mayores (ver Anexos, anexo fotográfico, 3. Ensayos a compresión simple sobre la estructura de pavimento).



Figura 1. Ensayo a la Compresión Simple sobre la Estructura del Pavimento

Fuente: Manual de carretera

El criterio planteado por Giroud y Noray con relación a que el tipo de falla de una estructura de pavimento cambia de una falla local (sin reforzamiento) a una falla de tipo general (con reforzamiento), se confirmaría a través de las simulaciones efectuadas sobre las muestras de pavimento. Se considera que los esfuerzos en el escenario sin reforzamiento se concentran justo debajo del pistón, en el material granular. Mientras que, para el caso de los escenarios reforzados, los esfuerzos se distribuyen a lo largo de la interface capa granular geo compuesto-subrasante, evitando de esta manera una falla por capacidad portante (falla local) causada por el ahuellamiento efectivo que transmite el pistón a la subrasante.

Hausmann (1987, p.206), menciona que la geomalla puede ser colocada dentro de la capa base con la finalidad de proporcionarle restricción al agregado. Esto mejora las características esfuerzo-deformación de la capa base y ayuda en la distribución de cargas sobre la superficie de la subrasante. Acogiéndose a este criterio, efectivamente se obtendría un mejor desempeño de la geomalla si se la colocara en la capa base. Esto se debe a que este material, al contar con aberturas continuas, generaría un efecto de anclaje entre las partículas granulares del material y los eslabones de la malla, lo que aumentaría los esfuerzos laterales restringiendo los movimientos en la zona de contacto y por ende disminuirían las deformaciones.

Se considera que emplear un geotextil en la interface material granular subrasante, sería suficiente para brindar el reforzamiento esperado en la estructura de pavimento. Además, este elemento evita el ascenso de partículas finas de la subrasante hacia el material base. Así cumpliría la función de separación y/o reforzamiento.

Se recomienda el método de cálculo propuesto por Giroud y Noray únicamente cuando se refuerza la estructura del pavimento con un geotextil. Además, esta metodología es aplicada exclusivamente para caminos de lastre sin asfalto.

El método de cálculo desarrollado por Giroud y Noray para determinar el espesor de la capa granular considerando el tráfico, presenta ciertas limitaciones. Una de ellas es, que no esclarece si el tráfico que se debe asumir es el proyectado para cierto horizonte de años o es un tráfico actual. Dentro de este estudio se analizó un tráfico actual.

Realizar un análisis del posible incremento en la vida útil de la estructura del pavimento, considerando el uso de estos materiales. Es decir, un análisis de su comportamiento a largo plazo.

Realizar un análisis de costos para determinar si es viable económicamente el uso combinado de un geotextil y una geomalla como estructura de reforzamiento para un determinado proyecto.

La entidad pública competente, encargada de elaborar la normativa ecuatoriana de diseño vial, debería incluir un método de diseño que respalde y garantice el uso soberano de los geocompuestos para cualquier obra vial.

Beltrán, B. y Arturo, C. (2013). "Ventaja de la utilización de geo sintéticos para el refuerzo de pavimento en la carrera 7 estación transmilenio museo nacional". Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva.

Su objetivo es exposición a través de casos particulares, la ventaja con los usos de Geo sintéticos como medios de refuerzo para el retardo de la fisura temprana y extiende la vida útil de los pavimentos. Llego a las siguientes

conclusiones:

Desde la perspectiva especializada, el geo diseñado es un elemento que ha permitido avanzar en el desarrollo del asfalto y la existencia útil del asfalto, a raíz de mejorar el rumbo de la estructura de asfalto; en general, con el uso de estos materiales, ha sido posible mantener en buen estado las diferentes obras de asfaltos, lo que disminuye las circunstancias en las que las calles deben ser reingresadas, es fundamental usar estos elementos como desde la perspectiva monetaria, los Geo fabricados han tenido la capacidad de disminuir los gastos en materiales granulares por la disminución de espesores, como lo indican los contornos en los que se consolidan dichos elementos.

De la misma manera, al potenciar las propiedades, no solo de los materiales que componen una estructura de asfalto sino también de los sobres para los instrumentos selectivos de fortificación de los mismos, disminuidos creados por mantenimiento, se extienden así las frecuencias de mediación, 4) por la diferencia en la naturaleza inflexible con la ayuda de la estructura de asfalto en las carreras 10 y 7 entre las calles 27 y 30; en otras palabras, a la luz del hecho de que el asfalto tenía una parte de su ayuda en una placa inflexible y otra parte en el paisaje característico, había otro propósito detrás del fusible de ingeniería genética, para esta situación, geomallas de tipo biaxial en materiales granulares (en polipropileno) y en mezclas negras (en fibra de vidrio).

A causa de los asfaltos de la Estación del Museo Nacional, lo que demuestra algunos problemas geotécnicos, particularmente los asentamientos diferenciales de obras subterráneas en las carreras 10 y 7, que tenían la diferencia entre los dos en el tipo de asfalto es uno de los pasillos (entre las calles 27 y 30); como resultado del desarrollo de la estructura de asfalto desarrollada, para evitar daños sustanciales a escala y para mantener la vida del asfalto. Los geos sintéticos y su confiabilidad en el reforzamiento de suelos, son relevantes para la presente investigación ya que se busca mejorar la estabilidad de los suelos.

Mata, C. y Mendoza, C. (2011). "Los geosintéticos aplicados a obras de pavimento flexible". Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Guayaquil, Ecuador: Escuela superior Politécnica Guayaquil.

El objetivo es:

- a) Presentar una metodología innovadora para el diseño de pavimentos flexibles usando geomallas y demuestra los beneficios económicos y de optimizaciones de recursos.
- b) Hacer una descripción de los elementos que integran un pavimento flexible y un método de diseño. Concluye considerando que: la restauración de una estructura de limpieza por métodos para geotextiles inmersos con emulsiones de tapa negra es un ensayo un poco creado en su nación, a diferencia de lo que ocurre en lo que queda del mundo, siendo este entrenamiento vital para mantenerse alejado del evento de las cualidades de los geosintéticos para despejar con el uso de hardware poco común y del aparato regular, similar a la instancia de los geodrénicos, una posición relativamente favorable adicional contra el uso de materiales ordinarios, se debe instar a masificar la utilización confiable de geosintéticos. Esta tesis garantiza el uso de los geosintéticos en la mejora de los suelos, uso de maquinarias y reducción de costos, sirviendo de base para el presente proyecto y la estabilidad de los suelos.

Gavilanes, D. y Nidia, E. (2012). “Diseño de la estructura de pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua – La Maná”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Ecuador. Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Facultad de Ingeniería.

Este estudio se trata de la estructura de asfalto reforzada con geomalla biaxial conectada a un segmento de la calle Latacunga - Zumbahua - La Mana. Como prueba, la prueba de Benkelman Beam se realizó en el campo a nivel de base granular para decidir las desviaciones sufridas por el asfalto y estas se encuentran dentro de los límites establecidos. La configuración de asfalto habitual dependía de algunas estrategias, por ejemplo, AASHTO 93 a la luz del número básico de la investigación del subsuelo y la capa, la técnica de Shell y el esquema reforzado que utiliza la estrategia de Tensar en vista del plan convencional del AASTHO 93 Se ejecutó como un plan electivo de asfalto inflexible con los parámetros de la Asociación de cemento de Portland que se establecen en el CBR. La presente tesis valora el uso de las geomallas en el reforzamiento de los suelos,

siendo relevante para el proyecto de investigación debido a que el estudio está orientado a la mejora de la estabilidad de los suelos.

2.2. Bases Teóricas de las variables

2.2.1. Geomallas

Para la explicación teórica de los conceptos de esta investigación se definirán y explicarán las variables de estudios para la cual se acudió a diferentes autores, la primera variable Geomallas:

Según Geosistemas Pavco (2012 p. 10) sostiene lo siguiente:

El geotextil es una barrera para la migración de partículas entre dos suelos diferentes, facilitando la transmisión de agua.

Colocar un geotextil de separación entre la subrasante y las capas granulares. Mantiene la integridad de los materiales y mejora su funcionamiento.

Los geosintéticos son materiales, principalmente fabricados con productos derivados del petróleo, originalmente usados en aplicaciones de ingeniería geotecnia, utilizados para mejorar, cambiar o mantener las características del suelo con el que interactúan.

La aplicación de geosintéticos responde algunas problemáticas de ingeniería vial presentando un conjunto de ventajas las cuales son; facilidad de colocación en obra, producto económico, ahorra del tiempo en la ejecución de obra, cualquier operario puede manipularla y posibilita soluciones medioambientales. En la mayoría de los productos de ingeniería, los geosintéticos han tenido un comportamiento y solución exitosa.

La geomalla es definida como material geosintético formado por la unión de costillas paralelas que tiene una abertura que permite la trabazón de piedra, suelo o algún otro material geotécnico que se llegue a conectar. Se utiliza el material exclusivamente en aplicaciones geotécnicas como mejoramiento en subrasantes, refuerzos de taludes y refuerzo en la base del pavimento. En la actualidad en el Perú el material geosintético es importado y se encuentra

disponible en un rollo de 3 o 4 metros de ancho por 50 o 75 metros de largo.

Según Zornberg. Da a conocer que:

Los geosintéticos se han utilizado en el dimensionamiento de los pavimentos para que cumplan alguna de las siguientes funciones: separación, filtro, drenaje lateral, sellado, o refuerzo. Específicamente, los geosintéticos se han utilizado en los proyectos de pavimentos para que cumplan una función de separación de modo que minimicen la intrusión de suelo de la subrasante en las capas de base o subbase. También, los geosintéticos se han utilizado para desempeñar una función de filtro de modo que restrinja el movimiento de las partículas del suelo de la capa de subbase, a la vez que permita el movimiento del agua hacia la capa adyacente de árido más grueso. La función de drenaje de los geosintéticos proporciona un drenaje lateral. Además, los geosintéticos se han utilizado para mitigar la propagación de grietas mediante el sellado de la capa de asfalto cuando se extiende una capa de regularización. (2013, p.6).

2.2.1.1. Funciones:

- Retener las partículas de suelo
- Evitar el lavado de finos por acción del agua

a) En Separación:

Es la función que por medio de geosintéticos porosos y flexibles, previenen la mezcla de dos estratos o materiales diferentes evitando la contaminación entre ellos, conservando las cualidades físicas y mecánicas de cada uno.

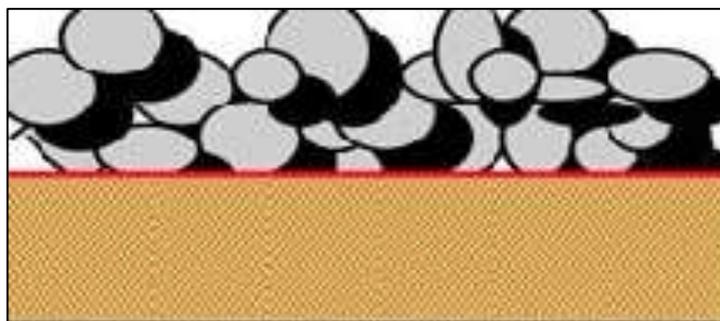


Figura 2. Separación de rocas
Fuente: Pavco 2012

b) En Filtración:

Es la función que por medio de geosintéticos porosos, flexibles y permeables, en presencia de agua entre dos estratos o materiales diferentes, permite el paso del fluido, evitando la migración de finos o que las partículas se mezclen o contaminen entre sí, aun estando sometidos a un trabajo de carga o compresión.

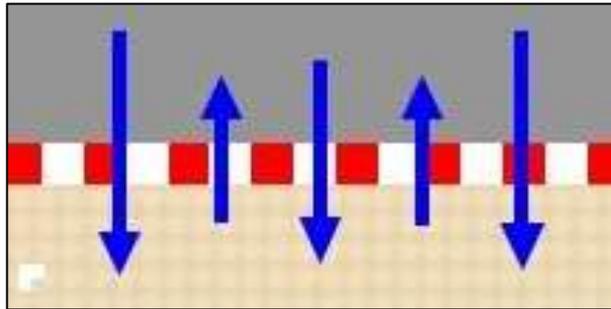


Figura 3. Filtración.
Fuente: Pavco 2012

c) En drenado:

A través de geosintéticos, se permite un régimen de flujo entre dos estratos, transportando fluidos o gases a través del plano del geosintético aun sometido a un trabajo de compresión o carga.

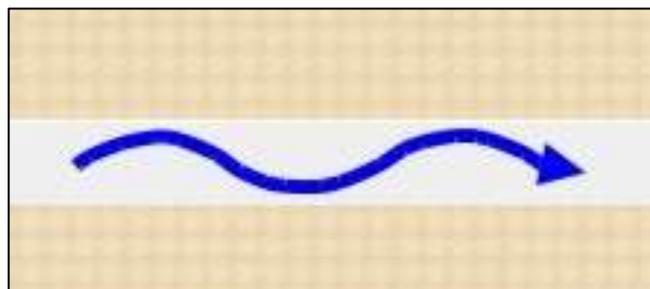


Figura 4. Drenado.
Fuente: Pavco 2012

d) En Protección:

Es la función de recibir, absorber y mitigar una fuerza ejercida sobre una superficie contra los elementos que puedan ocasionar un daño a ésta.

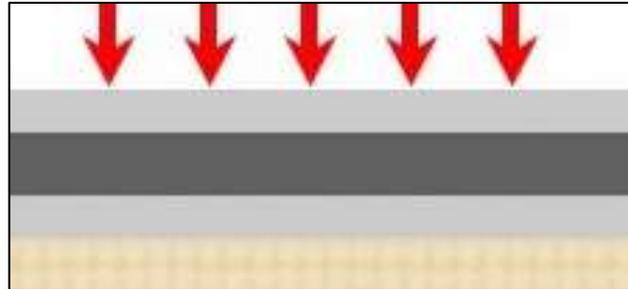


Figura 5. Protección.
Fuente: Pavco 2012

e) En Impermeabilización:

Es la función que por medio de la cual se coloca una frontera o barrera impermeable, aislando dos estratos diferentes evitando la impregnación de uno con el otro.

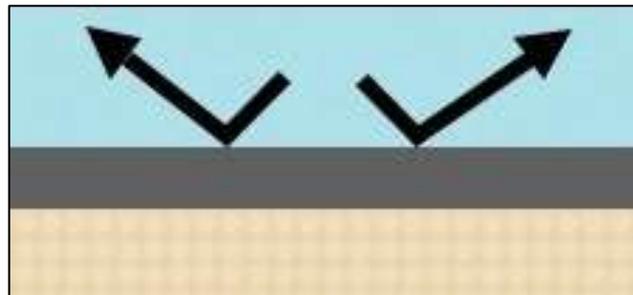


Figura 6. Impermeabilización.
Fuente: Pavco 2012

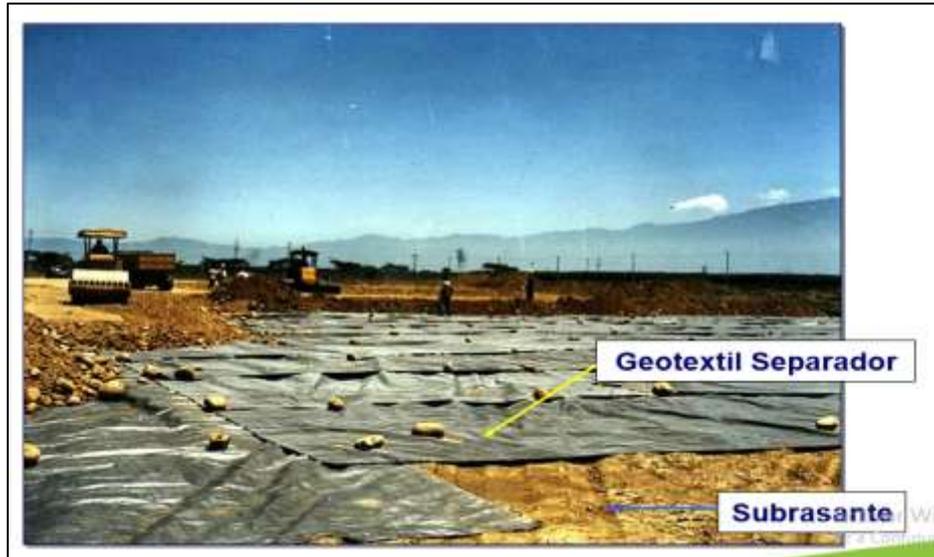


Figura 7. Geotextil Separador.

Fuente: Pavco 2012

2.2.1.2. Ventajas:

- El geotextil reemplaza el material adicional que se emplea en los diseños tradicionales.
- Reducción del impacto ambiental que puede generar el proyecto
- El geotextil cumple la función de separación de materiales de la SR durante la vida útil de la vía.
- Mejora las condiciones de servicio y estabilidad.
- Aumenta el periodo de vida útil.



Figura 8. Geotextil Estabilizador.

Fuente: Pavco 2012

2.2.1.3. La geomalla como refuerzo en la estructura del pavimento flexible:

CIDELSA. Cidelsa Geomallas. [En línea]. Lima: 2015. Es la función que por medio de geosintéticos, se aumenta la capacidad de carga de un terreno, teniendo como resultado una superficie más estable; esto se logra por medio de la distribución de cargas, resultado de la interacción o fricción a la que son sometidos los geosintéticos.

Según Taipe (2012):

Da a conocer que: con frecuencia, las estructuras de pavimento flexible fallan prematuramente porque el material de la capa de base se esparce lateralmente de los senderos de las ruedas, produciendo el ahuellamiento, alejándose de las cargas del tránsito. Dando como resultado la rotura de la superficie del pavimento. (pp. 30 - 31).

El pavimento flexible falla frecuentemente, porque por los senderos de las ruedas se esparce el material ubicado en la base. Al utilizar geomalla biaxial aumenta la vida útil del pavimento, aumenta la resistencia, se reduce las capas de base y se obtiene un ahorro económico constructivo y operacional, ya que la geomalla biaxial es fácil de instalar.

Efectos de la utilización de un Geotextil sobre la capa de Subrasante:

- Incremento de la capacidad portante del sistema.
- Reducción de los espesores de las capas granulares.
- Incremento de la vida útil de la vía.

2.2.1.4. Clasificación de las Geomallas

Según Geostruplast (2015) sostiene lo siguiente:

Las geomallas son materiales geosintéticos que consisten en una superficie uniforme formada principalmente por poliéster, polipropileno y/o polietileno de alta intensidad presentadas en forma de rectángulo en forma de tiras y unidas por un punto llamado nodo. Existen dos tipos de geomallas dependiendo de su proceso de fabricación a saber, las geomallas uniaxiales

y biaxiales. (p. 4)

2.2.1.5. Geomallas Uni-axiales

Las geomallas uni-axiales o monorientadas están fabricadas de tal manera que la resistencia a la tensión va en el sentido de expansión del rollo, o lo que es lo mismo, son diseñadas para el refuerzo en una sola dirección de estructuras de suelo mecánicamente estabilizado y que involucran todo tipo de material de relleno.

La tensión soportada por estas geomallas es longitudinal tal y como vemos en el esquema.



Figura 9. Geomallas Uni-Axiales.
Fuente: MDG, 2009

2.2.1.5.1. Geomallas Bia-axiales

Su composición queda formada por una o más capas de mallas bi-orientadas de polipropileno (PP), producidas por un proceso de extrusión y estiradas con posterioridad por un método biaxial con el objeto de incrementar sus características a la tracción. Estas geomallas presentan una elevada tolerancia a la tensión, así como la óptima resistencia a los daños en la construcción durante su instalación. Las geomallas biaxiales interactúan con el agregado confinando la base. El uso de estos materiales genera reducciones en tiempos de obra garantizando ahorro en costes gracias a la reducción de agregado requerido.

El refuerzo de suelos y capas granulares con geomallas biaxiales se hace efectivo gracias a los siguientes efectos que imponen:

- Interactúan con el material granular restringiendo los desplazamientos laterales que tienen lugar ante la aplicación de cargas.

- Mejoran la capacidad de soporte del suelo y aumentan la distribución de los esfuerzos con respecto a la profundidad.
- Permiten la construcción de estructuras de pavimentos sobre subrasantes blandas compresibles.
- Aumentan la capacidad de recuperación elástica de las estructuras de pavimento, aumentando su vida útil en términos de carga cíclica a través del tiempo.



Figura 10. Geomallas Bi-Axiales.

Fuente: MDG, 2009

Su función es aumentar la capacidad de carga de un terreno; esto se logra por medio de la distribución de cargas, resultado de la interacción o fricción a la que es sometido. Las geomallas biaxiales se diseñan y fabrican para lograr un alto desempeño mecánico que se define en términos de:

- Alta resistencia a la rotura.
- Alta relación resistencia a la tensión – deformación (alto módulo de deformación)
- Alta eficiencia en la interacción suelo geosintético

La membrana tensionada se inicia con la propiedad en las cuales el material flexible estirado (elongado), adopta una apariencia curva, esto se da por el efecto de las cargas, el esfuerzo que actúa por encima de la cara cóncava de la geomalla es mucho mayor que la presión que ejerce el esfuerzo que actúa por encima de la cara convexa, esto quiere decir que al aplicar cargas el esfuerzo vertical que es brindado por medio de la geomalla al terreno natural es mucho menos que el vertical transmitido en la geomalla. Por consiguiente, este mecanismo especialmente ocurre en los niveles deformatorios muy elevados, como los de vías que no están

pavimentadas, luego de un elevado número de reiteraciones.

