



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aplicación de geomalla para mejorar aspectos económico técnico del
espesor de capas del pavimento flexible en avenida José
Granda, 2020.

TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil

AUTORA:

Vásquez Valenzuela, Yelena Zulema ([ORCID: 0000-0003-3527-4565](https://orcid.org/0000-0003-3527-4565))

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omar Demetrio ([ORCID: 0000-0002-5043-6510](https://orcid.org/0000-0002-5043-6510))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque siempre está presente en mi vida con muchas bendiciones, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida me han dado su apoyo y me fortalecen con su amor.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme muchas bendiciones en
mi vida y por su amor infinito.

A mis padres por su apoyo incondicional
que me dieron durante la carrera.

A mi familia por el amor, apoyo y
comprensión que tuvieron conmigo.

A mis docentes por el tiempo y esfuerzo
que dedicaron a compartir sus
conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.2. Variables y operacionalización	21
3.3. Población, Muestra y Muestreo	23
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	25
3.5. Procedimientos	27
3.6. Método de análisis de datos	29
3.7. Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	58
VI. CONCLUSIONES	61
VII. RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS	63
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tipo de Geosintéticos	10
Tabla N° 2: Cuadro de calicatas	25
Tabla N° 3: Cuadro de Fichas	26
Tabla N° 4: Límites de Consistencia	33
Tabla N° 5 Proctor Modificado	34
Tabla N° 6: Datos geotécnicos	36
Tabla N° 7: Requerimiento para Subbase Granular	38
Tabla N° 8: Requerimiento para la Base	38
Tabla N° 9 Capacidad Portante	46
Tabla N° 10: Cuadro SN Pavimento No Estabilizado - Estabilizado	47
Tabla N° 11: Cuadro de Número Estructural por Capas	48
Tabla N° 12 Cuadro de espesor de capas con grosor de asfalto estándar	50
Tabla N° 13 Costo de Material para Pavimento No Estabilizado	51
Tabla N° 14 Costo de Material para Pavimento con Refuerzo BX Clase 1	51
Tabla N° 15 Costo de Material para Pavimento con Refuerzo BX Clase 2	52
Tabla N° 16 Costo de Material para Pavimento con Refuerzo TX 5	52
Tabla N° 17 Costo de Material para Pavimento con Refuerzo TX 7	52
Tabla N° 18 Cuadro de Costo de Materiales de Pavimento Flexible	53
Tabla N° 19: Costo de Equipos para Pavimento no Estabilizado	54
Tabla N° 20 Costo de Equipos para Pavimento Reforzado con BX Clase 1	54
Tabla N° 21 Costo de Equipos para Pavimento Reforzado con BX Clase 2	54
Tabla N° 22 Costo de Equipos para Pavimento Reforzado con TX5	55
Tabla N° 23 Costo de Equipos para Pavimento Reforzado con TX7	55
Tabla N° 24: Cuadro de Equipos de Pavimento Flexible	55
Tabla N° 25 Ficha Técnica N° 01: Capacidad Portante	65
Tabla N° 26. Ficha Técnica N° 02: Número Estructural	66
Tabla N° 27. Ficha Técnica N° 03: Espesor De Capas	67
Tabla N° 28. Ficha Técnica N° 04 Costo De Materiales	68
Tabla N° 29. Ficha Técnica N° 05 Costo De Equipos	69
Tabla N° 30 Trafico Promedio Diario Semanal	71
Tabla N° 31 Ejes Equivalentes de Carga	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Geosintéticos	12
Gráfico N° 2 Geomallas.....	12
Gráfico N° 3 Geomenbrana	12
Gráfico N° 4 Geocompuesto.....	12
Gráfico N° 5 Geomalla Uniaxial.....	13
Gráfico N° 6 Geomalla Biaxial	14
Gráfico N° 7 Geomalla Triaxial	14
Gráfico N° 8 Confinamiento Lateral	15
Gráfico N° 9 Capacidad Portante	16
Gráfico N° 10 Membrana Tensionada	16
Gráfico N° 11 Ubicación Del Tramo En Estudio	23
Gráfico N° 12 Longitud del tramo en Estudio	24
Gráfico N° 13 Ubicación de la zona de estudio	27
Gráfico N° 14 Geomallas Triaxial y Biaxial Tensar	31
Gráfico N° 15 Exploración de calicatas	31
Gráfico N° 16 Curva Granulométrica	32
Gráfico N° 17 Peso de la muestra	33
Gráfico N° 18 Tamizado	33
Gráfico N° 19 Compactación de la muestra	34
Gráfico N° 20 Peso seco y húmedo.....	34
Gráfico N° 21 Determinación del CBR.....	35
Gráfico N° 22 CBR Según Número De Golpes	36
Gráfico N° 23 Estructura de Pavimento	37
Gráfico N° 24 Requerimientos de Pavimento Asfáltico.....	39
Gráfico N° 25 Número Estructural	40
Gráfico N° 26 Pavimento No Estabilizado -Geomalla Biaxial	42
Gráfico N° 27 Pavimento No Estabilizado –Geomalla Triaxial	42
Gráfico N° 28 Pavimento Estabilizado con Geomalla Biaxial Clase I	44
Gráfico N° 29 Pavimento Estabilizado con Geomalla Biaxial Clase II	44