La eficiencia de los geos sintéticos como refuerzo en un pavimento puede ser estimada mediante el Factor de Eficiencia (E):

$$E = \frac{N_r}{N_u}$$

Nr: Número de repeticiones de carga hasta la falla del pavimento reforzado.

Nu: Número de repeticiones de carga hasta la falla del pavimento no reforzado.

La información disponible en la literatura presenta valores de E de hasta 16, lo que demuestra que se pueden alcanzar incrementos considerables en el tiempo de vida del pavimento con el uso de geo sintéticos como refuerzo o separación. Observaciones de campo y resultados de investigaciones confirman mejoras en el desempeño del pavimento debido al uso de geo sintéticos.

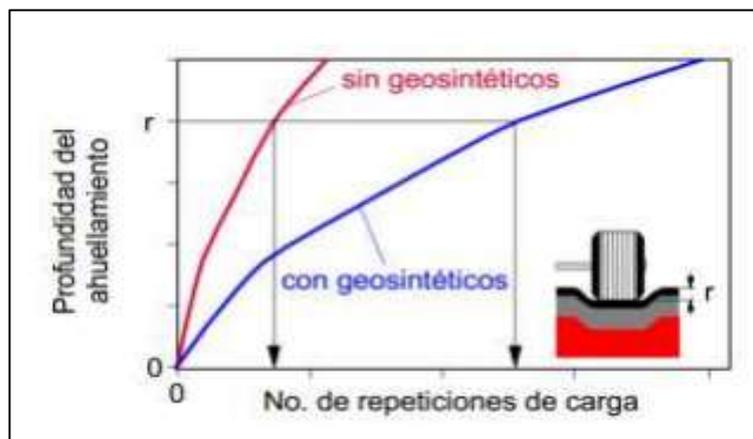


Figura 11. Incremento del tiempo de vida de un pavimento debido al uso de refuerzo geosintéticos.

Fuente: MDG, 2009

2.2.2. Pavimento Flexible

Según Rico y Del Castillo (1984) citan que sobre la capa subrasante se construye el pavimento flexible, que está compuesto por subbase, base y carpeta asfáltica.

El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción de tránsito a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales. Para que la estructura del pavimento flexible funcione correctamente debe cumplir con unas características que el autor describe de la manera siguiente “Resistencia estructural, deformabilidad, durabilidad, costo, requerimientos de

conservación y comodidad.”

Según Céspedes Abanto (2002) Los pavimentos flexibles son aquellos que tiene una base flexible o semirrígida sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento con mezcla bituminosa de asfalto ver figura.

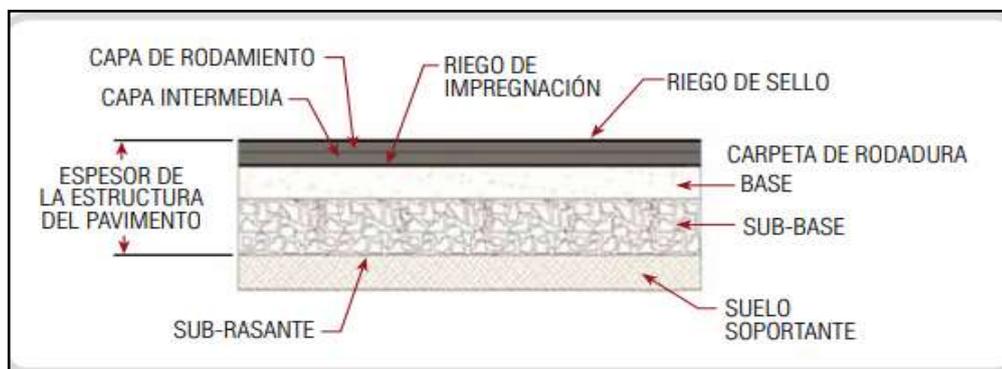


Figura 12. Esquema del sistema estructural de un pavimento flexible
Fuente: Murillo, Angela (2012) Generalidades sobre Vías y Pavimentos.

2.2.2.1. Sub rasante

Es el terreno de cimentación del pavimento. Puede ser el suelo natural, debidamente recortado y compactado; o puede ser, debido a los requerimientos del diseño geométrico, cuando el suelo natural es deficiente, y el material seleccionado de relleno es de buena calidad. En todo caso, el material deberá cumplir con las normas de calidad del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC.

Tabla 1.
Tabla de CBR de la sub rasante

Categoría de la Sub rasante	CBR (%)
Pobre	$3 \leq CBR < 6$
Regular	$6 \leq CBR < 10$
Buena	$10 \leq CBR < 20$
Muy buena	$20 \leq CBR < 30$

Fuente: Manual de carretera

2.2.2.2. Subbase

Es una capa de materiales pétreos, de buena gradación, construida sobre la subrasante. Esta capa, al igual que la anterior, deberá cumplir con los requisitos de compactación y de calidad a que se hace referencia.

Esta capa es la que subyace a la capa base, cuando ésta es necesaria, como en el caso de los pavimentos flexibles. Normalmente, la subbase se construye para lograr espesores menores de la capa base y lograr una mejora en el presupuesto inicial. Por otro lado, la subbase tiene la función de:

- Capa de drenaje del pavimento
- Controlando los cambios de volumen, plasticidad y elasticidad que tiene la subrasante.
- Controla la elevación del agua subterránea cercana o proveniente de otro lado, previniendo la hinchazón y agrietamiento de los pavimentos.

Tabla 2.
CBR de la subbase

Categoría de la Sub rasante	CBR (%)
Buena	$30 \leq CBR < 60$
Muy Buena	$60 \leq CBR < 80$

Fuente: Manual de carretera

2.2.2.3. Base

Es la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la subbase. Se compone de materiales pétreos con buena distribución granulométrica. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además, cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

Tabla 3.
CBR de la base

Categoría de la Sub rasante	CBR (%)
Muy Buena	$80 \leq CBR < 100$

Fuente: Manual de carretera

2.2.2.4. Carpeta asfáltica

Es la superficie de rodamiento constituida por materiales endurecidos para pasar minimizados los esfuerzos hacia las terracerías.

Pueden ser materiales granulares con o sin liga, o más comúnmente de concreto asfáltico, en sus diferentes variantes. Constituye el área propiamente

dicha por donde circulan los vehículos y peatones.

2.2.2.4.1. Refuerzo a la Subrasante

Según nos dice Murillo, Angela-Céspedes Abanto (2012) La subrasante que requiere un pavimento es la parte superior del terreno de fundación que transmite esfuerzos al terreno natural bajo ella. Estos esfuerzos a veces producen deformaciones que se reflejan en el comportamiento estructural de la mencionada subrasante.

La subrasante no forma parte del pavimento y puede ser una superficie o una capa con un espesor, dependiendo este del tipo de suelo que lo forme. Cuando el suelo es roca, la subrasante es una superficie y cuando el suelo es un material friccionante, arena o un material cohesivo, arcilla la subrasante será una capa.

La subrasante mejorada consiste en una o varias capas de material colocadas entre el suelo natural y la estructura del pavimento, que pueden ser de material mejorado in situ o de préstamo.

2.1.2.4.2. Funciones de la subrasante

Para considerarse como subrasante esta parte del terreno de fundación debe cumplir con las siguientes condiciones.

- a) Perfilada y conformada convenientemente: es decir que cumpla con las especificaciones estipuladas en los planos de diseño: secciones, pendientes, etc.
- b) Compactada adecuadamente es el factor decisivo para el valor portante del suelo; la falta de esta compactación es el motivo fundamental para la falla del pavimento.

La resistencia del suelo se expresa en CBR, K o R. El CBR (California Bearing Ratio) o índice de California es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente contraladas en porcentajes.

La resistencia del suelo también se determina con el Módulo de reacción K de la subrasante, empleando la prueba de carga directa se expresa en kg cm² o en

lb/pulg²/pulg. El valor de resistencia R que es un coeficiente del método del Estabilómetro de Hveem es otra forma de expresar la resistencia del suelo.

- c) Debe ser dotada de un eficaz sistema de drenaje superficial y subterráneo.

2.2.3. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico es un procedimiento mecánico o manual el cual tiene como función seleccionar las partículas, esto se hace por medio de diversos tamices normalizados que contienen aberturas de diferentes tamaños, las cuales hacen seleccionar las partículas acordes a sus dimensiones, cada material que queda retenido se expresa en porcentaje.

Este ensayo granulométrico es muy importante, ya que por medio de este se determina qué clase de suelo se utiliza y se puede clasificar mediante los sistemas conocidos como AASHTO o SUCS.

Para realizar el ensayo granulométrico se debe tener los siguientes equipos:

- Tamices normalizados con diferentes dimensiones en sus aberturas
- Horno de sacado con regulador
- Balanza
- Recipiente para colocar el material
- Escobilla pequeña para limpiar los tamices

2.2.3.1. Grava

Las gravas son denominadas un material pétreo que proviene naturalmente (ya sea de los ríos o al desgaste de los cerros) o por medio de trituración de rocas producidas por el ser humano denominadas piedra partida o piedra chancada, la grava es utilizada como un material de construcción y tiene tamaños comprendidos entre 2 y 64mm.

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones, sostiene que:

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada.

En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias. (2013, p.142).

Los depósitos de materiales de grava son pocos, pueden ser provenientes de diferentes canteras, excavaciones o provenir del aplastamiento de rocas, también pueden estar conformados por la combinación de los dos productos.

2.2.3.2. Arcilla

La arcilla es denominada como una roca sedimentaria, puede ser una partícula suelta o en todo caso formando una masa que poco a poco se va volviendo en estado solida; la forma que tiene la arcilla puede ser armónica o no armónica, casi siempre tiene partículas finas es por ello que al mezclarse con agua llega a ser plástico y consiguientemente después de haber sido secado vuelve a su forma natural.

La arcilla tiene como característica, ser un material laminar estructural, hidróscopico, la masa que posee se expande al echar agua, por medio de la humedad se vuelve un material blando.

2.2.4. Clasificación de Suelos

La clasificación que tienen los suelos es muy importante, esto se logra gracias al análisis granulométrico.

Según Rico y Del castillo sostienen que:

La granulometría ofrece un medio sencillo y evidente para clasificar suelos.

En verdad, basta dividir un suelo en sus fracciones granulométricas para tenerlo “clasificado”, si previamente se convierte en dar una denominación particular a las distintas fracciones, según queden comprendidas en una determinada gama de tamaños. (2005, p. 93).

En el desarrollo que se tuvo en la investigación se utilizó el método de SUCS y AASHTO

2.2.4.1. SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)

El sistema SUCS es frecuentemente utilizado en geología e ingeniería, las cuales ayudan a descubrir los diversos tamaños y textura que tienen las partículas del terreno natural.

Tabla 4.
Suelo y Cimentaciones

		SÍMBOLO			
		SUCS	GRAFICO	DESCRIPCIÓN	
SUELOS GRANULARES	GRAVA SUELOS GRAVOSOS S	Y	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
			GP		GRAVA MAL GRADUADA
			GM		GRAVA LIMOSA
			GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS S		SW		ARENA BIEN GRADUADA
			SP		ARENA MAL GRADUADA
			SM		ARENA LIMOSA
			SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS ARCILLAS (LL <50)	Y	ML		LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
			CL		ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
			OL		LIMO ORGANICO O ARCILLA ORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS ARCILLAS (LL >50)	Y	MH		LIMO INORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD
			CH		ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD
			OH		LIMO ORGANICO O ARCILLA ORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ORGANICOS	ALTAMENTE		PT		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS

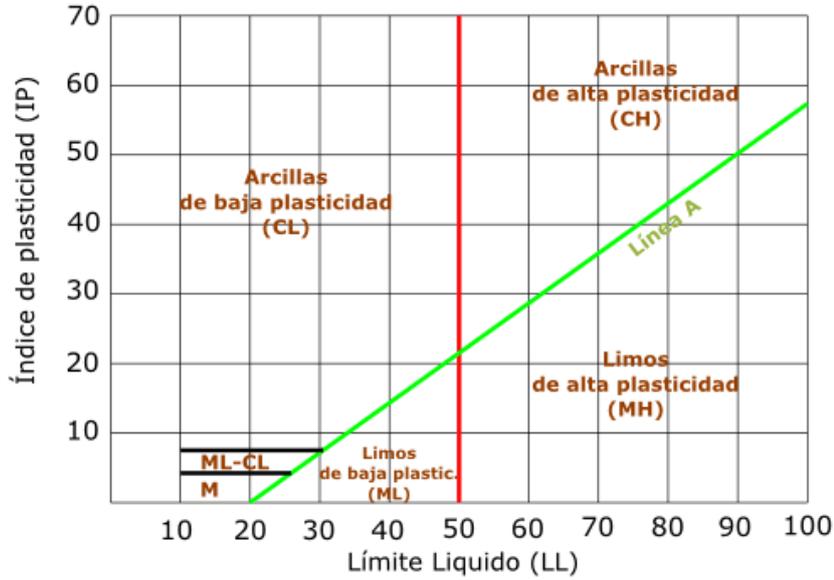


Figura 13. Gráfico Límite de SUCS

Fuente: Manual de carretera

Tabla 5.
Cuadro de SUCS

FINOS ($\geq 50\%$ pasa 0.08 mm)			
Tipo de Suelo	Símbolo	Lim. Liq. w_L	Índice de Plasticidad I_p
limos inorgánicos	ML	< 50	$< 0.73 (w_L - 20)$ ó < 4
	MH	> 50	$< 0.73 (w_L - 20)$
arcillas inorgánicas	CL	< 50	$> 0.73 (w_L - 20)$ y > 7
	CH	> 50	$> 0.73 (w_L - 20)$
limos y arcillas orgánicos	OL	< 50	** w_L seco al horno $\leq 75\%$ de w_L seco al aire
	OH	> 50	
turba	P_t	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente.	
Si $I_p \geq 0.73 (w_L - 20)$ ó si IP entre 4 y 7 e $I_p > 0.73 (w_L - 20)$, usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH			
** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente w_L seco al horno			
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej: CH-MH en vez de CL-ML.			
Si $w_L = 50$; CL-CH ó ML-MH			

Fuente: Manual de carretera

2.2.4.2. AASHTO (American Association of state Highway and transportation Officials)

Tiene la función de clasificar suelos en diferentes grupos, tomando en cuenta los resultados del análisis granulométrico y el índice de plasticidad.

Tabla 6.
Cuadro de AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos (35% o menos que pasa el tamiz # 200)							Materiales limosos y arcillosos (más de 35% pasa el tamiz # 200)			
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7 A7-6 A7-5
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamices: % que pasa el Nº 10 (2 mm) Nº 40 (0.425 mm) Nº 200 (0.075 mm)	máx. 50 máx. 30 máx. 15	— máx. 50 máx. 25	— mín. 51 máx.10	— — máx. 35	— — Máx.35	— — máx. 35	— — máx. 35	— — mín. 36	— — mín. 36	— — mín. 36	— — mín. 36
Consistencia Limite Líquido	—		—	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41
Índice de Plasticidad	máx. 6		No Plástico	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 ⁽¹⁾
Tipos de materiales característicos	Fragmentos de Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	excelente a bueno							regular a malo			

Fuente: Manual de carretera

2.2.5. Límite de consistencias físicas

También conocido como Límites de Atterberg, es un ensayo de laboratorio que se encuentra normalizado, ayuda conocer los límites de humedad que puede tener un suelo para mantenerse en un estado plástico.

Según Sanz sostiene que:

La plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, habiendo que recurrir al método descrito por el sueco Atterberg. Este método consiste en definir los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. (1975, p. 36).

Los límites de consistencias o también llamados límite de Atterberg son:

- Límite líquido (LL)
- Límite plástico (LP)

2.2.5.1. Límite Líquido (LL)

El suelo natural pasando de estado plástico a estado líquido, para poder determinar el límite líquido y para ello es importante utilizar el instrumento denominado Casagrande.

2.2.5.2. Límite Plástico (LP)

El límite plástico es el porcentaje de agua ubicada en una parte significativa de la muestra que está entre el estado plástico y sólido. El límite plástico es la humedad mínima en la que se podrá formar pequeños cilindros de aproximadamente 3mm de diámetro haciendo que el material ruede con ayuda de la mano hasta que el material se divida.

2.2.6. Resistencia en la Base Granular

La base es parte de la estructura del pavimento, normalmente se encuentra en el terreno natural y pueden ser poco resistentes o muy resistentes a las diversas cargas que se puedan suscitar en el transcurso de su vida útil; para mejorar la

resistencia de la base, se pueden utilizar un sinnúmero de aditivos, en la presente investigación se plantea mejorar la base con la aplicación de la geomalla biaxial la cual conjunto con la trabazón que tienen con los materiales pétreos hacen que aumentan la resistencia inicial de la base.

Según Cincire y Hernández (s-f), sostiene que:

Es una estructura compuesta de mezclas asfálticas diseñadas cada una para cumplir un fin específico. Con una vida útil superior a un pavimento asfáltico convencional, sin rehabilitación estructural importante (en particular las capas intermedia e inferior).

Su aplicación es especialmente apropiada para carreteras con altos volúmenes de tránsito y como un competidor directo de los pavimentos rígidos.

Los deterioros estructurales profundos, tales como el agrietamiento por fatiga de abajo hacia arriba y/o deformación permanente en las capas inferiores se consideran poco probables, o si los hay, son mínimos. Está compuesta por mezclas asfálticas, conteniendo materiales granulares que se encuentran en la subrasante, con una durabilidad superior a un pavimento asfáltico tradicional. Se aplica especialmente para carreteras de alto volumen transitorio, y les hace competencia a los pavimentos rígidos, por otra parte, es poco probable que tenga fallas como pueden ser los agrietamientos de la estructura de pavimento, y si las hay son mínimas.

Para definir la geomalla, Rondón y Reyes sostiene al respecto:

Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, subbase, afirmado y en algunos casos subrasante mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre el terreno natural o subrasante. (2015, p.10).

Estos pavimentos de larga durabilidad no tienen nada que envidiar a los pavimentos rígidos. Los vehículos pesados generan cargas con una fuerza

considerable que actúa contra el pavimento, esa fuerza se dispersa sobre la estructura del pavimento, siendo esta la que soportara todo el peso vehicular, para ello la resistencia mecánica del suelo debe poder resistir dicha carga vehicular sin que genere deformación alguna.

2.2.6.1. Relación de soporte de california

Este ensayo determina la resistencia que puede llegar a tener la subrasante, subbase o base de un terreno natural al ser compactados en el laboratorio con una determinada humedad y diferentes procesos de compactación después de haber sido sumergida la muestra a un poso de agua unas 96 horas.

Este ensayo se realiza antes de poder empezar a construir, ya sea una edificación o una carretera asfaltada o no asfaltada.

Es muy importante realizar este ensayo ya que, si no se realiza, no se podrá saber cuánto es la capacidad que soporte el suelo, sabiendo la capacidad de soporte del suelo se puede investigar o analizar un material que se le implemente para que pueda agarrar una mayor resistencia, para así poder ejecutar una construcción con un suelo sólido y resistente.

2.2.6.1.1. Expansión

La expansión es un valor expresado en porcentaje que proviene del resultado del ensayo del CBR, que permite que el material se hinche de tal forma que llegue a expandirse. Si el porcentaje obtenido de la expansión es mínima será mucho mejor porque ello significa que la capacidad que el suelo posee le ayuda a mantener sus propiedades físicas y a la vez, es poco influenciada en su volumen. Implementando la geomalla biaxial se desea obtener una mayor resistencia en el terreno natural para ello se debe reducir la expansión, ya que, al reducir la expansión del suelo, hace que este tenga una resistencia más elevada.

2.2.6.1.2. Absorción

La absorción es un valor que se obtiene en porcentaje y es proveniente del resultado del ensayo del CBR, es la proporción de agua que el material (molde) presenta luego de haber sido hundido en un pozo de agua durante 96 horas

2.2.6.1.3. CBR

Según Fernández (2015), sostiene que:

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1" o 0.2" de penetración, expresada en porciento en su respectivo valor estándar.

También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada.

El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. (p.1)

El valor del CBR será expresado en porcentajes, y se penetrará a 0.1" y 0.2" de profundidad en el material a analizar midiendo su resistencia a 95% y 100% de la máxima densidad seca, este ensayo se puede realizar para la base, subbase o subrasante.

El porcentaje de CBR variara; los porcentajes establecidos óptimos que toma el CBR están definidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - CE.010)

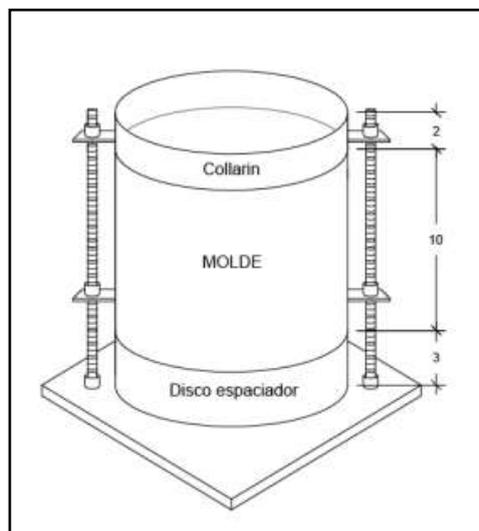


Figura 14. Molde para ensayo de CBR

Fuente: Manual de carretera

Tabla 7.
Tabla de CBR de la Estructura del Pavimento

CATEGORIA	CBR (%)	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
POBRE	$3 \leq CBR < 6$	Sub-rasante
REGULAR	$6 \leq CBR < 10$	Sub-rasante
BUENA	$10 \leq CBR < 20$	Sub-rasante
MUY BUENA	$20 \leq CBR < 30$	Sub-rasante
BUENA	$30 \leq CBR < 60$	Sub-base
MUY BUENA	$60 \leq CBR < 80$	Sub-base
MUY BUENA	$80 \leq CBR < 100$	Base

Fuente: Manual de carretera

2.2.7. Contenido de Humedad

El óptimo contenido de humedad es la cantidad de sustancia líquida que tiene un terreno permitiendo poder obtener mediante compactaciones una densidad máxima. Para poder llegar a conocer el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, se realiza un ensayo denominado Proctor modificado el cual se realiza compactando un molde cilíndrico metálico (con material) de 6" de diámetro y 6" de altura, con una fuerza de compactación de 10lb.

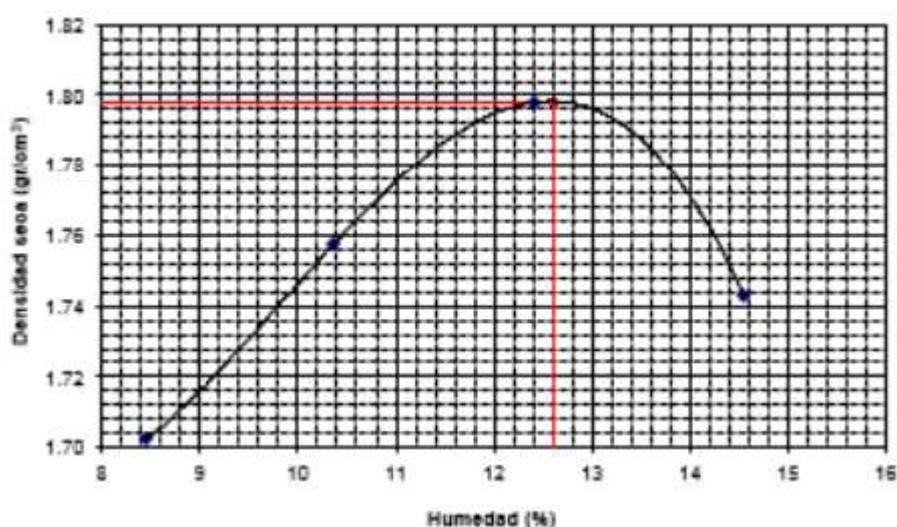


Figura 15. Óptimo contenido de humedad
 Fuente: Manual de carretera

2.2.7.1. Máxima densidad seca del suelo

La máxima densidad seca de un suelo es la relación que existe entre el volumen total de un suelo y las masas de las partículas sólidas. Según Mohedas y Moreno (2014) dan a conocer que:

Fue Proctor que durante la década de 1930 llegó a determinar la importancia que tenía el contenido de agua en la densidad lograda cuando se compactaba un suelo. Llegó a la conclusión que, para cantidades crecientes de agua, se obtenía una mayor densidad seca para un mismo tipo de suelo y una misma energía de compactación. (p.12).

2.2.7.2. Contenido de humedad del suelo

Todo suelo contiene humedad, ya que el tener humedad permite que el suelo sea moldeable y trabajable, algunos suelos tienen más humedad que otros. Para poder conocer el contenido de humedad, se tiene que realizar un ensayo en el laboratorio con la muestra del terreno natural elegido y utilizar un horno el cual se pueda controlar su temperatura.

Menéndez (2012), menciona “El contenido de humedad de suelo es un indicador de la cantidad de agua presente en el suelo. Por definición el contenido de humedad es la relación del peso del agua en una muestra con el peso del sólido (secado en el horno) en la muestra expresando como porcentaje (w).

$$W = W_w \times 100 / W_s$$

Dónde:

W = contenido de humedad del suelo (%)

W_w = peso de agua en la muestra del suelo

W_s = peso del suelo secado al horno.

2.3. Definición de Terminos Básicos

La presente terminología señalada son conceptos básicos que sirven para comprender el esquema de la tesis planteada.

Pavimentos. Se define también como la estructura horizontal construida sobre el firme de la vía, el cual tiene como función soportar las cargas o esfuerzos originados por el tránsito vehicular.

Geotextil. Es un material textil plano, permeable, polimérico (sintético o natural) que puede ser no-tejido, o tejido, y que se emplea en ingeniería civil en contacto tanto con suelos como con otros materiales para aplicaciones geotécnicas. (Pavco 2016 pag.15)

Geomalla. Son materiales geosintéticos que tienen una apariencia de mallas abiertas. La principal aplicación de las geomallas es el refuerzo de suelos. (IGS R.J. Bathurst pag.10)

Capa granular subrasante. Se ubican sobre una subbase o una subrasante, y son destinadas netamente a formar la estructura de un pavimento asfáltico del tipo concreto asfáltico. La base granular no debe extenderse sobre superficies blandas, barrosas, heladas o con nieve. Céspedes, 2013)

Biaxial. Son estructuras bidimensionales de polipropileno, químicamente inertes. Producidas mediante un proceso de extrusión garantizando alta resistencia a la tensión y un alto módulo de elasticidad. (JORDAN y SUÁREZ 2015).

Base. Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. (CARRASCO, Sergio.2005).

Subbase. Cumple una cuestión de economía ya que ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de Sub-base (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la sub rasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías. (Carrasco, 2005).

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Hipótesis de la investigación

3.1.1. Hipótesis general

HG La utilización de la geomalla biaxial mejora la base del pavimento flexible en la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -río Huaycoloro-distrito de Lurigancho provincia de Lima-2019.

3.1.2. Hipótesis específicos

HE 1 La optimización de costos si influye en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -río Huaycoloro-distrito de Lurigancho provincia de Lima-2019 si está en función del tipo de suelo.

HE 2 El tiempo de construcción si influye en el mejoramiento de la base pavimento flexible en la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -río Huaycoloro-distrito de Lurigancho provincia de Lima-2019 si está en función de la humedad.

HE 3 Las propiedades físicas del terreno si influyen en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -río Huaycoloro-distrito de Lurigancho provincia de Lima-2019 si está en función de la capacidad del tipo de suelo.

3.2. Variable de estudio

Variable Independiente 1 (x), Variable Dependiente 2 (y)

X: Malla biaxial

Y: Base del pavimento flexible

Tabla 8.
Variable Independiente y Dependiente

Variable Independiente (x)	Malla biaxial
Variable Dependiente (y)	Base del pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Definición Conceptual

3.2.1.1. Variable Independiente: Malla Biaxial

MTC Manual de carreteras (2013) son estructuras bidimensionales de polipropileno, químicamente inertes. Producidas mediante un proceso de extrusión garantizando alta resistencia a la tensión y un alto módulo de elasticidad.

Este tipo de Geomalla se compone de nudos rígidos en los cuales el material granular es confinado por trabazón de agregados, su abertura permite alta adherencia entre las diferentes capas granulares de la estructura del pavimento.

Adicionalmente, aumenta la resistencia a la tensión de las capas de base, tanto en vías no pavimentadas como en estructuras de pavimentos flexibles y rígidos, por lo tanto, son ideales para el refuerzo de suelos.

3.2.1.2. Variable Dependiente: Base del Pavimento Flexible

Es la capa inferior a la carpeta de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito.

Esta capa será de material granular drenante ($CBR \geq 80\%$), la capa de base es la capa encargada de absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos, y de repartirlos uniformemente a las capas de sub-base y subrasante. Por lo general en la capa base se emplea piedra triturada o chancada, grava.

3.2.2. Definición operacional

Tabla 9.
Definición Operacional de Variables

Variable	Definición de Variables	Indicador	Medición
Variable 1			
Malla Biaxial	Son materiales geosintéticos que consisten en juegos de costillas paralelas conectadas con aberturas de tamaño suficiente que permitan la trabazón del material con el que están en contacto (Koerner 2016).	Optimización de costos	soles (s/)
		Tiempo de construcción	Horas
Subrasante del pavimento flexible	Desde las postrimerías de la década del 50, se puso más énfasis en las propiedades fundamentales de la subrasante y se idearon ensayos para caracterizar mejor a estos suelos. Ensayos usando cargas estáticas o de baja velocidad de deformación tales como el CBR, compresión simple son reemplazados por ensayos dinámicos y de repetición de cargas tales como el ensayo del módulo resiliente, que representan mucho mejor lo que sucede bajo un pavimento en lo concerniente a tensiones y deformaciones. (MTC 2015)	Propiedades físicas del terreno	M2
		Trafico de diseño	Diseño
		Corte del suelo	M2
		Capacidad portante	M2

Fuente: Descripción del proyecto pavimento flexible.

3.3. Tipo de estudio y nivel de investigación

Investigación Aplicada. Pertenece al tipo de estudio aplicada porque se utilizará y se aplicará las mallas biaxiales en el reforzamiento de la base y como se complementan estas variables.

Mao Tse Tung (2010), nos menciona:” La investigación se asemeja a los largos meses de gestación, y la solución del problema, al día del nacimiento. Investigar un problema es resolverlo”

Nivel de Alcance. Descriptivo y explicativo ya que evalúa la relación que existe entre dos variables denominándose el comportamiento de una de ellas a causa de la otra.

Descriptivo. Según POLIT (1987) según las investigaciones tienen por finalidad obtener información acerca del estado actual de los fenómenos de interés. El investigador puede interesarse en describir dos o más variables, de manera independiente, Puede realizarse mediante “**los estudios de campo**”.

Método de Investigación

El enfoque de la presente investigación es del tipo cuantitativo, ya que se trabajó con resultados de ensayos de laboratorio, por su puesto tomando en como base la investigación de los antecedentes de la investigación, el sustento de la base teórica y de la hipótesis.

3.4. Diseño de Investigación

La presente investigación empleó el diseño experimental, debido a que se manipula la variable independiente de manera intencional, para así, luego medir su efecto en la variable dependiente.

Rojas (2000, p.134) nos menciona, que el diseño de investigación es un recurso de método científico en cuanto que permite la concreción de éste en un proceso de investigación específico. También, se le conoce como proyecto o plan de investigación y, se ajusta a los requerimientos o necesidades de la institución y del propio investigador, así como a las características que adopta el objeto de estudio.

3.5. Población y muestra de estudio

3.5.1. Población

En esta investigación la población es el distrito de Lurigancho (av. Quinta, tramo la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -río Huaycoloro-distrito de Lurigancho, provincia de Lima). Provincia y Departamento de Lima, además cuenta con las siguientes coordenadas UTM de inicio y final de los sub tramos.

Tabla 10.
Ubicación y Descripción de la vía

	Zona	Coordenada Este	Coordenada Norte
Av. Los Laureles con Ramiro Prialé	18L	290566.09	8670398.96
Av. Los Laureles con Río Huaycoloro	18L	289759.53	8671793.14
Av. Los Laureles con Av. Quinta	18L	290070.56	8673441.35
Av. Quinta con Av. Las Torres	18L	291174.98	8672362.03

Fuente: Elaboración propia

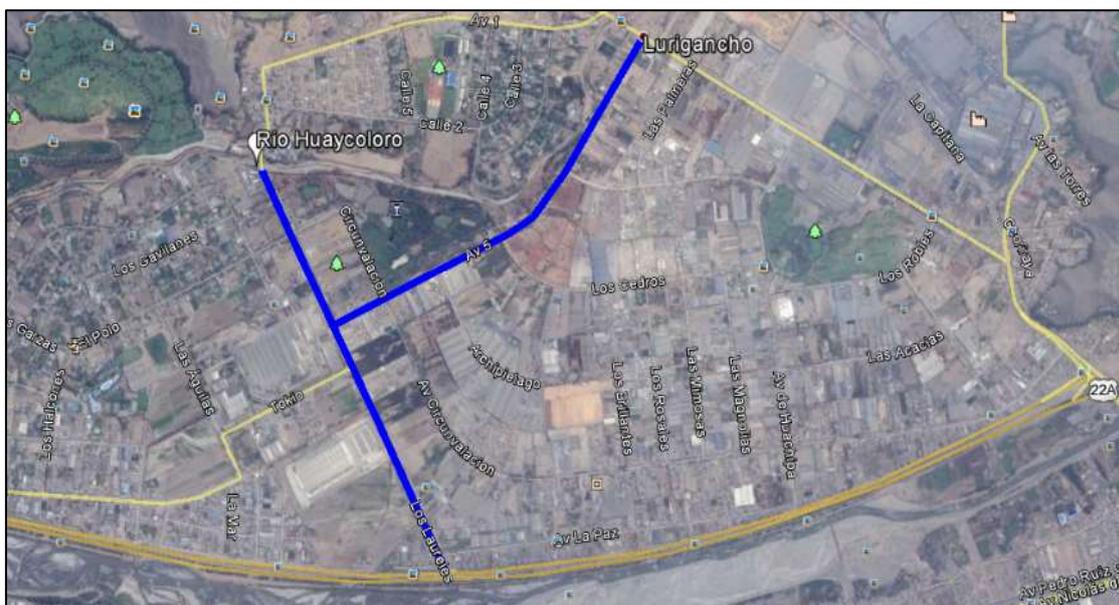


Figura 16. Ubicación de la vía
Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Muestra

La muestra serán 1 calicata cada 250 mts. por consiguiente, se realizaron 17 perforaciones a lo largo de los 2.846 km. que tiene el tramo en estudio. Estas prospecciones se realizaron en dos campañas y se colocaron a lo largo de los dos ejes que conforman este estudio y se les otorgaron progresivas para efectos de identificación, primero en el eje de la Av. Quinta se realizaron las prospecciones C-1 hasta el C-8 iniciando en la Av. Las Torres (km 0+000) y finalizando en la Av. Los Laureles (km 1+615), adicionalmente en este eje se encuentran las calicatas realizadas en la segunda campaña de exploración denominadas "Cr" y se presentan

en este eje desde el Cr-1 hasta el Cr-4. En el segundo eje se ubica a lo largo de la Av. Los Laureles y se realizaron las calicatas desde el C-9 hasta el C-17 iniciando en la Av. Ramiro Prialé (km 0+000) y finalizando en el río Huaycoloro (km 1+605), e incluye la calicata Cr-5 realizada en la segunda campaña. Por otro lado, éstas se realizaron preferentemente en las intersecciones de la vía con otras avenidas y calles.

Zorrilla y Torres (1992) señalan que:

El muestreo es una técnica que consiste en la selección de una muestra representativa de la población o del universo que ha de investigarse, el muestreo establece los pasos o procedimientos mediante los cuales es posible hacer generalizaciones sobre una población, las dos grandes ventajas del muestreo son la economía y la rapidez en la obtención de los datos. (pp. 76-77)

Según Borja Suarez (2012):

$$n = \frac{Z^2 N p q}{E^2 (N-1) + Z^2 p q}$$

Dónde:

n = Muestra óptima

N = Tamaño de la población (Km.)

p y q = parámetros estadísticos de la población (p = 50 y q = 50)

E = Nivel o margen de error admitido 5%, considerado por el investigador

Z = Nivel de confianza de 95%

3.6. Técnicas e Instrumentos de la recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Según Byelca Huamán (2003) p. 8. La observación es un acto en el que entran en una estrecha y simultánea relación el Observador (sujeto/s) y el objeto/s. Orientada a la obtención de resultados obtenidos en el ensayo de calicata

Análisis e interpretación de resultados: Las muestras se llevaron al laboratorio de mecánica de suelo, para poder obtener datos y posterior evaluación de la misma.

Plan de sistematización de resultados: Se realizó usando la técnica de muestro sistemático, establecido por la estadística.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Muestras de suelo, de acuerdo con el tipo de ensayo que se va a realizar
Balde limpio para recojo del material. Pala limpia para extracción de material.
Wincha para medir distancia de los estratos extraídos por cada calicata, bolsas plásticas para almacenar el material y sellarla de manera segura para que no pierda su humedad natural, y su próximo llevado al laboratorio.

Las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de datos en función de los objetivos y naturaleza de la investigación son las siguientes:

- A) Revisión documental:** es la consulta de documentación bibliográfica relacionada con el tema de estudio, con el propósito de adquirir conocimientos de gran importancia que ayudaran de base para el desarrollo del trabajo de investigación.
- B) Revisión literaria:** es necesario obtener información sobre los antecedentes de la investigación, es decir, aquellos estudios previos y tesis que estén relacionado con el problema planteado.

3.7. Método de Análisis de Datos

Para el análisis de datos se hace el uso del Excel para poder procesar y calcular los distintos ensayos que pudieron realizar.

Se procesaron los datos mediante tablas, cuadros y gráficos, utilizando hojas de cálculo en el programa excel (ensayos para clasificación de suelos, Proctor modificado, CBR), para luego realizar el dimensionamiento de los espesores de las capas del pavimento flexible con y sin geosintéticos con ayuda de un software

Muestras de suelo, de acuerdo con el tipo de ensayo que se va a realizar

Balde limpio para recojo del material.

Pala limpia para extracción de material.

Wincha para medir distancia de los estratos extraídos por cada calicata

Bolsas plásticas para almacenar el material y sellarla de manera segura para que no pierda su humedad natural, y su próximo llevado al laboratorio. Aspectos éticos Los aspectos realizados en la siguiente investigación se han realizado cumpliendo los estándares de calidad los resultados e han obtenido por un laboratorio para determinar el tipo del suelo a estudiar logrando resultados reales y favorables.

3.8. Aspectos éticos

Con el fin de obtener una investigación basada en el respeto, el investigador a no alterar la veracidad de los resultados, respetar la propiedad de la información intelectual y seguir con normas vigentes.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Tráfico de diseño

4.1.1.1. Cálculo del Índice medio diario (IMD)

El tráfico medio diario viene a ser el número total de vehículos que pasan durante un período dado igual o menor a un año, dividido entre el número de días del periodo. A partir de los datos obtenidos en los conteos y clasificación vehicular en campo, se procedió a analizar la consistencia de la misma.

4.1.1.2. Cálculo del tráfico medio semanal (IMDS)

El índice medio diario semanal, se obtiene a partir del volumen diario registrado en el conteo vehicular, aplicando la siguiente fórmula:

$$IMDS = \Sigma Vi/7$$

Dónde: Vi= Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo.

Tabla 11.

Cálculo de tráfico medio semanal 1

Carretera	Av.Quinta					Distrito	Lurigancho
Sentido	Ambos					Código	E-01
Días	Auto	Combi	Cuoster	Traileres		Total	Porcentaje
				2ejes	3ejes	IMDs(veh/día)	
Lunes	67	26	45	15	4	22	12.59%
Martes	65	34	43	17	6	20	12.43%
Miércoles	45	26	44	25	4	27	15.33%
Jueves	68	27	41	18	7	26	15.33%
Viernes	69	28	46	20	4	27	15.58%
Sábado	66	22	48	23	3	22	15.16%
Domingo	53	38	40	17	5	27	13.59%
TOTAL	62	40	32.5	21	6	162	
%	42%	28%	14%	12%	4%		100%
IMDs		145		27			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.
Cálculo de tráfico medio semanal 2

Carretera	Av. Los Laureles					Distrito	Lurigancho
Sentido	Ambos					Código	E-01
Días	Auto	Tráileres				Total IMDs(veh/día)	Porcentaje
		Combi	Cuoster	2 ejes	3 ejes		
Lunes	67	26	45	15	4	22	12.44%
Martes	60	34	43	15	6	23	12.23%
Miércoles	45	26	44	26	4	28	15.33%
Jueves	66	22	40	18	7	26	15.36%
Viernes	69	28	43	23	4	26	15.72%
Sábado	62	22	41	20	3	22	15.26%
Domingo	51	31	48	12	5	25	13.66%
TOTAL	55	47	31	18	9	160	
%	41%	28%	15%	11%	5%		100%
IMDs		145			27		

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3. Cálculo del índice medio anual (IMDA)

Se obtiene a partir de la multiplicación del IMDS por el factor de corrección estacional (FC). El factor de corrección estacional es un valor que tiene como finalidad eliminar las variaciones del comportamiento del tránsito a lo largo de un año. Los factores de corrección estacional se calculan tomando en cuenta una serie histórica anual completa de un año y para este estudio se ha tomado en cuenta los datos de las estaciones de peaje más próxima, como es el caso de Lurigancho del cual se tiene información completa. Se consideró un factor de corrección promedio para vehículos ligeros y pesados del año 2000-2010, proporcionados por PROVIAS NACIONAL.

F.C. veh. ligeros = 1.0146072

F.C. veh. pesados = 1.0139288

- Vehículos ligeros: $145 \times 1.0146072 = 147.12$ veh/día
- Vehículos pesados: $27 \times 1.0139288 = 27.37$ veh/día

4.1.2. Proyección de tránsito a futuro

La carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculando como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, que está determinada por el MTC. Para diversas zonas del país. En este estudio, compuesto básicamente por unidades ligeras y vehículos pesados, se ha considerado como tasa de crecimiento del tráfico ligero a la proyección de la tasa de crecimiento poblacional del periodo 2010-2015 del, y como tasa de crecimiento del tráfico pesado a la proyección de la tasa anual departamental del producto bruto interno del periodo 2007/2014. Tasa de crecimiento anual para vehículos ligeros: 0.90 % Tasa de crecimiento anual para vehículos pesados: 4.70 %

Proyección del tráfico a futuro IMD(Veh/Dia)

Tasa de crecimiento poblacional (%)= 0.9

Tasa de crecimiento PBI departamental (%)= 4.7

Periodo de diseño (años)= 10

Tabla 13.