Gráfico N° 30 Pavimento Estabilizado con geomalla Triaxial TX5.....	45
Gráfico N° 31 Pavimento Estabilizado con geomalla TX7	45
Gráfico N° 32 Capacidad Portante	46
Gráfico N° 33: Aplicación del software Spectra Pave de Número Estructural	47
Gráfico N° 34 Aplicación del software Spectra Pave de Número Estructural por capas.....	48
Gráfico N° 35 Cuadro de Espesor de Capas.....	50
Gráfico N° 36 Cuadro de Costos de Materiales.....	53
Gráfico N° 37 Cuadro de Costos de Equipos	56

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general determinar en qué medida la aplicación de geomalla mejora los aspectos técnicos económicos del espesor de capas pavimento flexible. El tipo de investigación es aplicada y el diseño es cuasi experimental. La población en este estudio son los pavimentos de la Av. José Granda – San Martín de Porres, como muestra las cuadras 24 -25 de la Avenida José Granda. Como herramienta de análisis se utilizaron fichas técnicas y el software SpectraPave. Los resultados principales de la aplicación de geomallas mejoran: la capacidad portante del suelo con la biaxial y triaxial en 34.5%,58.5% respectivamente; para número estructural (SN) aumentando con la biaxial y triaxial en 25.5%, 39.86% respectivamente; se reducen los espesores de capa, con la biaxial y triaxial en 3.5%, 7.95% respectivamente y también se reducen los costos de materiales y equipos se reducen con la biaxial y triaxial en 1.37%,15.49% respectivamente. Como principal conclusión, se determinó que la aplicación de geomalla triaxial mejora el aspecto técnico en el aumento del SN reduciendo espesores de capas y mejora la capacidad portante del suelo, económicamente reduce costos de materiales y equipos para la construcción del pavimento flexible.

Palabra claves: Pavimento Flexible, Subrasante, geomalla biaxial, geomalla triaxial.

ABSTRACT

The general objective of the present work was to determine to what extent the application of geogrid improves the technical and economic aspects of the thickness of flexible pavement layers. The type of research is applied and the design is quasi-experimental. The population in this study is the pavements of Av. José Granda - San Martín de Porres, as shown in blocks 24 -25 of Av. José Granda. Data sheets and SpectraPave software were used as an analysis tool. The main results of the application of geogrids improve: the bearing capacity of the soil with the biaxial and triaxial in 34.5%, 58.5% respectively; for structural number (SN) increasing with the biaxial and triaxial in 25.5%, 39.86% respectively; Layer thicknesses are reduced, with the biaxial and triaxial in 3.5%, 7.95% respectively and the costs of materials and equipment are also reduced with the biaxial and triaxial in 1.37%, 15.49% respectively. As the main conclusion, it was determined that the application of triaxial geogrid improves the technical aspect in the increase of the SN reducing layer thicknesses and improves the bearing capacity of the soil, economically reduces costs of materials and equipment for the construction of flexible pavement.

Keywords: Flexible Pavement, Subgrade, Biaxial Geogrid, Triaxial Geogrid.