Proyección del tráfico

Tipo de vehículos	Promedio diario		Tasa de crec	IMD
	IMD	Distrib(%)	(%)	proyectado
Auto	62	42%	0.90	71
Combi	40	28%	0.90	55
Cuoster	33	14%	0.90	34
Tráileres 2 ejes	21	12%	0.47	32
Tráileres 3 ejes	6	4%	0.47	10
TOTAL	162	100%	0.47	202

Fuente: Elaboración propia

IMDproyec=202 veh/día

Luego se procedió a calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes (EE) para el período de diseño, para su cálculo se tomó en cuenta la metodología AASHTO, que representa el deterioro que causa en la capa de rodadura un eje simple cargado con 8.16 toneladas. Para el cálculo de los factores destructivos se toma en cuenta las siguientes relaciones.

Tabla 14.
Cálculo de factores destructivos

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE EE 8.2 tn.
Eje simple de rueda simples	[P/6.6]4
Eje simple de rueda doble	[P/8.16]4
Eje tandem de rueda doble	[P/15.1]4
Eje tridem de rueda doble	[P/22.9]4

P= peso por eje en toneladas

Fuente: AASHTO 93

Tabla 15.
Cálculo de factores destructivos o carga

Tipo de vehículos	Longitud (m)	Carga por eje (tn)				Peso bruto máximo	Eje equivalente
		Eje delantero		Eje 1			
		Carga	Eje.Equiv.	Carga	Eje.Equiv.		
Camiones simples C2	12.3	7	1.2653667	11	3.302251	19	4.5676177
C3	13.2	7	1.2653667	9	2.019213	24	3.2845797

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de EE de 8.2 t. se tomó en cuenta las siguientes expresiones por tipo de vehículo pesado. El resultado final es la sumatoria de los tipos de vehículos pesados considerados.

$$N_{rep. de EE8.2T} = \Sigma [EE_{dia-carril} \times 365 \times (1+t)^{n-1}] / (t)$$

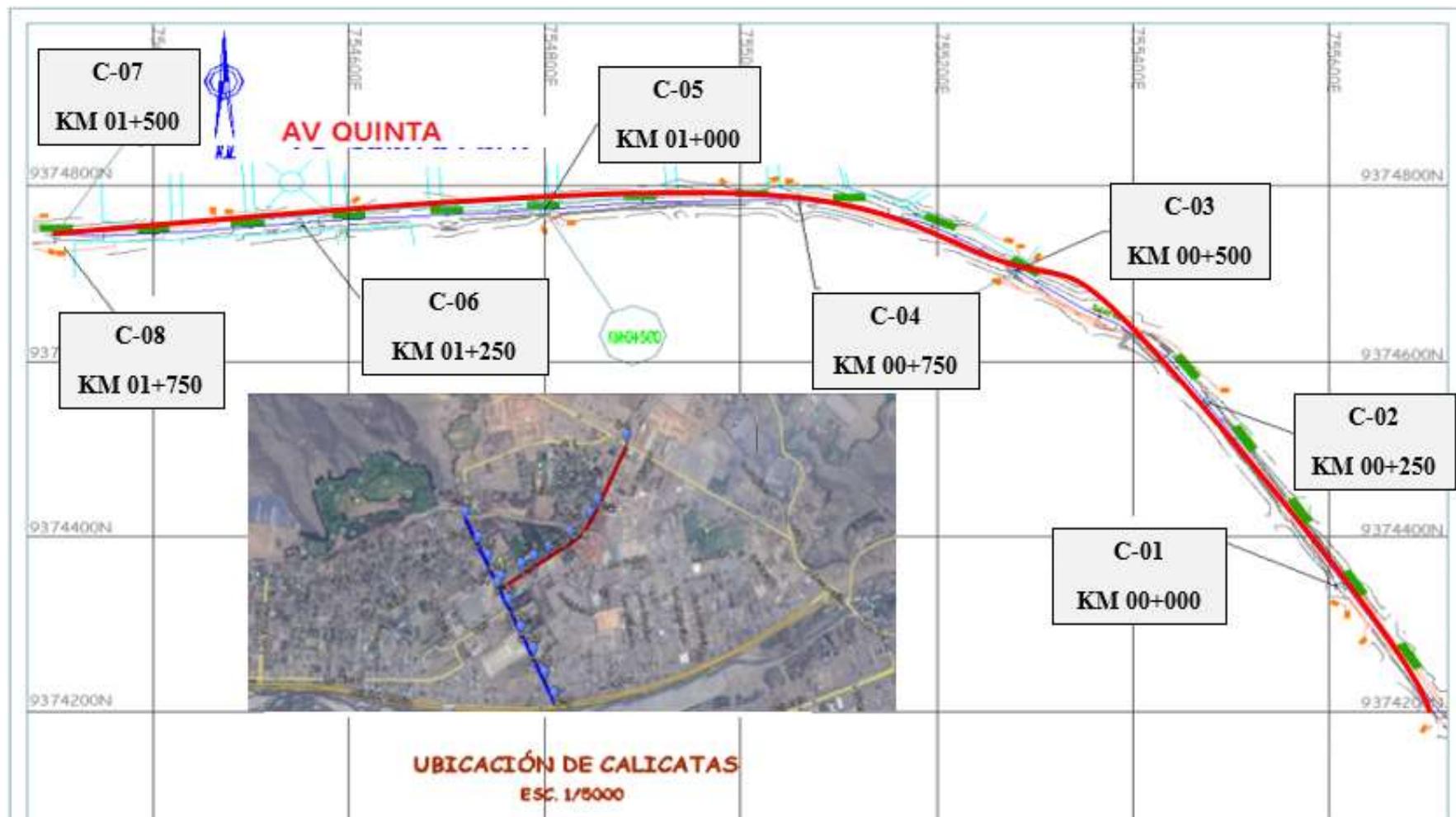


Figura 17. Gráfico de calicatas
 Fuente: Ubicación de planta de calicatas. Elaboración propia

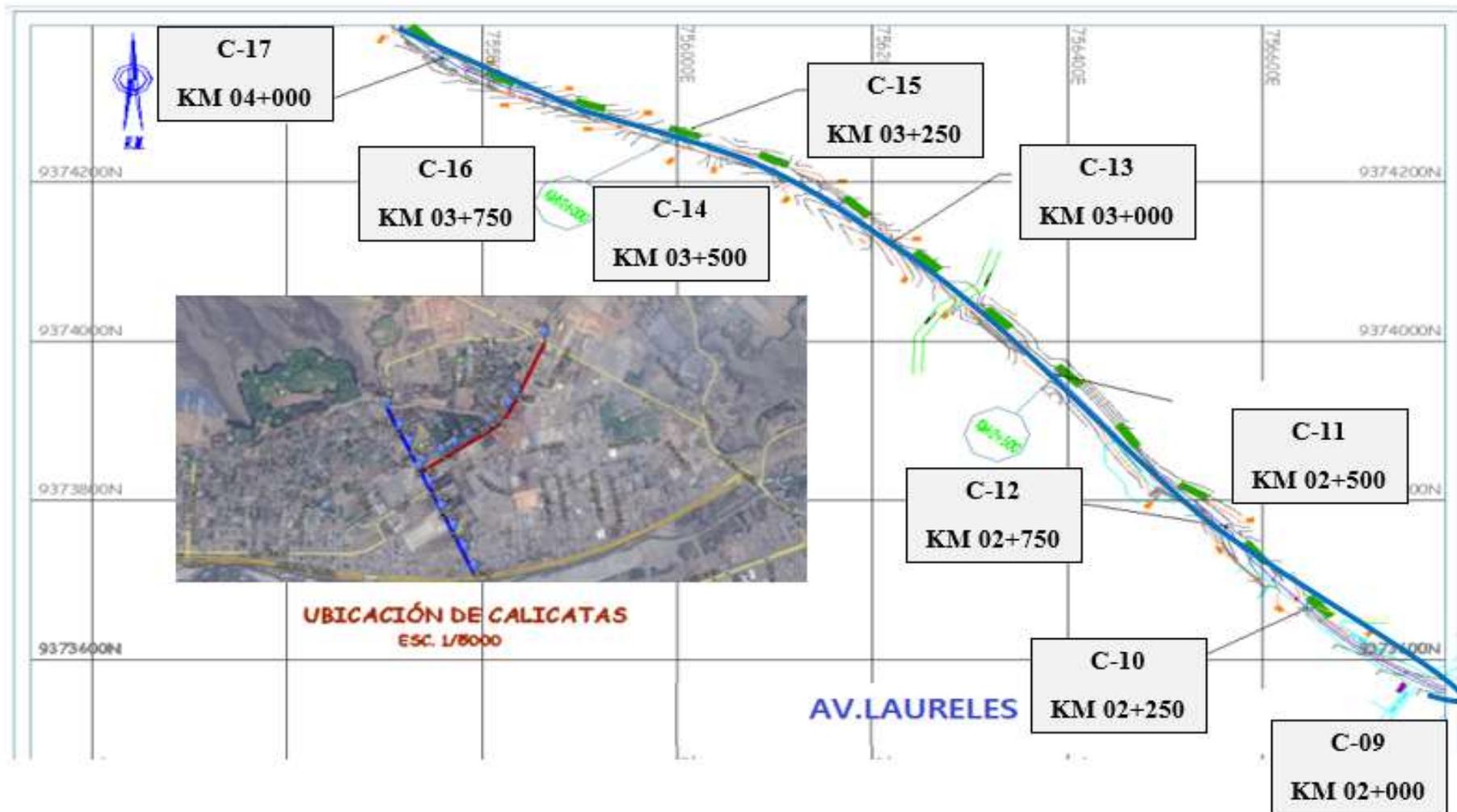


Figura 18. Gráfico de calicatas
 Fuente: Ubicación de planta de calicatas. Elaboración propia.

4.2. Ensayo para determinar las propiedades físicas del suelo de la base

La metodología seguida para la ejecución del estudio consistió básicamente en la ejecución de pozos exploratorios (calicatas) distribuidos convenientemente (Ver plano de Ubicación de Calicatas), previamente se efectuó un reconocimiento de toda la zona a evaluar.

Luego en la etapa de trabajos de campo se obtuvieron las muestras de suelos representativos de los diferentes estratos encontrados, las que fueron objeto de ensayos de laboratorio, para que finalmente con los datos obtenidos en ambas fases (campo y laboratorio), se realice el presente informe.

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales existentes en el subsuelo que soportará el pavimento a diseñar, se llevaron a cabo las prospecciones de campo mediante la ejecución de 22 pozos exploratorios o calicatas a una profundidad mínima de 1,50 m.

Estas prospecciones se realizaron en dos campañas y se colocaron a lo largo de los dos ejes que conforman este estudio y se les otorgaron progresivas para efectos de identificación, primero en el eje de la Av. Quinta se realizaron las prospecciones C-1 hasta el C-8 iniciando en la Av. Las Torres (km 0+000) y finalizando en la Av. Los Laureles (km 1+615), los Laureles y se realizaron las calicatas desde el C-9 hasta el C-17 iniciando en la Av. Ramiro Prialé (km 0+000) y finalizando en el río Huaycoloro (km 1+605), e incluye la calicata Cr-5 realizada en la segunda campaña. Por otro lado, éstas se realizaron preferentemente en las intersecciones de la vía con otras avenidas y calles.

A continuación, se muestra su distribución en el Google Earth.

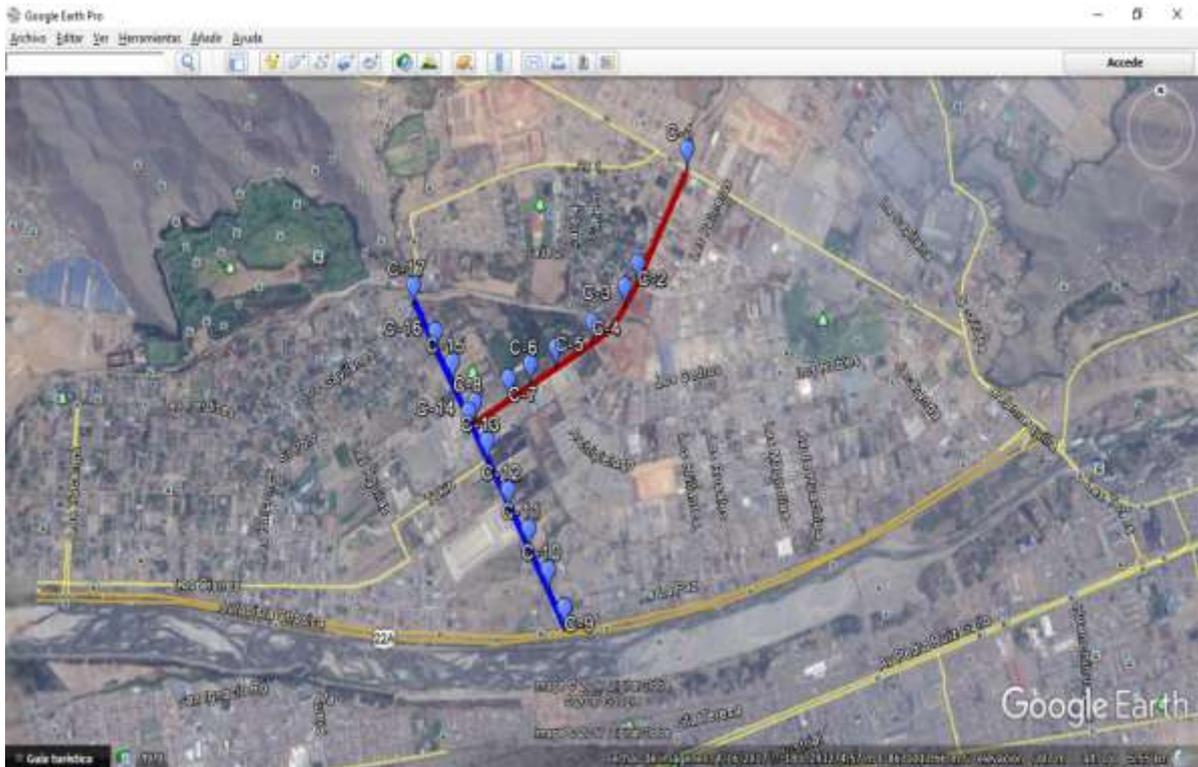


Figura 19. Ubicación de la vía y distribución
Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

Eje 1 (color rojo).- Av. Quinta Inicio Av. Las Torres, fin Av. Los Laureles

Eje 2 (color azul).- Av. Los Laureles, inicio Av. Ramiro Prialé, fin río Huaycoloro

Las calicatas se efectuaron en los puntos establecidos mostrados previamente, anotándose la ubicación y el N° de calicata, luego se procedió a hacer la descripción visual del tipo de suelo encontrado, así como la profundidad y espesor de los estratos y demás datos particulares de cada prospección ejecutada, anotándose todo en la libreta de campo.

Luego se colocaron las muestras obtenidas en bolsas de polietileno y sacos, se etiquetaron con su respectiva identificación para el traslado al laboratorio.

Cuando se hizo el estudio del material de la Base y fueron sometido a diferentes ensayos en laboratorio de Mecánica de Suelos, mostrando las características siguientes.

Tabla 16.

Características físicas del suelo de la base del pavimento flexible C1

Ensayo	Norma MTC	Ensayo de laboratorio de la base						Resultado final
		1er ensayo		2do ensayo		3ro ensayo		
Abrasión de los Ángeles Partículas chatas y aligeradas	MTC E207		29.99%		0		0	29.99%
	MTC E 211		19.26%		0		0	19.26%
		% de piedra	66.45%	% de piedra	68.22%	% de piedra	65.19%	% de piedra 66.62%
Granulometría por tamizado	MTC E204	% de finos Clasificación (AASHTO)	33.19% A-1-a (0)	% de finos Clasificación (AASHTO)	34.19% A-1-a (0)	% de finos Clasificación (AASHTO)	32.22% A-1-a (0)	% de finos Clasificación (AASHTO) 33.20%
								Clasificación (SUCS) GW-GM
Limite liquido	MTC E110		20.86%		22.44%		21.97%	22%
Limite plástico	MTC E110		16.30%		17.72%		18.86%	18%
Proctor modificado	MTC E115	Densidad máxima (gr/cm3)	2.156	Densidad máxima (gr/cm3)	2.119	Densidad máxima (gr/cm3)	2.147	Densidad máxima (gr/cm3) 1.69
		Humedad optima (%)	8.45	Humedad optima (%)	8.11	Humedad optima (%)	7.55	Humedad optima (%) 15.56
CBR	MTC E132	100% MDS	9.23%(1")	100% MDS	11.15%(1")	100% MDS	11.20%(1")	100% MDS 2.55%
		95% MDS	4.13%(2")	95% MDS	4.22%(2")	95% MDS	4.60%(2")	95% MDS 4.55%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.*Calicata 17 calicatas de la vía Av. Quinta y Av. Los Laureles*

CALICATA	MUESTRAS	PROGRESIVA (km)	COORDENADAS		PROFUNDIDAD (m)
			NORTE	ESTE	
C1	M-1	00+000	8673441.35	290070.56	1.50
C2	M-1	00+250	8673341.20	290086.09	1.50
C3	M-1	00+500	8672535.63	290096.09	1.50
C4	M-1	00+750	8672498.12	291026.09	1.50
C5	M-1	01+000	8672416.36	291099.09	1.50
C6	M-1	01+250	8672392.66	291106.09	1.50
C7	M-1	01+500	8672376.34	291126.09	1.50
C8	M-1	01+750	8672362.03	291174.98	1.50
C9	M-1	02+000	8671898.91	290566.09	1.50
C10	M-1	02+250	8671828.33	290566.09	1.50
C11	M-1	02+500	8671800.36	290566.09	1.50
C12	M-1	02+750	8671798.18	290566.09	1.50
C13	M-1	03+000	8671793.14	289759.53	1.50
C14	M-1	03+250	8671677.26	280531.03	1.50
C15	M-1	03+500	8670628.44	290516.12	1.50
C16	M-1	03+750	8670495.35	290764.07	1.50
C17	M-1	04+000	8670398.96	290566.09	1.50

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se clasificaron los suelos por el sistema AASHTO para carreteras con tránsito menor a 200 vehículos por día, se elaboró un perfil estratigráfico identificando sectores homogéneos a partir del cual se determinó los suelos que controlaron el diseño; como resultado se obtuvo cuatro sectores homogéneos, para el ensayo de CBR se tomó en cuenta el tipo de suelo más desfavorable, siendo el que determinó su diseño de las 17 calicatas que se presentan a continuación.

Tabla 18.
Cuadro de estudio de suelos clasificación y CBR

Progresiva (km)	Calicata	Calicata Nº	Profundidad de calicata (m)	Clasificación AASHTO	Índice De grupo AASHTO	Clasificación de suelos SUCS ASTM D 2487	Densidad seca (gr/cm3)	Porcentaje de compactación (%)	Proctor modificado		CBR (95-100% MDS)	Calidad general Base
									Densidad seca (gr/cm3)	Optimo contenido de humedad		
00+000	C-1	M	0.00-0.30	A-2-4	0	CL	1.42	87	1.92	9.8	15.40	Bueno
		M-1	0.30-1.50	A-2-4	0	SC	1.44	84	1.94	9.6	35	Bueno
00+250	C-2	M	0.00-0.40	A-2-4	0	CL-ML	2.03	83	1.98	11.9	30	Bueno
		M-1	0.40-1.50	A-2-4	0	SP-SM	1.84	88	1.98	11.9	35	Bueno
00+500	C-3	M	0.00-0.30	A-2-4	0	SM	1.91	-	2.08	9.7	22	Bueno
		M-1	0.30-1.50	A-2-4	0	SM	1.96	-	2.04	9.6	-	Bueno
00+750	C-4	M	0.00-0.30	A-2-4	0	SP-SM	1.88	73	1.62	13.6	35	Bueno
		M-1	0.30-1.50	A-2-4	2	SM-SC	1.45	-	1.63	13.7	25	Bueno
01+000	C-5	M	0.00-0.20	A-2-4	0	SP-SM	1.86	92	2.25	10	35	Bueno
		M-1	0.20-1.50	A-4	0	GM	2.01	-	2.24	14.50	2.20	Bajo
01+250	C-6	M	0.00-0.20	A-2-4	0	ML	1.39	73	2.14	6.30	35	Bueno
		M-1	0.20-1.50	A-2-4	0	SP-SM	1.81	88	2.21	6.18	35	Bueno
01+500	C-7	M	0.00-0.30	A-2-4	2	SC	1.42	83	2.24	6.19	22	Bueno
		M-1	0.30-1.50	A-2-4	0	ML	1.37	83	2.24	6.20	35	Bueno
01+750	C-8	M	0.00-0.20	A-2-4	0	SM	1.91	84	2.17	7	31	Bueno
		M-1	0.20-1.50	A-2-4	0	SM-SC	1.36	82	2.18	6.20	35	Bueno
02+000	C-9	M	0.00-0.40	A-2-4	0	SP-SM	1.86	71	2.24	7	29	Bueno
		M-1	0.40-1.50	A-2-4	0	SM	1.94	80	2.15	7	-	Bueno
02+250	C-10	M	0.00-0.30	A-2-4	3	GP-GM	1.95	72	2.15	11.60	6.50	Bajo
		M-1	0.30-1.50	A-2-4	0	SP-SM	1.95	80	2.24	6.80	35	Bueno
02+500	C-11	M	0.00-0.30	A-2-4	0	ML	1.58	85	2.14	7	35	Bueno
		M-1	0.30-1.50	A-2-4	0	SC	1.46	71	-	7	34	Bueno
02+750	C-12	M	0.00-0.35	A-2-4	0	SM-SC	1.48	84	-	6.80	37	Bueno
		M-1	0.35-1.50	A-2-4	0	SM	1.91	73	1.58	7	-	Bueno
03+000	C-13	M	0.00-0.30	A-2-4	7	SP-SM	1.83	88	2.20	6.80	35	Bueno
		M-1	0.30-1.50	A-4	0	ML	1.31	-	2.20	12.20	6.45	Bajo
03+250	C-14	M	0.30-1.50	A-2-4	0	SP-SM	1.88	74	-	7	35	Bueno
		M-1	0.00-0.20	A-2-4	0	SM	1.91	81	2.21	6.80	38	Bueno
03+500	C-15	M	0.20-1.50	A-2-4	0	SP-SM	1.86	94	2.21	6.80	37	Bueno
		M-1	0.00-0.40	A-2-4	8	SM-SC	1.45	80	2.22	7	-	Bueno
03+750	C-16	M	0.40-1.50	A-2-4	0	SP-SM	1.95	83	2.56	7	36	Bueno
		M-1	0.00-0.30	A-2-4	0	ML	1.56	80	-	6.80	33	Bueno
04+000	C-17	M	0.30-1.50	A-2-4	0	SM	1.93	-	2.50	11.29	2.55	Bajo
		M-1	0.00-0.30	A-2-4	0	SM-SC	1.44	96	2.17	6.80	-	Bueno

4.3. Determinación de la capa granular (base)

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó la ecuación del método NAASRA, que relaciona el valor soporte del suelo CBR y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE.