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

En nuestros días las carreteras pavimentadas a nivel internacional que en su mayoría son de asfalto diseñados con una proyección de 20 años aproximadamente y por el costo relativamente económico que muchos países optaron construir y que con el tiempo los pavimentos envejecieron apareciendo deterioro en su estructura como grietas y fisuras en las capas del pavimento según(Franesqui, et al,2019)“para conseguir pavimentos duraderos es necesario controlar la evolución de estas fisuras y así repararlas antes de que sean más profundas y deterioren las capas inferiores que son menos accesibles y cuestan más repararlas” (1). En la actualidad la infraestructura vial nacional nos comenta(Guerrero,2015,p.1) que “En las últimas décadas, el Perú ha fomentado una política que se adecua para la elaboración de proyectos viales en todo el país, por lo cual se ejecutó más de 15,000 kilómetros de carreteras con pavimentos asfálticos” (2) otro factor que se debe de considerar según (Lipomi,2014) dice que son “los costos de construcción de estas carreteras se han incrementado dramáticamente como resultado directo de la presencia de áreas de suelo blando o impactos ambientales imprevistos (por ejemplo, clima frío)” (3), como también los reportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones(MTC), institución organismo encargado del sistema vial a nivel nacional, teniendo como antecedentes los problemas ya mencionados se da una necesidad de buscar alternativas que resuelvan esta problemática aportando nuevas alternativas de mejorar pavimentos asfálticos en el Perú y que alcancen una vida útil determinando por la duración del pavimento sin daños que sobrepase el tiempo en que fueron diseñados, el aporte de (Bitar,2019,p.1)“indica que el refuerzo de suelos tiene como propósito hacer mejor el desempeño de materiales susceptibles a Inconvenientes causados por la aparición de fisuras” (4), por lo que según (5)“El mantenimiento preventivo y correctivo de los pavimentos flexibles, es un requerimiento estructural para soportar la infraestructura vial y por tanto, garantizar movilidad de forma segura” como el aporte de (Bitar,2019),para esto es necesario evaluar a los pavimentos como indica (Leiva,2017,) “ las deflexiones de evaluación estructural para pavimentos, cuyo valor puede incluir la competencia del pavimento en su conjunto” (6), que después como indica (4), (Rauhut, et al,1983) , “tambien es requerido por los sistemas de gestión de pavimentos para la predicción, de daño o

deterioro del pavimento” (7), Otra “diseño estructural de espesores de capas de pavimento unidas por encima de la capa base no unida a medida que se deteriora con el tiempo bajo el tráfico y la carga ambiental basada en la tecnología de deflexión del pavimento en movimiento que mide a velocidades de tráfico”(Rada,2016,p.232), considerando que “el reforzamiento de suelos tiene como propósito hacer mejor el desarrollo de materiales susceptibles a inconvenientes causados por el surgimiento de fisuras” (4). “En todo el recorrido de Lima metropolitana se tiene una red vial constituida en su mayoría por pavimento flexible, por lo que hay vías más modernas de este tipo, por ejemplo, como la Avenida Néstor Gambeta en el Callao tiene abollamiento a causa de altas tasas de tránsito pesado”, otro ejemplo nos explica (8):

“Un acertado diseño del pavimento flexible dejará asegurar el desarrollo eficaz de la Av. Morales Duárez. La necesidad de hacer este estudio se justifica en que la Línea Amarilla va a ser una obra de enorme consideración tanto para los viajes locales de los municipios de Lima y Callao, como para viajes que son llamados hacia Lima desde las rutas de la Panamericana Norte, Panamericana Sur y Carretera Central” (Chavez,2018, p.5)

En la avenida José Granda casi la totalidad ha sido construida con pavimento flexibles o sea de mezcla asfáltica que con el tiempo han aparecido diversos tipos de grietas que han dañado la estructura del pavimento. Los pavimentos normalmente se agrietan por varias causas entre las principales están las condiciones del tránsito, número de repeticiones y de su magnitud, el gradiente térmico, de oxidación, cambios volumétricos y materiales o que los diseños influyen de manera significativa en la ocurrencia de agrietamientos en las capas asfálticas, como consecuencia el asfalto se va envejece de manera significativa por lo que las grietas atraviesan las capas del pavimento y con el tiempo pues son igualmente nocivas porque permiten la entrada del agua hacia su estructura granular incrementando el proceso de deterioro esto podría asumirse una costosa rehabilitación. Por los argumentos anteriormente indicados es necesario evaluar como la tecnología actualmente nos presenta a los geosintéticos de una de ellas las geomallas, con la técnica de las geomallas accedemos a realizar un diseño de un pavimento flexible como beneficios maximizar la capacidad portante, la

reducción de gastos operativos, la reducción del tiempo de realización del proyecto, mano de obra, ahorro de materiales del proyecto en obra y vida útil del pavimento.