A) Primer tramo Km. 00+00 AL Km. 01+ 000.

A.1) Parámetros de diseño.

IMDA (C2E):	21 veh. /día
IMDA (C3E):	6 veh. /día
Factores de carga (C2E):	4.56617
Factores de carga (C3E):	3.284579
t: tasa de proyección del tráfico (%):	0.047 %
n: Período de diseño (Años):	10 años
Factor direccional:	0.50
Factor carril:	1.0
Factor presión llantas:	1.0

A.2. Propiedades de la subrasante

CBR (%) : 12.55 %

A.3. Cálculo del número de repeticiones de EE 8.2 tn.

EE = IMDA según tipo x Factor de carga x Factor de presión de llantas

EE_{dia-carril} = EE x Factor direccional x Factor carril

Nrep. de EE_{8.2T} = $\Sigma [EE_{\text{dia-carril}} \times 365 \times (1+t)^{n-1}] / (t) : 261731.601 = 2.6 \times 10^5$

A.4. Cálculo del espesor de la capa granular.

Espesor del afirmado = 530 mm.

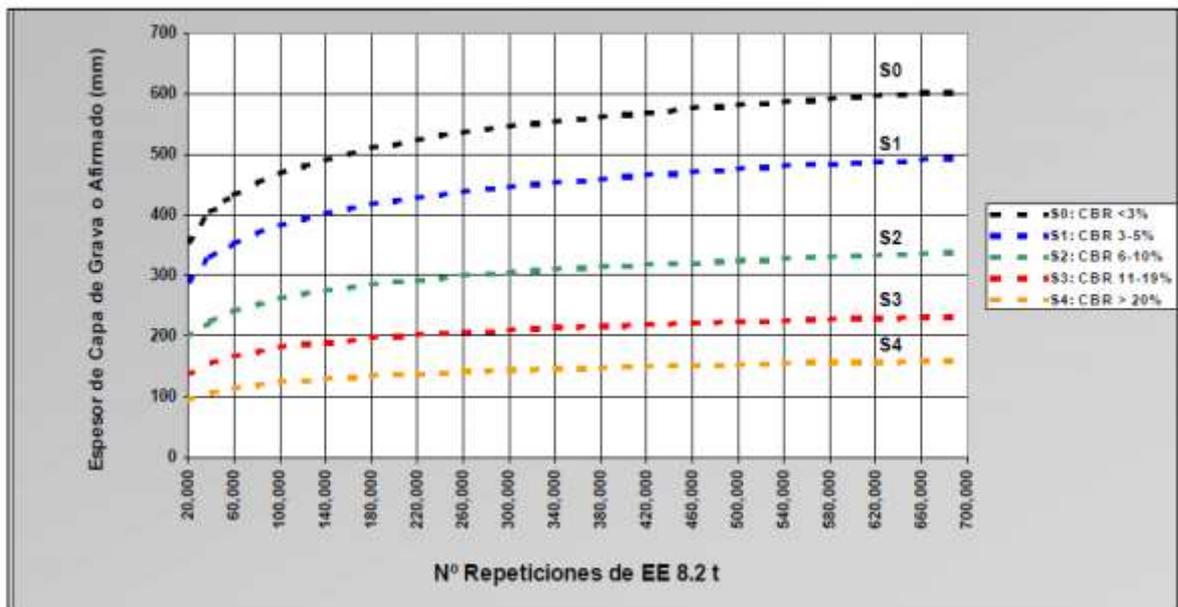


Figura 20. Diagrama del CBR

B) Segundo tramo Km. 01+000 AL Km. 02+ 250.

B.1) Parámetros de diseño.

IMDA (C2E):	21 veh. /día
IMDA (C2E):	6 veh. /día
Factores de carga (C2E):	4.56617
Factores de carga (C3E):	3.284579
t: tasa de proyección del tráfico (%):	0.047 %
n: Periodo de diseño (Años):	10 años
Factor direccional:	0.50
Factor carril:	1.0
Factor presión llantas:	1.0

B.2) Propiedades de la subrasante

CBR (%):	6.45 %
----------	--------

B.3) Cálculo del número de repeticiones de EE 8.2 tn.

EE = IMDA según tipo x Factor de carga x Factor de presión de llantas

EE_{dia-carril} = EE x Factor direccional x Factor carril

Nrep. de EE8.2T = $\Sigma[EE_{\text{dia-carril}} \times 365 \times (1+t)^{n-1}] / (t) : 261731.601 = 2.6 \times 10^5$

B.4) Cálculo del espesor de la capa granular.

Espesor del afirmado = 300 mm.

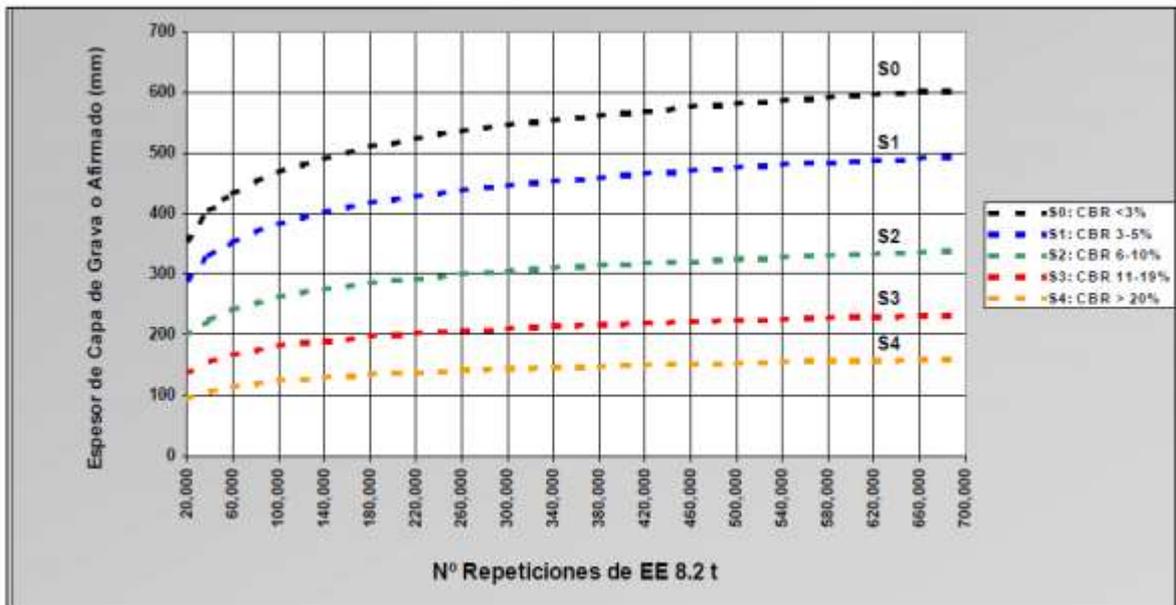


Figura 21. Diagrama del CBR

C) Tercer tramo Km. 02+250 AL Km. 03+ 000.

C.1) Parámetros de diseño.

IMDA (C2E):	21 veh. /día
IMDA (C3E):	6 veh. /día
Factores de carga (C2E):	4.56617
Factores de carga (C3E):	3.284579
t: tasa de proyección del tráfico (%):	0.047 %
n: Periodo de diseño (Años):	10 años
Factor direccional:	0.50
Factor carril:	1.0
Factor presión llantas:	1.0

C.2. Propiedades de la subrasante

CBR (%):	6.50 %
----------	--------

C.3. Cálculo del número de repeticiones de EE 8.2 tn.

EE = IMDA según tipo x Factor de carga x Factor de presión de llantas

EE_{dia-carril} = EE x Factor direccional x Factor carril

N_{rep. de EE8.2T} = $\Sigma[EE_{dia-carril} \times 365 \times (1+t)^{n-1}] / (t) : 261731.601 = 2.6 \times 10^5$

C.4) Cálculo del espesor de la capa granular.

Espesor del afirmado = 300 mm.

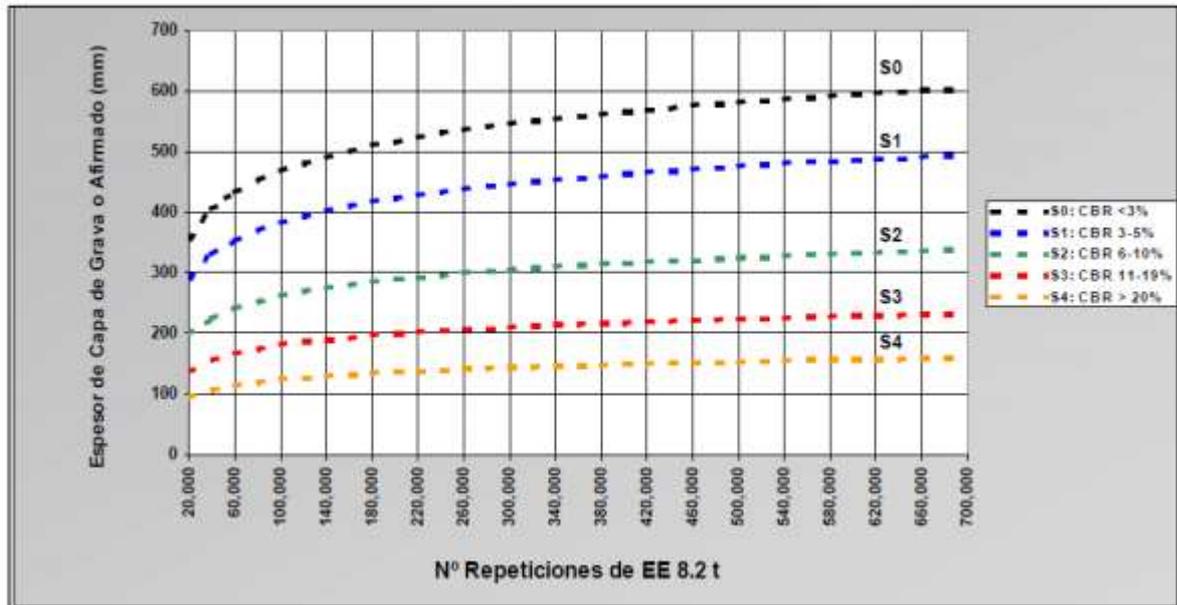


Figura 22. Diagrama del CBR

D) Cuarto tramo Km. 03+000 AL Km. 04+ 000

D.1) Parámetros de diseño.

IMDA (C2E):	21 veh. /día
IMDA (C2E):	6 veh. /día
Factores de carga (C2E):	4.56617
Factores de carga (C3E):	3.284579
t: tasa de proyección del tráfico (%):	0.047 %
n: Periodo de diseño (Años):	10 años
Factor direccional:	0.50
Factor carril:	1.0
Factor presión llantas:	1.0

D.2. Propiedades de la subrasante

CBR (%) : 2.20 %

D.3. Cálculo del número de repeticiones de EE 8.2 tn.

EE = IMDA según tipo x Factor de carga x Factor de presión de llantas

EE_{dia-carril} = EE x Factor direccional x Factor carril

N_{rep. de EE8.2T} = $\Sigma[EE_{\text{dia-carril}} \times 365 \times (1+t)^{n-1}] / (t) : 261731.601 = 2.6 \times 10^5$

D.4. Cálculo del espesor de la capa granular.

Espesor del afirmado = 530 mm.

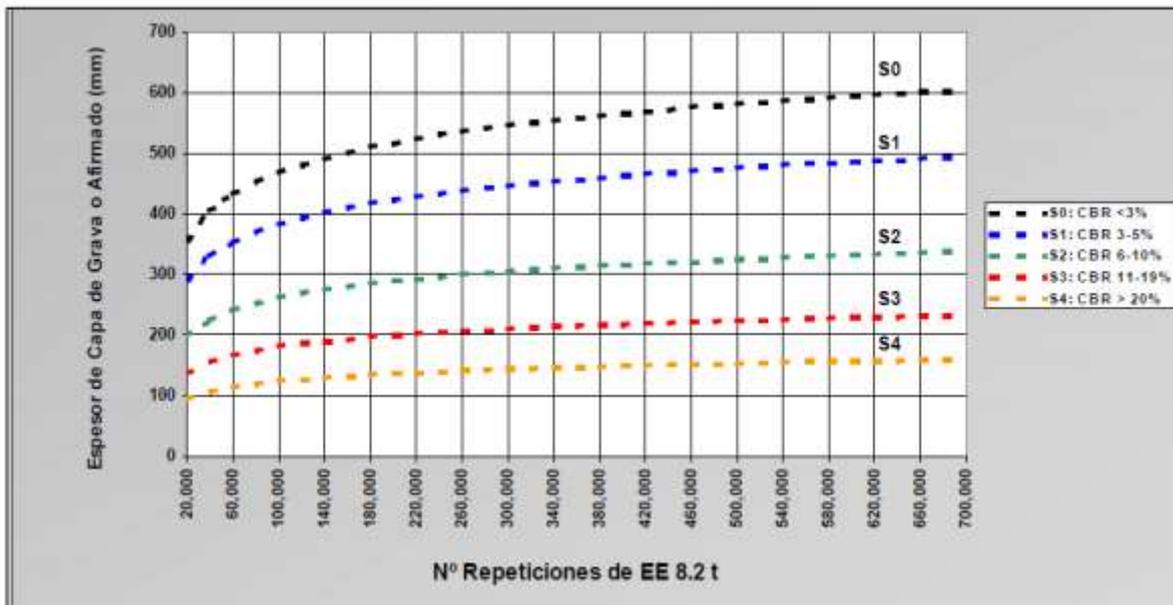


Figura 23. Diagrama del CBR

4.4. Diseño de pavimentos con geomallas biaxiales

Primero se procede a calcular el número estructural según metodología AASHTO 93 de la estructura. Utilizando la ecuación del número estructural y con los valores de coeficientes ya obtenidos, se obtiene el número estructural de la estructura original o sin refuerzo. Los espesores de cada capa deben manejarse en pulgadas. Para nuestro caso.

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

$$SN = 0.44 \times 2.00 + 0.134 \times 6.00 \times 1.00 + 0.12 \times 6.40 \times 1.10$$

$$SN = 2.53$$

Segundo, se calcula la estructura sustituyendo la base granular. Con el

número estructural inicial, se realiza una sustitución de la base granular por subbase granular, determinando espesores equivalentes obteniendo el mismo valor numérico del número estructural inicial. Este nuevo espesor se denomina. D^3

$$SN = a_1 D_1 + a_3 D^3 m_3$$

$$2.53 = 0.44 \times 2.00 + 0.12 \times D^3 \times 1.10$$

$$D^3 = \frac{2.53 - 0.44 \times 2.00}{0.12 \times 1.10}$$

$$D^3 = 12.49 \text{ pulg}$$

$$D^3 = 12.49 \text{ pulg} = 32 \text{ cm}$$

Tercero, se calcula de nuevo el espesor de la capa de subbase con refuerzo. Empleando una geomalla MacGRID EG de 40 KN/m, en este caso aportado por la geomalla biaxial para una subrasante con CBR = 10%, un valor de LCR o coeficiente de aporte de la geomalla a la capa granular de la estructura de:

$$LCR = 1.57$$

Coeficiente de relación de Maccaferri EG Geogrids: LCR vs. CBR de la Subrasante

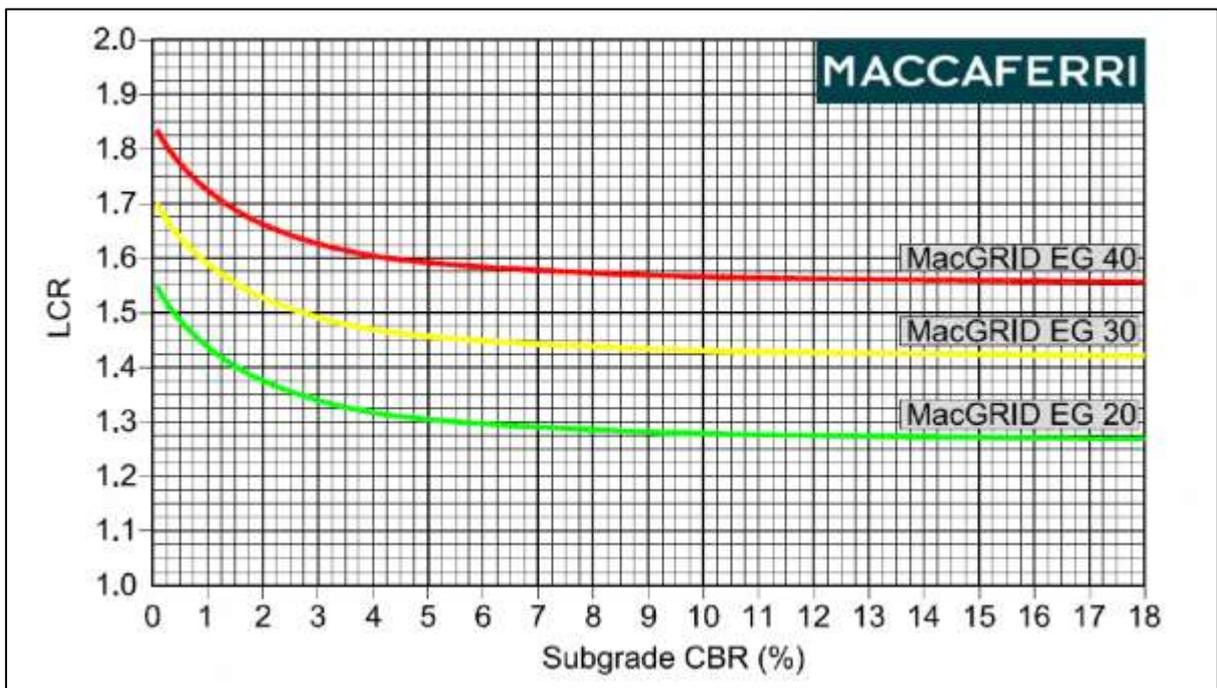


Figura 24. Gráfico de LCR

Fuente: (MACCAFERRI, REFERENCE MANUAL - MACREAD 2.0 AASHTO, 2012).

Para incluir el aporte de la geomalla dentro de la estructura de pavimento y obtener una disminución de espesor, se debe mantener constante a través de los cálculos realizados el valor inicial del número estructural.

$$\mathbf{SN_r=SN} \quad \mathbf{SN_r=2.53}$$

Cuarto, se realiza el cálculo del nuevo espesor de la capa granular con el refuerzo incluido como parte integral de la estructura según la ecuación del Número Estructural, pero utilizando el coeficiente LCR.

$$\mathbf{SN_r=a_1D_1+a_3(LCR)D_3m^3}$$

$$\mathbf{D_{3r}=SN_r- a_1D_1/ a_3(LCR)D_3m^3}$$

$$D_{3r}=2.53-0.44-2.00/0.12 \times 1.57 \times 1.10$$

$$D_{3r}=7.96 \text{ pulg} = 20.2 \text{ cm}$$

Quinto, cálculo del aporte estructural de la capa. Una vez hallado el nuevo espesor de la capa granular, por la utilización de la geomalla biaxial, se calcula el número estructural de la misma.

$$\mathbf{SN_{GR}=a_3D_{3r} \times m^3}$$

$$SN_{GR}=0.12 \times 7.96 \times 1.10 = 1.05$$

Sexto, Como la estructura seguirá manteniendo la misma conformación de materiales de base y subbase, se deben calcular los nuevos espesores de dichas capas en función del número estructural de la capa de subbase obtenido en el paso anterior y con sus coeficientes de capa respectivos.

$$\mathbf{SN_{GR}= a_2 \times D_{2r} \times m^2 + a_3 \times D_{3r} \times m^3}$$

$$1.05 = 0.134 \times D_{2r} \times 1.00 + 0.12 \times D_{3r} \times 1.10$$

Debido a que se tienen dos incógnitas y una sola ecuación, se debe realizar un proceso de iteración para obtener unos espesores de capa razonables para la estructura. Para el espesor de la base granular no se recomienda que este valor se

encuentre por debajo de los 15 cm o 6 pulgadas. Para la solución del problema, se deja constante el espesor de la base granular, que para este caso se emplea el espesor mínimo recomendado de 15 cm y se despeja de la ecuación el espesor de la subbase granular. Para nuestro caso, escogeremos un espesor de base asumido $D_{2r} = 15 \text{ cm}$ (6 pulg.).

$$SN_{GR} = a_2 \times D_{2r} \times m_2 + a_3 \times D_{3r} \times m_3$$

$$D_{2r} = 6 \text{ pulg} = 15.00 \text{ cm}$$

$$D_{3r} = 1.90 \text{ pulg} = 4.83 \text{ cm}$$

Séptimo, a continuación, se verifica el aporte estructural con los nuevos espesores de capa de material granular e inclusión de geomalla biaxial. Para que la estructura sea constructivamente viable, los espesores calculados por lo general son modificados para facilitar su proceso constructivo. Es por eso que, se debe verificar que la variación de estos no altere el desempeño de la estructura, por lo que el número estructural de las capas granulares con respecto al número del aporte estructural de la capa reforzada, debe ser en lo posible iguales.

Tabla 19.

Espesores obtenidos debido a la inclusión de la geomalla biaxial.

Capa	Espesor calculado con geomalla	Espesor a aplicar con geomalla
Carpeta Asfáltica	5	5
Capa de base	15.21	15
Capa	4.08	5

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, los datos calculados están sin redondear, esto generalmente no se aplica en obra; pero en la columna siguiente de la misma tabla se muestra los datos para el proceso constructivo en obra. Observamos que la disminución de capa subbase, el cual tiene la misma capacidad de funcional y estructural que fue diseñado sin geomalla biaxial; pero observamos que la base no disminuye. Esta capa base se mantiene debido a las recomendaciones,

experiencias de ingenieros que estudiaron el tema, mencionan que esta capa no deber ser menor de 15cm, por el mismo hecho de que cumple una función importante

4.4.1. Determinación de la resistencia al corte del suelo (C)

Lo primero que se hizo fue determinar las condiciones de diseño del terreno natural, que se determinó realizando perforaciones (calicatas) para obtener una muestra de suelo y mediante un ensayo determinar el valor del CBR en laboratorio. Luego con los resultados de resistencia del suelo del CBR, se determinó la resistencia al corte (C)

4.4.2. Determinación del tráfico en el diseño

Se debe tener en cuenta el vehículo más pesado de la composición del tránsito, ya sea que se defina como carga de una sola rueda, una carga de doble rueda, o cargas de ruedas tándem. El peso combinado del mecanismo seleccionado, se utilizó como peso del vehículo de diseño. Por ejemplo, utilizar la mitad de la carga del eje de una o dos ruedas de vehículo con un solo eje. Para vehículos de varios ejes, se usó un medio de la carga total sobre los dos ejes más cercanos y más pesados.

4.4.3. Determinación del factor de capacidad portante forzada

Tanto los factores de capacidad de soporte no reforzada y reforzada se determinaron utilizando datos empíricos de gran escala ERDC (Equipo de Carga Simulada) de secciones de prueba.

El factor de capacidad portante No reforzada (N_c) es de 2.8. El factor de capacidad con refuerzo utilizando geotextil es de 5.0. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que este factor debe ser reducido a aproximadamente 3.6 para diseños conservadores.

El factor de capacidad (N_c), cuando se utiliza un geotextil separador y geomalla de refuerzo es de 5,8. En este estudio se tomó en cuenta los factores de capacidad de carga presentados por USACE, el cual establece que para CBR con valores de $2.0 < CBR < 4.0$ se utilizará un factor de capacidad de $N_c = 5.8$.

4.5. Diseño del pavimento flexible

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

DATOS:

ESAL DE DISEÑO	5,000,000.00	<input type="checkbox"/>
CONFIABILIDAD	75%	<input type="checkbox"/>
DESVIACION	-0.674	<input type="checkbox"/>
SERV INICIAL (Po)	4.20	<input type="checkbox"/>
SERV FINAL (Pt)	2.00	<input type="checkbox"/>
DELTA PSI	2.20	<input type="checkbox"/>
So	0.45	<input type="checkbox"/>

DATOS DE SUELO

CBR BASE (%)	80	<input type="checkbox"/>
CBR SUBBASE (%)	30	<input type="checkbox"/>
CBR SUBRASANTE (%)	5	<input type="checkbox"/>
ESTABILIO MARSHALL (N)	9000	<input type="checkbox"/>
F'c (Mpa)	4.2	<input type="checkbox"/>

Modulo Resiliente (Psi)



$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_p + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

$\log_{10}(W_{18})$

 =

NUMERO ESTRUCTURAL (ITERAR)

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.43	1	4.00	1.730	10.00	4.324
Base Granular	0.13	1	8.00	1.040	22.00	2.861
Sub Base Granular	0.11	1	10.00	1.107	25.00	2.767

SN (Calculado) 3.877

SN (Requerido) 3.898

AUMENTAR ESPESORES

9.953

9.900

OK

Figura 25. Diseño del pavimento según Aashto

Tabla 20.
Clasificación AASHTO93

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado (R)					
	Urbano			Rural		
Autopista y carreteras interestatales, y otras vías	85	-	99.9	80	-	99.9
Arterias principales	80	-	99	75	-	95
Colectoras	80	-	95	75	-	95
Locales	50	-	80	50	-	80

Confiabilidad: 75.00%

Generalmente ante los incrementos de los volúmenes de tráfico, de las dificultades para diversificar el tráfico y de las expectativas de disponibilidad de público, debe minimizarse el riesgo de que los pavimentos no se comporten adecuadamente. Este objetivo se alcanza seleccionando niveles de confiabilidad de más alta.

Tabla 21.
Confiabilidad y desviación estándar

Confiabilidad (R%)	Desviación normal estándar (Z _R)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Tabla 22.

Criterio para la selección de la desviación estándar total (SO)

0.30	-	0.40	Pavimentos rígidos
0.40	-	0.50	Pavimentos flexibles

So

Para el diseño es necesario seleccionar un índices de serviciabilidad inicial y terminal.
El índice de Serviciabilidad terminal o final de diseño deberá ser tal que culminado el periodo de vida proyectado, la vía (superficie de rodadura) ofrezca una adecuada serviciabilidad

- Índice de serviciabilidad inicial (pi)

4.2 pavimentos flexible Pi

4.5 pavimentos rígidos

- Índice de serviciabilidad final (pt)

2.5 ó 3.0 carretras principales Pt

2 carreteras con clasificación menor

1.5 carreteras relativamente menores , donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos

Figura 26. Valor índice serviciabilidad (PSI)

Tabla 23.

Coficiente estructural

Coficiente Estructural Capa Asfáltica			Coficiente Estructural Bases Tratadas con Asfalto			Coficiente Estructural Capa Base Granular Triturada		Coficiente Estructural Capa Sub Base Granular	
Estabilidad Marshall (N)	Estabilidad Marshall (Kg)	Coficiente Estructural (a1)	Estabilidad Marshall (N)	Estabilidad Marshall (Kg)	Coficiente Estructural (a2)	Valor CBR	Coficiente Estructural (a3)	Valor CBR	Coficiente Estructural (a4)
5000	510	0.33	1000	102	0.12	40	0.11	10	0.08
6000	612	0.36	2000	204	0.17	50	0.12	20	0.09
7000	714	0.39	3000	306	0.20	60	0.12	30	0.11
8000	816	0.41	4000	408	0.22	70	0.13	40	0.12
9000	918	0.43	5000	510	0.25	80	0.13	50	0.12
10000	1020	0.45	6000	612	0.27	90	0.14	60	0.13
			7000	714	0.29	100	0.14		
			8000	816	0.31				
612	0.36		500	0.22		90	0.14	45	0.12
3500	0.45		500	0.22		90	0.14	45	0.12
% de Deterioro de la Vía	10								
Coef. De Reducción sup. De Rodadura	0.324		Coef. De Reducción Base Asf. Estab.	0.198		Coef. De Reducción Base Gran. Trit.	0.126	Coef. De Reducción Sub Base Granular	0.108
Coef. De Reducción sup. De Rod. Propuesta	0.405		Coef. De Reducción Base Asf. Estab. Propuesta	0.198		Coef. De Reducción Base Gran. Trit. Propuesta	0.126	Coef. De Reducción Sub Base Granular Propuesta	0.108

4.6. Evaluación económica

La evaluación económica se realizó teniendo en cuenta, por un lado, los insumos involucrados en las alternativas planteadas y por otro, el costo total de la construcción de los tramos (reforzados y no reforzados).

Para hacer la primera evaluación consideramos como insumos el material granular necesario para conformar el espesor requerido en cada tramo de diseño y el material de refuerzo a colocar. Se consideró un ancho de 6 metros. Además, se tomó en cuenta no solo el costo de los insumos sino el de su colocación. Para esto consideré los costos unitarios de las partidas involucradas: Extendido, riego y compactación de la capa de afirmado y suministro e instalación de geomalla biaxial, con los cuales se calculó los costos totales por tramo.

Estos ensayos son los más necesarios para poder encontrar las características y clasificación de suelos de la base del pavimento flexible, como se observa, solo se hace el ensayo para la subbase mas no para base; porque esta capa teóricamente no debe ser menor de 10 a 30cm (el diseño de pavimento a estudiar tiene el espesor mencionado) debido a su función estructural.

En la tabla se puede apreciar el resumen de los espesores de la capa de afirmado obtenidos para ambas alternativas, cabe señalar que para el diseño con geomalla, los resultados que no fueron de valor entero, se aproximaron al siguiente valor entero.

Tabla 24.
Tramo del diseño con refuerzo

Tramo de estudio	Diseño	Diseño con refuerzo de	Diferencia de espesores (cm)
	convencional	geomalla	
	Espesor del afirmado en (cm)	Espesor del afirmado en (cm)	
Km. 00+00 al Km. 01+ 000	53.00	12"(30.23)	22.53
Km. 00+00 al Km. 01+ 000	30.00	10"(26.45)	4.70
Km. 00+00 al Km. 01+ 000	30.00	10"(27.30)	4.70
Km. 00+00 al Km. 01+ 000	53.00	15"(30.28)	14.90

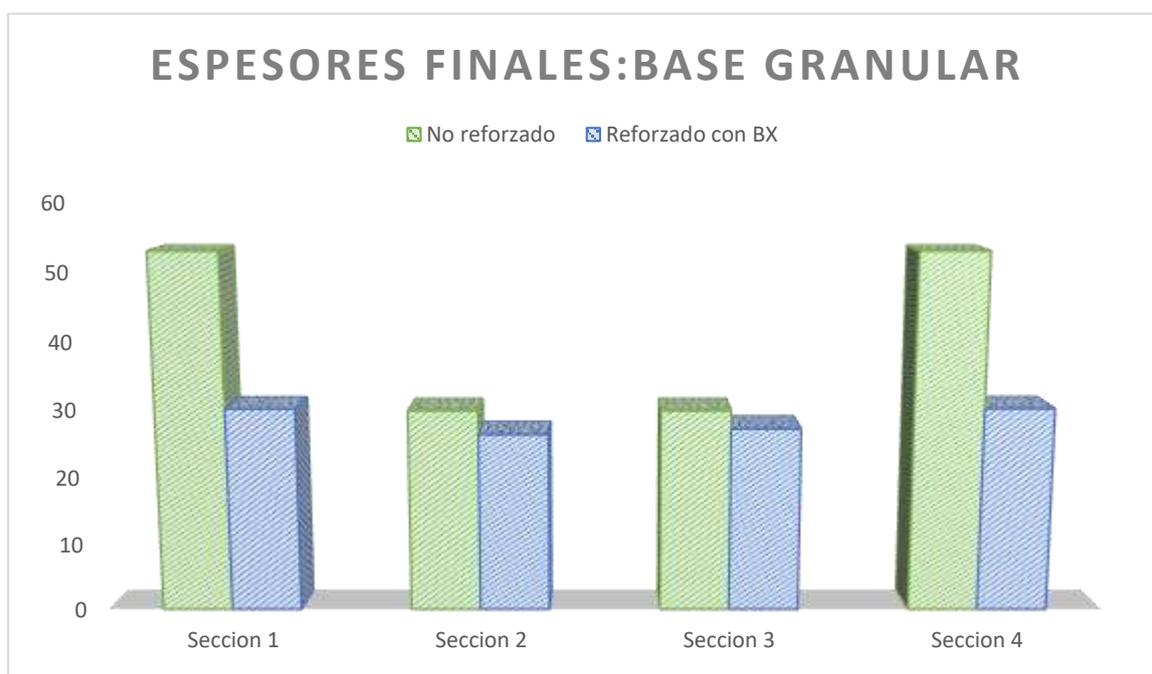


Figura 27. Espesores finales: base granular

Los resultados obtenidos en esta investigación, muestran que efectivamente hay una reducción del espesor de la capa granular aplicando el refuerzo

Según Velasquez Lujerio E.P. (2009), en su investigación sobre el uso de las geomallas como refuerzo de bases, sub-bases y subrasantes, concluye que la geomalla contribuye al mejoramiento de la sección estructural de los caminos y su colocación generalmente posibilita la utilización de suelos naturalmente malos para conformar la subrasante del camino. Con respecto a lo mencionado por el autor anteriormente se puede verificar que el resultado de esta investigación nos muestra

que efectivamente el uso de la geomalla biaxial, actúa de manera positiva en la estructura del pavimento permitiéndose trabajar en suelos de CBR muy bajos.

4.7. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas comprenden los requisitos, condiciones y normas técnicas que deben cumplir los contratistas durante la ejecución de las obras, y al mismo tiempo permitir a los supervisores controlar la calidad y correcta ejecución de las mismas.

La especificación deberá estar basada en las propiedades específicas requeridas para diseño e instalación. En las especificaciones se detallan valores de las propiedades que deben poseer los geosintéticos en aplicaciones particulares, por lo tanto, previo a la aceptación del material y para comprobar que este cumple con la especificación deberán realizarse los siguientes ensayos (para ver a detalle ver **Anexo 5**)

- Relación peso/área. ASTM D - 5261- 92
- Espesor nominal. ASTM D - 5199-92.
- Resistencia a la tensión y al alargamiento. ASTM D - 4632-91.
- Resistencia al desgarre trapezoidal. ASTM D - 4533-91.
- Tamaño de abertura aparente. ASTM D - 4751-95.
- Resistencia al punzonamiento. ASTM D - 4833-96.
- Resistencia al estallido. ASTM - 3786-87.
- Determinación del coeficiente de permeabilidad. ASTM D - 4491-96.

4.7.1. Requerimientos Generales

Incluye los tipos de geotextiles, materiales poliméricos aceptables, y comentarios relacionados a la estabilidad del material. Fabricantes de geosintéticos y representantes son buenas fuentes de información sobre estas características. Otros elementos que podrían especificarse en esta sección son instrucciones tanto de almacenamiento y manejo del producto para protegerlo de los rayos ultravioleta, polvo, fango o cualquier otro elemento que pueda afectar el desempeño /funcionamiento.

4.7.2. Propiedades físicas, índices y de desempeño/funcionamiento específicas de los geosintéticos

Deberá estar listado como es requerido por el diseño. Las propiedades deberán ser dadas en los términos de mínimos o máximos, VMPR (Valor Mínimo Promedio por Rollo) con el método requerido de ensayo.

El valor promedio es simplemente el más pequeño (o más grande) valor promedio anticipado que debería ser obtenido por cualquier rollo ensayado. Este valor promedio de las propiedades deberá exceder el mínimo (o ser más pequeño que el máximo) valor especificado para aquella propiedad particular basada en la prueba. Ordinariamente es posible obtener una certificación de VMPR del fabricante. Si los ensayos de desempeño han sido conducidos por parte del diseñador, un listado de productos aprobados puede ser entregado.

Las listas aprobadas pueden ser elaboradas basadas en la experiencia con condiciones de aplicación recurrente. Una vez aprobada la lista será establecida, nuevos geosintéticos pueden ser añadidos si éstos han sido aprobados. Muestras del fabricante deben ser periódicamente obtenidas y deben ser examinados de la misma forma que los especímenes originales para verificar si el proceso de fabricación ha cambiado desde que el producto fue aprobado.

4.7.3. Requerimientos de costuras y traslapes

La fuerza especificada en las costuras deberá ser igual a la fuerza requerida del geosintético, perpendicular a la dirección de la costura usando el mismo procedimiento de ensayo.

Para diseños donde ensayos de gran ancho son usados (por ejemplo, refuerzo de terraplenes en suelos blandos), la fuerza requerida en la costura es un valor de diseño calculado. Por lo tanto, la fuerza en la costura no será especificada como un porcentaje de la fuerza del geosintético.

Las geomallas, georedes y geoceldas pueden ser conectadas por sujetadores (grapas) mecánicos, aunque la conexión pueda ser estructural o una ayuda de construcción (cuando la fuerza en la dirección perpendicular a lo largo de la costura no es requerida por el diseño). Las geomembranas son térmicamente

unidas y especificadas en términos de la fuerza de la costura.

4.7.4. Procedimientos de colocación

Deberán darse en detalle con la especificación y los planos de construcción. Estos procedimientos deberán incluir pendientes y requerimientos de limpieza del terreno, especificaciones de agregados, espesor de capas de agregados y requerimientos de equipo. 135 Bach. Anselmo Nuñez Condori Detalles de procedimientos de colocación son presentados en cada ejemplo de aplicación.

4.7.5. Procedimientos de reparación

Deberán ser detallados los procedimientos de reparación para secciones dañadas de geosintéticos. Tales reparaciones deberán incluir traslapes, costuras cosidas, costuras fundidas o reemplazos. Para reparaciones por traslape, el geosintético deberá extenderse la longitud mínima de traslape requerida de todos los bordes de la rotura (así por ejemplo si se requiere un traslape mínimo de 0.30 m, el parche deberá extenderse al menos 0.30 m de todos los bordes de la rotura).

4.7.6. Criterios de aceptación y rechazo

Los criterios de aceptación y rechazo para materiales geosintéticos deberán ser colocados en la especificación de manera clara y concisa. Es de gran importancia que todas las instalaciones sean observadas por un representante del diseñador quien es conoedor y consciente de los procedimientos de colocación y requerimientos de diseño. Los requerimientos de muestreos y ensayos solicitados durante la construcción también deberán ser especificados.

4.8. Especificaciones de Construcción

Refuerzo de estructuras de pavimento con geomallas

4.8.1. Materiales

Las propiedades requeridas de la geomalla para refuerzo deben estar en función de la gradación del material granular, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante y de las cargas impuestas durante la ejecución de los trabajos, permitiendo en todo momento el libre paso del agua. Esta especificación no es

apropiada para el refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o de estabilidad.

a) Geomalla biaxial coextruída:

Se utilizaron Geomallas biaxiales de Polipropileno del tipo coextruído, las cuales presentaron como mínimo las siguientes propiedades mecánicas y físicas.

b) Geotextil no tejido a nivel de subrasante:

Cuando la geomalla biaxial de refuerzo se instala a nivel de subrasante es necesario complementarla con un geotextil no tejido, el cual cumple la función de separación a este nivel, para evitar la contaminación de las capas granulares con el suelo de subrasante.

c) Material granular:

El material granular debe cumplir con las especificaciones y características para subbase granular y base granular en el caso de que esté proyectando la conformación de estructura para vía, o con características de material seleccionado para la conformación de terraplenes.

d) Subrasante:

Para considerar que la función de refuerzo se dé por parte de la geomalla biaxial, el suelo de subrasante deberá presentar un CBR menor o igual a 10% (CBR \leq 10%) y estar en condición de no saturación.

4.8.2. Equipo

Se dispone de los equipos necesarios para colocar la geomalla y el geotextil correctamente y el requerido para explotar, triturar, procesar, cargar, transportar, colocar y compactar el material granular.

4.8.3. Procedimiento Constructivo

Las geomallas extruidas deben ser provistas en rollos embalados en bolsas de polietileno. Dicho embalaje no deberá ser removido hasta el momento de la instalación. Los rollos de geomalla deberán ser almacenados en ambientes cubiertos, limpios y secos, en pilas no superiores a 3.0 metros de altura, y encima

de ellos no debe ser colocada ninguna sobrecarga. Debido a su peso, los rollos podrán necesitar de izaje mecánico para su traslado; en este caso se debe realizar el movimiento con sumo cuidado, previniendo daños en el material.

Las geomallas extruidas deben ser instaladas de acuerdo con las especificaciones del proyecto y los planos respectivos, en los cuales se debe señalar el sentido de la instalación. La geomalla debe ser desenrollada por partes y en la dirección de instalación como se indica en los planos.

La parte libre de la geomalla debe ser fijada por estacas o pesos en la posición exacta prevista en el diseño. Se desenrolla entonces, cuidadosamente la parte restante asegurándose que no se formen ondulaciones (no se debe lanzar el relleno sobre la geomalla con ondulaciones). Cuando el material esté totalmente desenrollado, el final del rollo debe ser estirado y fijado por estacas o pesos. Las geomallas adyacentes necesitan de traslapes laterales. El traslape debe de ser como mínimo de 60cm.