Entonces el **problema general** es ¿En qué medida la aplicación de la geomalla mejora el aspecto económico del espesor de las capas del pavimento flexible en avenida José Granda, 2020? La **Justificación teórica** es el mejoramiento de subrasante haciendo uso de geomallas consiste en analizar la estructura del pavimento flexible con el uso del método AASHTO 93 para geomalla biaxial y AASHTO R50-09 para geomalla triaxial. La propuesta consiste en plantear el mejoramiento con uso de geomalla biaxial, triaxial y el convencional esto nos permite determinar un análisis económico y técnico permitiendo la resistencia y la vida útil del pavimento, la **Justificación práctica** es la aplicación de la geomalla como reforzamiento a un pavimento flexible reduce al máximo el tiempo de intervención y mucha más razón si es pavimento urbano aumentando el tiempo de vida útil de la estructura del pavimento recuperando la condición de servicio a bajo costo y la **Justificación social** es de que los pavimentos flexibles reforzados con geomallas los beneficios a largo plazo es la vida útil del pavimento, por lo tanto su aplicación beneficia al tránsito urbano de la zona, mejorando la transitabilidad del distrito de San Martín de Porres como **Objetivo general** es determinar en qué medida la aplicación de geomalla mejora aspectos técnico económico del espesor de capas pavimento flexible en avenida José Granda y los **Objetivos específicos** serían determinar en qué medida la aplicación de geomalla mejora la capacidad portante del pavimento flexible, determinar en qué medida la aplicación de geomalla mejora el espesor de capas en el pavimento flexible, determinar en qué medida la aplicación de geomalla mejora el costo del material para pavimento flexible, determinar en qué medida la aplicación de geomalla mejora el costo del equipo para pavimento flexible. Se considera como **Hipótesis General** “La aplicación de la geomalla mejora aspectos técnico económico del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda, 2020” y como **Hipótesis Específicas**: La aplicación de geomalla mejora la capacidad portante del pavimento flexible, la aplicación de geomalla mejora el espesor de capas en el pavimento flexible, la aplicación de geomalla mejora el costo de material del pavimento flexible y la aplicación de geomalla mejora el costo del equipo para pavimento flexible.

II. MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

Palma, Fredy (2016), "**Mejoramiento de la subrasante utilizando geomallas en la Avenida los insurgentes, distrito de Chaupimarca – Pasco**" (9 pág. 8) tuvo como objetivo el análisis del uso de geosintéticos, para el reforzamiento de bases granulares la estructuración óptima de un pavimento, un estudio de tipo aplicativo, la población de estudio ubicada en la zona de Túpac Amaru, como muestra el tramo Avenida los Insurgentes. "Los instrumentos empleados para entrevistar, consultar, análisis de documentos y proceso de datos" (9 pág. 106). El principal resultado es ejes sencillos de 18 kips:1.24x10⁶ esals y espesor del pavimento: 8 in (20.00 cm). Se concluyó que la aplicación de "una geomalla multiaxial polimérica colocado entre las capas de la estructura de una vía pavimentada o no, incrementando el módulo según la normas aplicadas al material granular como también de la capacidad portante del suelo y reduce considerablemente las tensiones que se transmiten a la subrasante" (9 pág. 200).

Arce, Silva; Ayllen, Mayra. (2016), "**Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle Alemania–La Molina-Cajamarca**" (10 pág. 2), tuvo como objetivo evaluar la subrasante con geomalla multiaxial tipo TX140 y TX160 en un tramo de la calle Alemania. Es una investigación del tipo descriptiva; la población de esta tesis está constituida por la calle Alemania. La muestra está asignado por el diseño de la subrasante con geomallas multiaxiales, aplicándose para 80 metros de la calle, "como producto se obtuvo un aumento de la capacidad de soporte suelo de la subrasante y la reducción de espesores, contrastar con el diseño patrón, notándose un ahorro considerable de material con porcentajes de 54% y 72% con las geomallas multiaxiales tipo Tx140 y Tx160 respectivamente" (10 pág. 10). Se concluyó que "las geomallas multiaxiales tipo TX140 y TX160, logrando optimizar la subrasante, en un promedio de 63%, estos datos están incluidos en el intervalo de mejora (46% a 92%) fijado por el Dr. Steve Perkins" (10 pág. 58).

Miranda, Eddy (2019). ***“Diseño de una base granular reforzada con Geomalla Biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba -Ongón. Provincia de Pataz. La Libertad”*** (11 pág. 15), tuvo como objetivo hacer el “Diseño de la capa base granular reforzada con geomalla biaxial; para que de esta manera mejorare la calidad de pavimentos flexibles” (11 pág. 15), como tipo de estudio experimental y bibliográfica; La muestra estuvo determinado por 15,753.79 m, se consiguió como respuesta a la investigación realizada, que la geomalla LBO 202 dio una reducción de 4% en la base y 43% en la subbase respectivamente y la geomalla biaxial LBO 302 dio una reducción de un 8% la base y 50% la subbase respectivamente a la estructura del pavimento flexible, por otra parte, los precios llegan a reducirse en 2.31% y 3.73% respectivamente. En conclusión, en proyectos viales se necesita que la composición del pavimento tenga la disposición de admitir aceptando las cargas dinámicas aplicadas de tal manera que cumpla con su vida útil, para ello se utilizan varios metodologías de diseño que primordialmente se fundamentan en ofrecer espesor a las capas que conforman la estructura del pavimento” (11 pág. 88).

Guzmán, Miguel Ángel (2018). ***“Influencia de los Geosintéticos en el Dimensionamiento de los Espesores de las Capas del Pavimento Flexible”*** (12 pág. 11) Tuvo como propósito detallar la predominación de los geosintéticos en la estimación de los espesores de las capas del pavimento flexible en las calles del centro de Huamalí. La investigación es del tipo: aplicada. Como población la zona del distrito de Huamalí, de 7.5 km, la muestra comprende 7 vías locales, que suman en total 27 tramos con un promedio de 3.4 Km, las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de datos la revisión documental y revisión literaria. Se concluyó que, “las dimensiones de los espesores de cada capa del pavimento flexible, se pudo saber que el geosintético tipo geomalla o BPBX12 (30 KN/m) influye en la reducción notable del espesor de cada capa están diseñadas en un intervalo entre 3 a 5 cm” (12 pág. 61).

Novoa, Lloni (2017). "**Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 2017**" (13 pág. 1), tuvo como propósito primordial es "definir si la geomalla multiaxial como refuerzo es una opción técnica y económica que es posible sin disminuir la capacidad estructural de soporte de cargas de tránsito admisible de la vía en el proyecto de análisis" (13 pág. 14). El tipo de estudio fue aplicada, cuantitativa y longitudinal, "la población quedó conformada por los datos cuantitativo en la estabilización de suelos blandos en la Avenida Trapiche Chillón" (13 pág. 53), la muestra fue igual a la población, como técnica se utilizó procesamiento manual y electrónico, como instrumento se utilizó guía de entrevista y cuestionario. Se concluyó que la estructura total del pavimento flexible sin geosintético tipo geomalla de una dimensión de 50cm, carpeta de rodadura asfáltico de 10cm, base de 15cm y sub-base de 25cm. "La utilización de geomalla triaxial para reforzamiento, permitió disminuir el grosor del pavimento a 27.5cm, representó una reducción de 45% en el espesor total del pavimento" (13 pág. 53).

Cárdenas, Carlos (2019), "**Evaluación de la resistencia obtenida mediante un ensayo de flexión bajo carga monotónica en especímenes de mezcla asfáltica reforzada con geomallas**" (14 pág. 1), tuvo como objetivo evaluar mediante ensayo a flexión en muestras prismáticas de mezcla asfáltica la respuesta bajo carga monotónica, usando geomallas de refuerzo en el tercio inferior del espécimen. Fue un estudio de tipo aplicado y experimental, como muestra se utilizó la mezcla asfáltica MDC-19, el instrumento empleado en este ensayo se diseñó en la máquina Marshall. Se concluyó que el ensayo modificado con el cual se evaluó la flexión en muestras prismáticas de mezcla asfálticas es apropiado para el fin de la investigación, de los cuales mostraron resultados razonables, de acuerdo con la configuración de muestras y ensayos propuestos. Vigas reforzadas con geomalla al 5% promedio 7.245 KN coeficiente de variación 2.18% y Vigas reforzadas con geomalla al 5.50% promedio 8.1275 KN coeficiente de variación 2.84%.