Se debe evitar en todo momento el contacto directo de los equipos mecánicos con las geomallas, con el fin de mantener un mínimo de 15cm de cobertura entre los neumáticos o las orugas y las geomallas (MACCAFERRI, MANUAL TÉCNICO - REFUERZO DE SUELO, 2014).



Figura 28. Forma correcta de construcción

Fuente: (MACCAFERRI, MANUAL TECNICO - REFUERZO DE SUELO, 2014)

Verificar que las propiedades del relleno satisfagan las especificaciones del

proyecto y el drenaje sea adecuado en todas las etapas de la construcción.

No trate de remover los hundimientos de los surcos de las ruedas, al contrario, rellénelos con más material y compacte para regularizar la superficie antes de aplicar las capas asfálticas. Tal comportamiento mantendrá el estado de pretensado del refuerzo (vea figura).

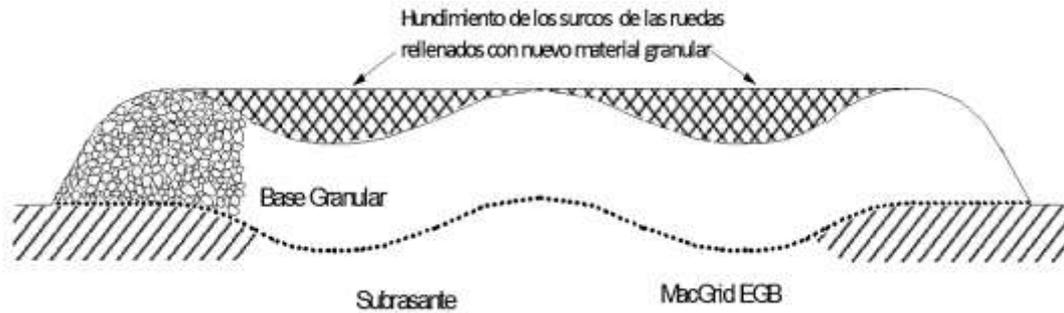


Figura 29. Comportamiento del refuerzo de geomalla

Fuente: (MACCAFERRI, MANUAL TECNICO - REFUERZO DE SUELO, 2014)

4.8.4. Medidas

La geomalla debe ser medida en metros cuadrados (m²) contabilizados de las secciones indicadas en los planos y/o de las indicadas por escrito por la Supervisión.

V. DISCUSIÓN

5.1. Análisis de discusión de resultados

En el trabajo de investigación se ha planteado como mejorar el problema existente en la vía. Concluimos que la variable independiente Geomalla biaxial y la variable dependiente es el mejoramiento de la base del pavimento. Finalmente, se observa que hay una marcada relación, lo cual concluye en mejorar la durabilidad de la vía y tiene como finalidad una larga vida.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Hotlz R., Christopher B., Berg R. 1995, Geosynthetic Engineering, BiTech Publishers. [3] Koerner, R.M., Designing With Geosynthetics. Prentice Hall, 2005, El material granular para subbases y afirmados se debe compactar hasta lograr un peso unitario mínimo del 95% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor. Para el caso de base granular, el peso unitario debe ser como mínimo el 98% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Teniendo en cuenta que se debe hacer una máxima reducción de espesores de capas de pavimentos sobre un terreno de subrasante de CBR del 10%. La teoría estudiada sobre los geosintéticos (clasificación y aplicación) hace que optemos por el uso de la geomalla biaxial MacGrid EGB 40 (material de polipropileno), puesto que este geosintético tiene propiedades físicomecánicas ideales para mejorar la función estructural de la subbase (trabajan en dos direcciones). Así lo demuestra los ensayos de CBR, a una altura de 2.5cm un CBR promedio = 71.47% y una altura de 10cm un CBR promedio = 114.87%, logrando así una capa de subbase de mejor calidad y funcionalidad estructuralmente.
- 2) La capa base granular no se reduce en lo absoluto ($e = 15\text{cm}$) debido a su función estructural, es decir el no intervienen, no genera variación alguna la optimización (en costo y tiempo). Pero en la capa subbase granular, se realizaron los cálculos con aplicación de geomalla biaxial MacGrid EGB 40, y por ello existe una reducción de espesor de 20cm a 5cm (ahorrando un 75% en material granular de subbase) lo que conlleva a la optimización de costo en 22.15% (ahorro de 672,245.93 soles) respecto al costo inicial y respecto al tiempo de aplicación, en la subbase el tiempo de aplicación es 30 días, lo que genera un tiempo de transporte material de subbase $D \leq 1\text{KM}$ (m3k) igual a 22 días y tiempo de transporte $D > 1\text{KM}$ (m3k) igual a 20 días, generando una optimización de tiempo (5.5% = 30 días) respecto a la programación en obra. Bach. Anselmo Nuñez Condori 176.
- 3) La evaluación es positiva, pues lo que causa el uso de las geomallas en la construcción del pavimento (base) nos muestra un menor impacto ambiental, es decir, menor explotación de canteras (ahorro 75.7%), es decir un ahorro de 57,656.68 m³ de material subbase, equivalente a un ahorro de 34,594.00 soles y menor consumo de agua para la conformación de la subbase granular (ahorro de 75.7 %, equivalente a la conformación de la capa subbase), así mismo, genera el uso de mano no calificada (trabajando el personal propio de la zona). Respecto a la evaluación a lo largo del tiempo,

se hace a través de experiencias de ingenieros, mencionando que las geomallas pueden durar más de 30 años en vías (una vía se diseña generalmente para 20 años), otro ingeniero menciona que se puede ahorrar a lo largo del tiempo en mantenimiento un 37% de costo.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Al utilizar geomallas biaxiales en pavimentos, se debe hacer un estudio adecuado en el diseño estructural, ya que debemos tener en cuenta que no debemos reducir la base granular en menos de 15cm, debido a la funcionalidad de esta capa. Es muy importante tomar la decisión que capas se reducirán.
- 2) Tenemos que tener muy en cuenta el estudio del drenaje para los pavimentos que están en constante contacto con el agua, ya que si está en contacto por mucho tiempo, es una incidencia a fallar el pavimento.
- 3) Nuestro país aún no cuenta con una normativa en geomallas, pues existen estudios sobre el tema, que no es necesariamente factible para la zona, entonces se recomienda que el tema siga en estudio con otro tipo de suelos.
- 4) Realizar más estudios para poder reducir pavimentos con otros tipos de geosintéticos, puesto que estos materiales son de muy buena utilidad para poder reducir el impacto ambiental (explotación de canteras), ya que además estos materiales son económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACADEMIA de investigación. Manual para la elaboración de tesis y trabajos de investigación. Puebla: s.n., 2009. 47 pp.
- ACOSTA y MACÍAS. Estudio sobre materiales granulares de la cantera Río de Oro utilizados como Base para pavimentos Flexibles-Bucaramax. Tesis (Ingeniero civil). 2006.
- CARRASCO, Sergio Metodología de la investigación científica [en línea]. Lima: San Marcos, 2005. ISBN: 9972342425.
- CIDELSA. Cidelsa Geomallas. [En línea]. Lima: 2015. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2017.] Disponible en <http://www.cidelsa.com>.
- DEPARTAMENTO de Administración y Evaluación de Pavimentos. Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación. República Dominicana Dirección General de Reglamentos y Sistemas, 2016.
- GAVILANES, Nydia. Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintético aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua- La Maná. Disertación (Ingeniero Civil). Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2012.
- GEOSISTEMAS Pavco. Manual de diseño con geosintéticos. Mexico : Zetta Comunicadores S.A., 2012. 127 pp.
- JORDAN y SUÁREZ. Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado en las vías de acceso a la ciudadela La Milina del Cantón Salinas. Tesis (Ingeniero Civil). Santa Elena, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2017.
- KOERNER, Robert. 2012. Designing with Geosynthetics. United States of America: Xlibris Corporation. ISBN: 978-4628-8288-5
- Departamento de Ingeniería-Geosistemas PAVCO (2009). "Manual de diseño con Geosintéticos",

- Borja Suárez, M. (2012). Metodología De La Investigación Científica Para Ingenieros. Chiclayo.
- Caballeros Torres, E. A. (Octubre 2006). Utilización De La Geomalla Como Refuerzo De La Estructura Del Pavimento Flexible. Universidad De San Carlos De Guatemala - Facultad De Ingeniería, Guatemala.
- Chacon Jimbo, J. T. (Septiembre 2012). Uso De Geomateriales Para Reforzamiento. Universidad De Cuenca - Escuela De Ingeniería Civil, Cuenca.
- Díaz González, J. F., Escobar Velásquez, O. E., & Olivo Martínez, E. J. (Octubre 2009). Aplicación De Los Geosintéticos En La Estructura De Los Pavimentos Y En Obras De Drenaje Para Carreteras. Universidad De El Salvador - Facultad De Ingeniería Y Arquitectura - Escuela De Ingeniería Civil, San Salvador.
- M.Sc. Ing. Menendez Acurio, J. R. (Diciembre 2009). Ingeniería De Pavimentos Materiales, Diseño y Construcción. Lima, Perú: Publicaciones Icg.
- Maccaferri. (2012). Reference Manual - Macread 2.0 Aashto. E.E.U.U.: Maccaferri.
- Maccaferri. (2014). Manual Tecnico - Refuerzo De Suelo. Brasilia: Maccaferri.

ANEXO

Anexo 1: Matriz de consistencia

Utilización de la geomalla biaxial en el mejoramiento de la estructura de la carpeta asfáltica del pavimento flexible en la av. quinta, tramo av. Las torres -av. los laureles, tramo autopista ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho, lima-2019

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	MÉTODOS
<p>Problema General: ¿Cómo influye la geomalla biaxial en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: Autopista Ramiro Priale-Rio Huaycoloro, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima-2019?</p> <p>Problema Específicos:</p> <p>¿Cómo influye la optimización de costos en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: Autopista Ramiro Priale-Rio Huaycoloro, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima-2019?</p> <p>¿Cómo influye el tiempo de construcción en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: Autopista Ramiro Priale-Rio Huaycoloro, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima-2019?</p> <p>¿Cómo influye las propiedades físicas en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: Autopista Ramiro Priale-Rio Huaycoloro, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima-2019?</p>	<p>Objetivo General: Determinar cómo influye la geomalla biaxial en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: Autopista Ramiro Priale-Rio Huaycoloro, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima-2019.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>Determinar cómo influye la optimización de costos en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: Autopista Ramiro Priale-Rio Huaycoloro, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima-2019.</p> <p>Determinar cómo influye el tiempo de construcción en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: Autopista Ramiro Priale-Rio Huaycoloro, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima-2019.</p> <p>Determinar cómo influye las propiedades físicas del terreno en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la Av. Quinta, tramo av. Las torres -Av. Los Laureles y en la Av. Los laureles, tramo: Autopista Ramiro Priale-Rio Huaycoloro, Distrito de Lurigancho, Provincia de Lima-2019.</p>	<p>Hipótesis General: La utilización de la geomalla biaxial mejora la base del pavimento flexible en la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho Provincia de Lima-2019.</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <p>La optimización de costos si influye en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho Provincia de Lima-2019 si está en función del tipo de suelo.</p> <p>El tiempo de construcción si influye en el mejoramiento de la base pavimento flexible en la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho Provincia de Lima-2019 si está en función de la humedad.</p> <p>Las propiedades físicas del terreno si influyen en el mejoramiento de la base del pavimento flexible en la av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho Provincia de Lima-2019 si está en función de la capacidad del tipo de suelo.</p>	<p>Variable 1</p> <p>Geomalla Biaxial.</p> <p><i>Indicadores:</i></p> <p>Optimización de costos de</p> <p>Tiempo de construcción de</p> <p>Propiedades físicas del terreno</p> <p>Variable 2</p> <p>Base del Pavimento Flexible</p> <p><i>Indicadores</i></p> <p>Trafico de diseño</p> <p>Corte del suelo</p> <p>Capacidad portante</p>	<p>Método El método es cuantitativo</p> <p>Tipo de Investigación Aplicada</p> <p>Nivel Descriptivo y Explicativo</p> <p>Diseño de Investigación Experimental</p> <p>Población La población será la cantidad de muestras obtenidas en el trayecto del tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho</p> <p>Calicatas CBR Laboratorio de suelos Estudio de suelos</p> <p>Muestra La población será la cantidad de muestras obtenidas en el av. Quinta, tramo av. Las Torres -av. los Laureles, tramo: autopista Ramiro Priale -rio Huaycoloro-distrito de Lurigancho</p> <p>Técnicas e Instrumentos Muestras de suelo Cinta métrica Estacas Método de Diseño de Pavimentos Urbanos</p>

Anexo 2: Matriz de operacionalización

	Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Medición	Instrumentación	
						Instrumentación de Recolección de Datos	Instrumentos de Medida
Variable Independiente	Malla Biaxial	Son materiales geosintéticos que consisten en juegos de costillas paralelas conectadas con aberturas de tamaño suficiente que permitan la trabazón del material con el que están en contacto (Koerner 2016).	Optimización de Costos	Observación y Análisis de Documentos	Soles	Manual de MTC	Observación
			Tiempo de Construcción		horas	Manual de MTC	Observación
			Propiedades Físicas del Terreno	Limite liquido Limite Plastico Análisis Granulometrico	m2	MTC E -107,204	Tamices de Malla cuadrada Granulometria
Variable Dependiente	Base del pavimento flexible	Es la capa de pavimento que sirve como superficie de rodadura y tiene como función en la parte inferior. (MTC-2015)	Trafico de Diseño	Observación y Análisis de Documentos	Diseño	Manual de MTC	Observación
			Corte del suelo	Proctor modificado	m2	MTC E -107	Molde,Horno
			Capacidad portante	Ensayo CBR	m2	MTC E -132,133 MTC E -302	Prensa, molde de metal, etc.

Fuente: elaboración propia

Anexo 3: Instrumentos

	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	DOCUMENTO N°: 1
--	--------------------------------	--------------------

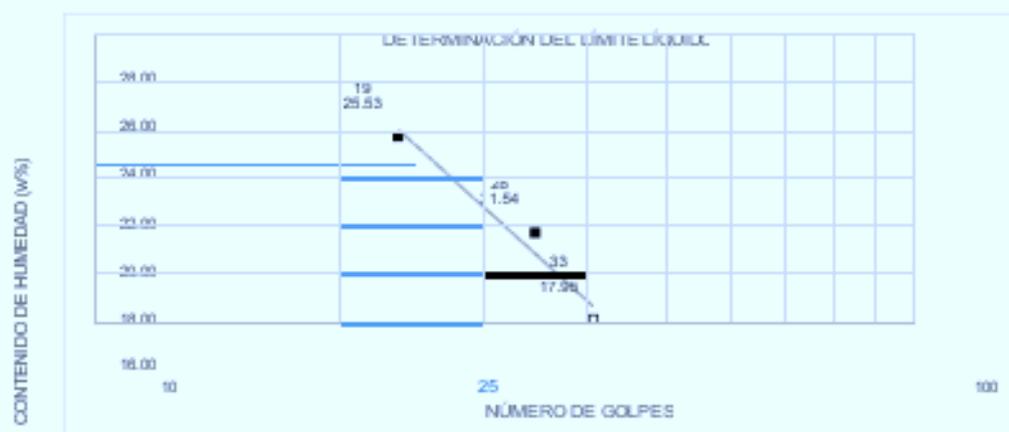
PROYECTO : UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA BIAXIAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA CARPETA ASFÁLTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. QUINTA, TRAMO AV. LAS TORRES -AV. LOS LAURELES, TRAMO AUTOPISTA RAMIRO PRIALE -RIO HUAYACOLORO- DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA-2019
UBICACIÓN : SAN JUAN DE LURIGANCHO
CLIENTE : PAYANO ALIAGA
 YACKELIN

LÍMITE DE ATTERBEG

MUESTRA - CALICATA N°1

	Límite Plástico		Límite Líquido	
	1	2	1	2
Ensayo N°	1	2	1	2
Tara N°	4	5	1	2
Número de Golpes	-	-	19	28
1 Peso Tara + Suelo Húmedo	37.69	37.6	38.09	37.66
2 Peso Tara + Suelo Seco	36.23	36.41	36.03	35.9
3 Peso de la Tara (gr)	26.87	27.86	27.96	27.73
4 Peso del agua (1-2)	1.46	1.19	2.06	1.76
5 Peso del Suelo Seco (2-3)	9.36	8.55	8.07	8.17
6 % Humedad (4/5*100)	15.60	13.92	25.53	21.54
7 Promedio Límite Plástico	14.76			

Límite Líquido	=	21.67
Límite Plástico	=	14.76
Índice de Plasticidad (IP=LL-LP)	=	6.92




RICARDO FRANCESCO
 DAVILA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

r.diaz@irgeoconsultores.com
ir_geoconsultores@gmail.com
proyectos@irgeoconsultores.com
 Asociación virgen del Carmen Mz D Lt 24
 San Martin de Porres -Lima

GRANULOMETRÍA

DOCUMENTO
N°2

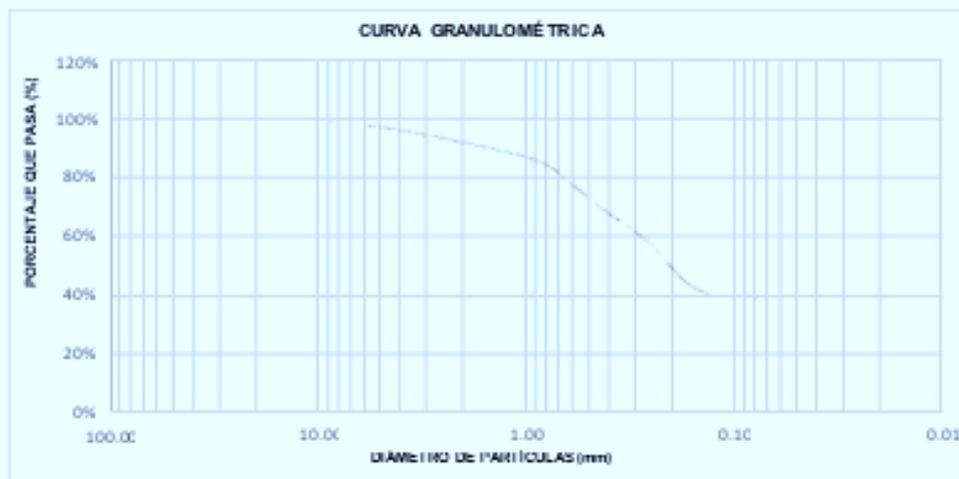
PROYECTO : UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA BIAXIAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. QUINTA, TRAMO AV LAS TORRES -AV. LOS LAURELES, TRAMO AUTOPISTA RAMIRO PRIALE -RIO HUAYCOLORO-DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA-2019

UBICACIÓN | : SAN JUAN DE LURIGANCHO

CLIENTE : PAYANO ALIAGA YACKELIN

MUESTRA - CALICATA N°1

N° TAMIZ	Díámetro (mm)	Masa de Suelo Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje que Pasa (%)
2"	60.80	0.000	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	0.000	0.00%	100.00%
1"	25.40	0.000	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	0.000	0.00%	100.00%
1/2"	12.70	0.000	0.00%	100.00%
3/8"	9.52	9.910	0.62%	99.38%
4	4.75	42.870	2.66%	96.72%
10	2.00	78.830	4.89%	91.83%
20	0.85	104.880	6.51%	85.32%
30	0.60	120.440	7.48%	77.84%
40	0.42	140.200	8.70%	69.14%
60	0.25	186.500	11.58%	57.56%
100	0.15	249.460	15.48%	42.08%
200	0.08	60.620	3.76%	38.32%
CAZOLETA		617.270	38.32%	0.00%
MA 8A TOTAL		1610.98		




RICARDO FRANCESCO
DAVILA RÍOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203365

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jr_geoconsultores@gmail.com

proyectos@jrgeoconsultores.com

Asociación virgen del Carmen Mz D Lt 24

San Martín de Porres -Lima

	PROCTOR MODIFICADO	DOCUMENTO N°3
--	---------------------------	------------------

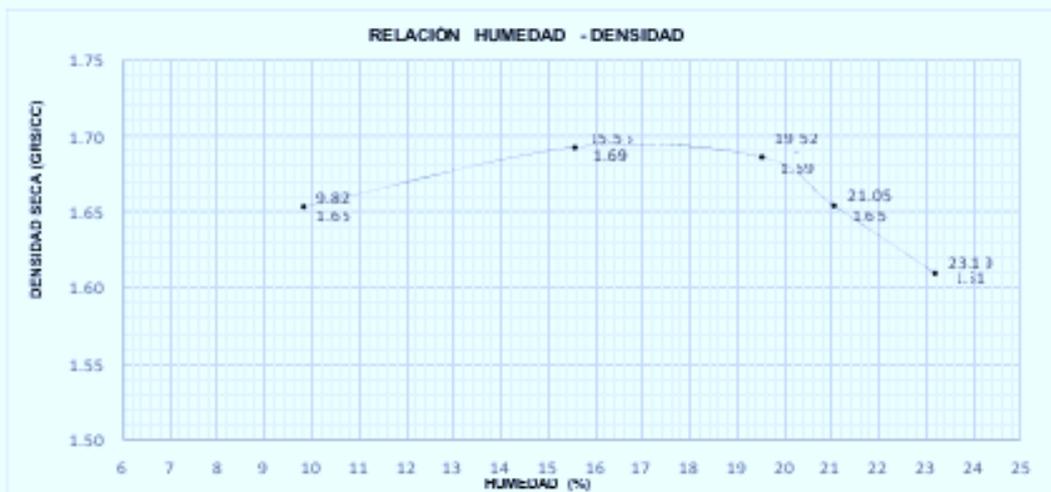
PROYECTO : UTILIZACIÓN DE LA GEOMALLA BIAXIAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. QUINTA, TRAMO AV.LAS TORRES -AV. LOS LAURELES, TRAMO AUTOPISTA RAMIRO PRIALE -RÍO HUAYACOLORO- DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA-2019