Jordan Orrala y Suárez González (2017). ***“Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado a vías de acceso a la ciudadela La Milina del Cantón Salinas”*** (15 pág. 1), “tuvo como propósito primordial investigar la utilización de geosintéticos como refuerzo en el diseño de pavimentos flexibles con el objetivo de hacer mejor el accionar estructural” (15 pág. 25) , la investigación fue de tipo aplicada, como productos alcanzados se han realizado de un suelo blando con una disminución capacidad portante con un CBR menor al 3%, para equiparar (...), como productos para “el método de AASHTO 93 fue que la sub base 27’, base de 11’ y una carpeta 4’, reforzado con geomalla biaxial, concluyeron que la sub base de 22’, base de 6’ y carpeta rodadura asfáltica de 4” (15 pág. 133), en resumen la reducción de los espesores es de un 2% que representa una opción con mayor porcentaje de una posibilidad de que reduce los espesores para de esta forma llevar a cabo más posible el proyecto en lo económico.

Chura, Eder y Romero, Saúl (2017) ***“Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+ 000 al km 00+ 750 del campus universitario UPEU”*** (16 pág. 2) tuvo como propósito la estabilización de los suelos cohesivos mediante la utilización de geomallas, geotextil cal y cemento. Tipo de estudio cuantitativo. La muestra está definida por Las calicatas ubicados longitudinalmente de forma alternada a 4.5 m. aproximadamente espaciadas a 250m. desde km 00+00 al km 00+750 a una profundidad de 1.5 m. mínima, como conclusión Capa Asfáltica disminución de espesor 0%, Capa de Base disminución de espesor 23.08- 30.77% y Capa de sub base disminución de espesor 28% (16 pág. 107).

Chávez, Rocío (2018), "***Diseño Del Pavimento Flexible Para La Av. Morales Duárez, De La Vía Expresa Línea Amarilla En La Ciudad De Lima***" (8 pág. 5), tuvo objetivo, "diseñar la composición de un pavimento flexible para la Av. Morales Duárez de la Vía Expresa - Línea Amarilla. Tipo de investigación explicativo, diseño de investigación experimental y la muestra de 1430 puntos y 149 mezclas y la siguiente muestra y validación se llevó a cabo con 1320 puntos y 56 mezclas adicionales" (8 pág. 15). El resultado de "ensayos ejecutados en el tramo entre los Viaductos 1 e 2, los cuales, como producto un CBR de diseño para la subrasante de 28,0%. y como conclusión un CBR de diseño para la subrasante de 28,0%" (8 pág. 61).

Hinostroza, Hinosgar (2018), "***Diseño De Pavimento Flexible Reforzado Con Geomallas Para La Reducción De La Estructura Del Pavimento***" (17 pág. 1), tuvo como objetivo "Desarrollar el diseño de un pavimento flexible reforzado para disminuir la composición de la estructura del pavimento. Tipo de investigación es cuantitativo de nivel descriptivo – explicativo, tuvo como muestra el tramo Abra Toccto – Condorccocho" (17 pág. 14). Tuvo como principal resultado "muy próximos y que para fines constructivos se considera 15 cm para la capa Base y 20 cm para la capa subbase, este diseño puede ser respaldado por los diseños hechos por Maccaferri y Tensar, mientras que Pavco tiene limitaciones pues reduce la estructura del pavimento arbitrariamente, proporcionando espesores finales" (17 pág. 87). Como conclusión "el diseño puede representar una solución para lugares donde no se encuentre material granular para usar como base o sub base y una reducción sobre los impactos en el medio ambiente producido por la explotación de las canteras que engloba un proyecto y existe una variación en los costos de la construcción del pavimento flexible reforzado, este representa un 0.53% del costo del proyecto," (17 pág. 88).