UBICACIÓN : SAN JUAN DE LURIGANCHO

CLIENTE : PAYANO ALIAGA
YACKELIN

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - CONTENIDO DE HUMEDAD
A 3TM D - 1667

Ensayo N°		2	1	3	4	5
PESO ESPECÍFICO						
Peso de muestra húmeda + molde	grs	5920.00	6052.00	6108.00	6096.00	6078.00
Peso del molde	grs	4206.00	4206.00	4206.00	4206.00	4206.00
Peso de la muestra húmeda	grs	1714.00	1846.00	1902.00	1890.00	1872.00
Volumen del molde	cm3	943.90	943.90	943.90	943.90	943.90
Densidad húmeda	grs/cc	1.82	1.96	2.02	2.00	1.98
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara		2	1	3	4	5
Peso muestra húmeda + Tara	grs	238.72	129.26	245.49	261.64	262.81
Peso muestra seca + Tara	grs	219.83	115.52	209.86	220.80	218.46
Peso del agua	grs	18.89	13.74	35.63	40.84	44.35
Peso de la tara	grs	27.54	27.24	27.34	26.80	27.24
Peso de la muestra seca	grs	192.29	88.28	182.52	194.00	191.22
Contenido de humedad	%	9.82	15.56	19.52	21.05	23.19
PESO ESPECÍFICO SECO						
Densidad seca	grs/cc	1.65	1.69	1.69	1.65	1.61



Máxima Densidad Seca =	1.69
Óptimo Contenido de Humedad =	15.56%


RICARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS
INGENIERO CIVIL
Rup. 7232101 0001164

r.diaz@jrgeoconsultores.com
jr_geoconsultores@gmail.com
proyectos@jrgeoconsultores.com
Asociación virgen del Carmen Mz D Lt 24
San Martín de Porres - Lima

	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	DOCUMENTO N° 4
--	---	-------------------

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
ASTM D 1983-99 AASHTO T 193-03 NTC C 132-2000

MOLDE	1		2		3				
Alto Molde mm.	176		176		176				
N° Capas	5		5		5				
M°Golp.x Capa	56 Golpes		27 Golpes		13 Golpes				
Cond. Materia	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES			
P. Húm. + Molde	11946.99	12152.99	11946.99	11940.99	11006.99	11852.99			
Peso Molde (gr)	7244.66	7244.00	7238.00	7238.00	7242.00	7242.00			
Peso Húmedo (gr)	4902.66	4988.00	4119.00	4792.00	3794.00	4610.00			
Vol. Molde (cc)	3175.52	3175.52	3175.52	3175.52	3175.52	3175.52			
Densidad H (gr/cc)	1.45	1.55	1.29	1.48	1.19	1.50			
Número de Golpes	1-A	1-D	1-C	2-A	2-C	2-A	2-D	2-C	
P. Húmedo + Tara	134.61	153.81	348.99	123.81	314.99	144.85	130.12	480.99	
Peso Seco + Tara	107.45	135.49	276.99	110.94	113.39	274.99	126.73	119.43	410.99
Peso Agua (gr)	27.16	18.41	79.00	12.87	13.86	49.00	18.32	16.69	70.00
Peso Tara (gr)	27.64	27.44	74.00	27.92	26.76	156.99	27.71	25.89	292.99
P. Húmedo Seco	79.81	107.98	204.99	83.02	86.63	116.99	101.92	93.54	299.99
Cont. Humedad	34.03%	17.85%	34.31%	15.59%	16.99%	33.99%	15.17%	11.43%	33.85%
Const. Hum. Prom.	25.54%	34.21%	15.75%	33.99%	13.39%	32.67%			
DENSIDAD SECA	1.124	1.121	1.118	1.106	1.046	1.026			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LEC.	HINCHAMIENTO		LEC.	HINCHAMIENTO		LEC.	HINCHAMIENTO	
(Hrs)	(Días)	DCF.	(mm)	(%)	DCF.	(mm)	(%)	DCF.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	2.270	57.658	32.70	3.920	99.598	56.57	4.150	195.410	59.89
48	2	2.960	75.184	42.72	5.410	137.414	78.99	4.270	198.458	61.62
72	3	3.440	87.376	49.05	5.730	145.542	82.99	4.300	199.220	62.06
96	4	4.100	104.140	59.17	5.690	147.300	83.70	4.350	199.490	62.76

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(mm)	(psig)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm²)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm²)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (kg/cm²)
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	0.025	39	2.01	29	1.49	19	0.90
1.27	0.050	50	2.58	35	1.78	23	1.19
1.91	0.075	55	2.86	39	1.99	27	1.39
2.54	0.100	60	3.18	43	2.22	31	1.59
3.18	0.125	63	3.22	45	2.30	32	1.60
3.81	0.150	66	3.49	47	2.44	33	1.71
4.45	0.175	69	3.49	49	2.55	34	1.75
5.08	0.200	69	3.57	51	2.63	34	1.75
5.72	0.250	71	3.66	53	2.72	34	1.70
7.62	0.300	73	3.75	54	2.79	35	1.80
8.89	0.350	74	3.83	55	2.82	35	1.82
10.16	0.400	78	4.01	59	2.96	37	1.91
11.43	0.450	79	4.04	59	3.05	37	1.82
12.70	0.500	81	4.39	61	3.14	38	1.86


**RICARDO FRANCISCO
 DAVILA RIOS**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CPN° 203355

r.diaz@geoconsultores.com
jr.geoconsultores@gmail.com
proyectos@geoconsultores.com
 Asociación virgen del Carmen Mz D Lt 24
 San Martín de Porres - Lima

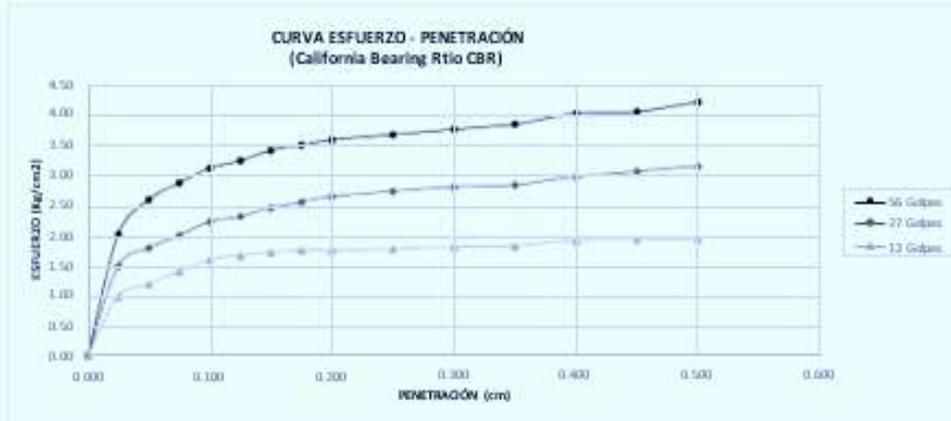
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Nº: 2

ENSAYO DE ABSORCIÓN

Nº MOLDE	MOLDE Nº 01	MOLDE Nº 02	MOLDE Nº 03
PESO SUELO HUM. + PLATO + MOLDE	12152	11940	11652
PESO DEL PLATO + MOLDE (gr)	7244	7238	7242
PESO SUELO HUMEDO EMBEBIDO (gr)	4938	4702	4410
PESO SUELO HUMEDO SIN EMBEBER	4802	4110	3784
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (gr)	308	592	646
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4580	4104	3759
ABSORCIÓN DE AGUA (%)	6.7 %	14.4 %	17.2 %

GRÁFICOS



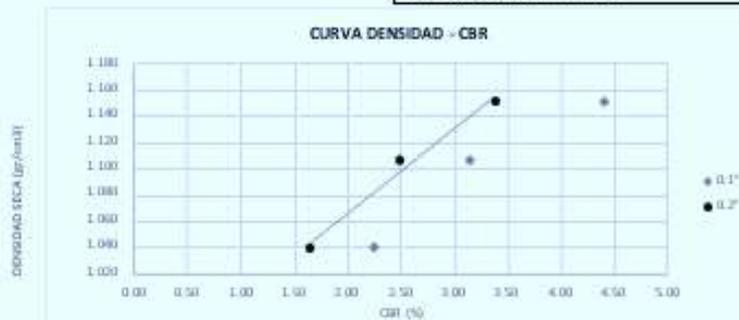
PENETRACIÓN	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	3.10	3.57
MOLDE 2	2.22	2.63
MOLDE 3	1.59	1.75

(*) Valores Corregidos

	Grava	0.1"	0.2"	CBR
MOLDE 1	1.151	4.41	3.39	4.41
MOLDE 2	1.106	5.16	2.49	3.16
MOLDE 3	1.039	2.26	1.66	2.26

+

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	4.50%
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	2.50%




 RICCARDO FRANCESCO
 DAVILA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 203355

r.diaz@jgeoconsultores.com
r_geoconsultores@gmail.com
proyectos@jgeoconsultores.com
 Asociación virgen del Carmen Mz D Lt 24
 San Martín de Porres, Lima

Anexo 4: Validación de los instrumentos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS

VARIABLE DEPENDIENTE: GEOMALLA BIAxIAL

ASPECTOS POR EVALUAR							
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEM	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
GEOMALLA BIAxIAL	OPTIMIZACIÓN DE COSTOS	Observación y análisis de documentos	Manual MTC $W=Wwx100/Ws$	Ordinal	ok		
	TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN	Análisis de documentos	Manual MTC	Ordinal	ok		
	PROPIEDADES FÍSICAS DEL TERRENO	Limite líquido, limite plástico y análisis granulométrico	$\%pasa\ 0.074 = \frac{Peso\ Total - Peso\ Retenido}{Peso\ Total} \times 100$	Ordinal	ok		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **SI HAY SUFICIENCIA**

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:

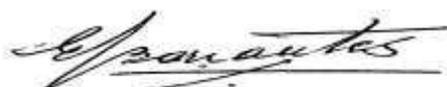
MG. EDMUNDO BARRANTES RIOS

DNI :25651955

Especialidad del validador: DOCENTE METODOLÓGICO

1**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado. 2**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
3**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Validador

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:

MG. JUAN ANTENOR CACEDA CORILLOCLA

DNI :41568334

Especialidad del validador: **DOCENTE METODOLÓGICO**

1**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado. 2**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

3**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Validador

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS

VARIABLE DEPENDIENTE: BASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

ASPECTOS POR EVALUAR							
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEM	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
BASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	TRAFICO DE DISEÑO	Observación y análisis de documentos	Manual MTC	Ordinal	ok		
	CORTE DEL SUELO	Proctor modificado	ASTM Y AASHTO	Ordinal	ok		
	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	Ensayo del CBR	$\% \text{ CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100 \%$	Ordinal	ok		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **SI HAY SUFICIENCIA**

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:


MG. EDMUNDO BARRANTES RIOS

DNI :25651955

Especialidad del validador: DOCENTE METODOLÓGICO

1**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado. 2**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
3**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Validador

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **SI HAY SUFICIENCIA**

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:
MG. JUAN ANTENOR CACEDA CORILLOCLA

DNI :41568334

Especialidad del validador: DOCENTE METODOLÓGICO

1**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado. 2**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

3**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Validador

Anexo 5: Panel fotográfico

La vía se encuentra asfaltada con múltiples fallas superficiales en toda su extensión como se muestra en las siguientes imágenes de la visita de campo, asimismo no cuenta con señalización horizontal.



Av. Los Laureles



Falla, Piel de cocodrilo severo causado por fatiga del pavimento, parcheo de forma longitudinal y transversal, a lo largo de toda la Av. Los Laureles se aprecian peladuras.



Av. Los Laureles con Av. Quinta presenta fallas como baches severos, desgaste y destrucción de la vía de forma que no se aprecia el asfalto en la intersección.



Av. Los Laureles con Río Huaycoloro, presenta perdida de agregado fino y posee un alto tránsito de camiones.



Av. Quinta, la vía se encuentra en pésimo estado ya que se ha perdido la superficie de rodadura, el tránsito de vehículos pesados es alto en este tramo.



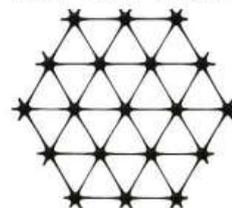
Av. Quinta con Av. Las Torres, la vía se encuentra en mal estado ya que presenta peladuras, baches a lo largo de la vía, presencia de polvo a la circular.

Anexo 6: Especificaciones técnicas de las geomallas

1.1. Especificación de Producto – Geomalla Biaxial[®] TX140

Tensar International Corporation se reserva el derecho de cambiar las especificaciones de su producto en cualquier momento. Es responsabilidad de la persona que especifica el uso de este producto, y del comprador, asegurarse que las especificaciones del mismo se incluyen para propósitos de diseño y son actualizadas, y que el producto es adecuado para el uso que se pretende en cada caso.

Tensar TriAx[®] Geogrid



General

- La geomalla es fabricada de una lámina perforada de polipropileno, la cual es orientada en tres direcciones equilaterales de tal forma que las costillas resultantes tendrán un alto grado de dirección molecular, la cual continúa al menos en parte a través de la masa del nodo o unión integral.
- Las propiedades que contribuyen al desempeño de una capa mecánicamente estabilizada incluye lo siguiente:

Propiedades Índice	Longitudinal	Diagonal	Transversal	General
▪ Distancia entre costillas paralelas ⁽²⁾ , mm (pulg)	40 (1.60)	40 (1.60)	-	
▪ Profundidad a mitad de costilla ⁽²⁾ , mm (pulg)	-	1.2 (0.05)	1.2 (0.05)	
▪ Ancho a mitad de costilla ⁽²⁾ , mm (pulg)	-	1.1 (0.04)	1.1 (0.04)	
▪ Forma de costilla				rectangular
▪ Forma de apertura				triangular

Integridad Estructural

▪ Eficiencia en unión ⁽³⁾ , %				93
▪ Estabilidad de apertura ⁽⁴⁾ , kg-cm/grad @ 5.0kg-cm ⁽²⁾				3.0
▪ Rigidez radial a baja deformación ⁽⁵⁾ , kN/m @ 0.5% deformación				225
	(lb/ft @ 0.5% deformación)			(15,430)

Durabilidad

▪ Resistencia a degradación química ⁽⁶⁾	100%
▪ Resistencia a luz ultravioleta e intemperismo ⁽⁷⁾	100%

Dimensiones y Despacho

La geomalla TX será entregada en el sitio de la obra en forma de rollo y cada rollo identificado individualmente y midiendo 3.0 metros (9.8 pies) y/o 4.0 metros (13.1 pies) de ancho y 75 metros (246 pies) de largo.

Notas

- A menos que se muestre diferente, los valores mostrados son valores mínimos promedio del rollo determinados de acuerdo con la norma ASTM D4759-02. Breves descripciones de los procedimientos de las pruebas se dan en las siguientes notas.
- Dimensiones nominales.
- Capacidad de transferencia de carga determinada según la norma GRI-GG2-87 y GRI-GG1-87 y es expresada como porcentaje de la resistencia última a tensión.
- Rigidez torsional en su plano es medida aplicando un momento a la unión central de una muestra de 225mm x 225mm fijada en su perímetro según la norma GRI-CG9 modificada.
- Rigidez radial es determinada de la rigidez a tensión medida en cualquier eje de su plano en una prueba según la norma ASTM D6637-10.
- Resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando se somete a ambientes químicamente agresivos según la norma EPA 9090, prueba de inmersión.
- Resistencia a pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando se somete a 500 horas de luz ultravioleta e intemperismo agresivo según la norma ASTM D4355-05.

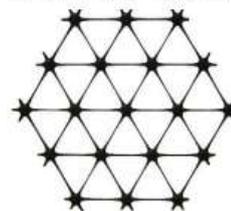
Tensar International Corporation
2500 Northwinds Pkwy., Suite 500
Alpharetta, Georgia 30009
Tel: 770-344-2090
www.tensar-international.com

Esta especificación reemplaza cualquier especificación previa para el producto designado arriba y no es aplicable a ningún producto despachado antes de Febrero 1, 2011. Tensar y TriAx son marcas registradas de Tensar International Corporation o sus afiliados en los EE.UU. y otros países. La geomalla TriAx[®] y por lo tanto su uso está protegida por la patente americana No. 7,001,112. Otras patentes o aplicaciones de patentes existen también en otros países. La determinación final de la idoneidad de la información o producto mencionados arriba para el uso contemplado, y su forma de uso son entera responsabilidad del usuario. Tensar International Corporation se exime de cualquier garantía expresa, implícita o legal, incluyendo pero no limitada a cualquier garantía de comerciabilidad o aptitud para un propósito particular referente a este producto u otros productos, tecnologías o servicios de la empresa. La información contenida aquí no constituye asesoramiento de ingeniería.

1.2. Especificación de Producto – Geomalla Biaxial® TX160

Tensar International Corporation se reserva el derecho de cambiar las especificaciones de su producto en cualquier momento. Es responsabilidad de la persona que especifica el uso de este producto, y del comprador, asegurarse que las especificaciones del mismo se incluyen para propósitos de diseño y son actualizadas, y que el producto es adecuado para el uso que se pretende en cada caso.

Tensar TriAx® Geogrid



General

1. La geomalla es fabricada de una lámina perforada de polipropileno, la cual es orientada en tres direcciones equilaterales de tal forma que las costillas resultantes tendrán un alto grado de dirección molecular, la cual continúa al menos en parte a través de la masa del nodo o unión integral.
2. Las propiedades que contribuyen al desempeño de una capa mecánicamente estabilizada incluye lo siguiente:

Propiedades Índice	Longitudinal	Diagonal	Transversal	General
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distancia entre costillas paralelas ⁽²⁾, mm (pulg) ▪ Profundidad a mitad de costilla⁽²⁾, mm (pulg) ▪ Ancho a mitad de costilla⁽²⁾, mm (pulg) ▪ Forma de costilla ▪ Forma de apertura 	40 (1.60)	40 (1.60)	-	
	-	1.6 (0.06)	1.4 (0.06)	
	-	1.0 (0.04)	1.2 (0.05)	
				rectangular triangular
Integridad Estructural				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eficiencia en unión⁽³⁾, % ▪ Estabilidad de apertura⁽⁴⁾, kg-cm/grad @ 5.0kg-cm⁽²⁾ ▪ Rigidez radial a baja deformación⁽⁵⁾, kN/m @ 0.5% deformación 				93 3.6 300
	(lb/ft @ 0.5% deformación)			(20,580)

Durabilidad

- | | |
|--|------|
| ▪ Resistencia a degradación química ⁽⁶⁾ | 100% |
| ▪ Resistencia a luz ultravioleta e intemperismo ⁽⁷⁾ | 100% |

Dimensiones y Despacho

La geomalla TX será entregada en el sitio de la obra en forma de rollo y cada rollo identificado individualmente y midiendo 3.0 metros (9.8 pies) y/o 4.0 metros (13.1 pies) de ancho y 75 metros (246 pies) de largo.

Notas

1. A menos que se muestre diferente, los valores mostrados son valores mínimos promedio del rollo determinados de acuerdo con la norma ASTM D4759-02. Breves descripciones de los procedimientos de las pruebas se dan en las siguientes notas.
2. Dimensiones nominales.
3. Capacidad de transferencia de carga determinada según la norma GRI-GG2-87 y GRI-GG1-87 y es expresada como porcentaje de la resistencia última a tensión.
4. Rigidez torsional en su plano es medida aplicando un momento a la unión central de una muestra de 225mm x 225mm fijada en su perímetro según la norma GRI-GG9 modificada.
5. Rigidez radial es determinada de la rigidez a tensión medida en cualquier eje de su plano en una prueba según la norma ASTM D6637-10.
6. Resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando se somete a ambientes químicamente agresivos según la norma EPA 9090, prueba de inmersión.
7. Resistencia a pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando se somete a 500 horas de luz ultravioleta e intemperismo agresivo según la norma ASTM D4355-05.

Tensar Internacional Corporation
2500 Northwinds Pkwy., Suite 500
Alpharetta, Georgia 30009
Tel: 770-344-2090
www.tensar-international.com

Esta especificación reemplaza cualquier especificación previa para el producto designado arriba y no es aplicable a ningún producto despachado antes de Febrero 1, 2011. Tensar y TriAx son marcas registradas de Tensar International Corporation o sus afiliados en los EE.UU y otros países. La geomalla TriAx® y por lo tanto su uso está protegida por la patente americana No. 7,001,112. Otras patentes o aplicaciones de patentes existen también en otros países. La determinación final de la idoneidad de la información o producto mencionados arriba para el uso contemplado, y su forma de uso son entera responsabilidad del usuario. Tensar International Corporation se exime de cualquier garantía expresa, implícita o legal, incluyendo pero no limitada a cualquier garantía de comerciabilidad o aptitud para un propósito particular referente a este producto u otros productos, tecnologías o servicios de la empresa. La información contenida aquí no constituye asesoramiento de ingeniería.

Anexo 7: Plano de ubicación de la planta de calicatas