Geosintéticos

Según la Norma ASTM D4439 (2015) “Los geosintéticos se especifican como un producto plano fabricado con tela polimérica aplicado para un entrelazado con el suelo, rocas, tierra u otro tejido relacionado con la ingeniería geotécnica, inclusive como parte indispensable de un proyecto desarrollado por el hombre” de tal modo que también se considera principalmente de que los geosintéticos según (Calvarano,2017) “la utilidad de refuerzo geosintético ubicado sobre una subrasante débil permite aumentar considerablemente el cumplimiento óptimo de estas carreteras” (18) del mismo modo(Kawalec, 2019),indica que los geosintéticos “podrían facilitar una mejora real en el rendimiento de la capa de agregado” (19) . De esta manera los geosintéticos aportaran funciones fundamentales como separación, refuerzo, filtración, drenaje y contención. Hay distintos tipos de geosintéticos de acuerdo con la funcionalidad principal o primordial que cumplan.

Tabla N° 1:Tipo de Geosintéticos

Tipos de Geosintéticos	Función Primaria				
	Separación	Refuerzo	Filtración	Drenaje	Contención
Geotextil	x	X	x	x	
Geomalla		x			
Geonet				X	
Geo membrana					X
Revest. Geosintético de Arcilla					X
Geodren				x	
Geo espuma	x				
Geocompuesto	x	x	x	X	X

Fuente: Elaboración propia

Clasificación de los Geosintéticos

Geotextiles

“Son materiales flexibles y permeables a fluidos fabricados de fibras sintéticas como el poliéster o polipropileno” (20 pág. 2) (Gráfico N° 1). También “Los geotextiles se han utilizado eficazmente para el refuerzo de suelos” (21).

Geomallas

“Son configuraciones tridimensionales, con la opción de ser mono, bi-orientadas o tri-orientadas confeccionado en polietileno de alta consistencia de un procedimiento de extrusión” (22 pág. 2)(Gráfico N°2), este “geosintético proporciona a un pavimento de capacidad portante de suelo débil como función de reforzamiento” (23).

Geomenbranas

“Son láminas poliméricas impermeables confeccionados en cloruro de polivinilo (PVC), su funcionalidad es volver a su condición inicial los canales y controlar la erosión” (22 pág. 2) (Gráfico N° 3).

Geocompuestos

“Son el resultado de la unión de un geotextil no tejido a un geomalla, permitiendo la interacción con el suelo reforzado” (22 pág. 2) (Gráfico N°4), su aplicación permite también “con el objetivo de cambiar la velocidad de transmisión en capas asfálticas de fisuras procedentes de capas subyacentes rehabilitadas” (24).

Geoceldas

“Son sistemas tridimensionales de confinamiento celular fabricadas en paneles de polietileno o polipropileno. De alta resistencia sirven de confinamiento de cargas” (20 pág. 2)(Gráfico N°5).

Gráfico N° 1 Geosintéticos



Fuente: IGS

Gráfico N° 2 Geomallas



Fuente: IGS

Gráfico N° 3 Geomenbrana



Fuente: IGS

Gráfico N° 4 Geocompuesto



Fuente: IGS

Geomalla

Según Manual de carreteras (2013) “La geomalla es un material geosintético que incluye unidades de nervaduras paralelas conectadas con aberturas de longitud suficiente para permitir que el suelo, la piedra o diferentes tejidos geotécnicos se entrelacen de manera periférica” (25).

Clasificación de Geomallas

La clasificación de geomallas de acuerdo al manual de carreteras (2013) nos menciona que “Con los años, las geomallas se han clasificado de acuerdo con diversos estándares. Según el documento ETL1110-1189 del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos” (26 pág. 110), podemos clasificarlas en dos grupos principalmente: De acuerdo al desarrollo de refuerzo: geomallas uniaxiales, biaxiales, geomallas multiaxiales por su fabricación: geomallas extruidas, geomallas tejidas, geomallas soldadas.

Geomalla Uniaxiales

“Geomallas fabricadas a partir de polietileno de alta densidad. Perforadas y estiradas. Se utilizan principalmente en muros de suelo mecánicamente reforzado, en taludes reforzados y refuerzo de terraplenes” (27).

Gráfico N° 5 Geomalla Uniaxial

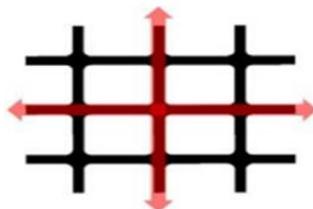


Fuente: Tensar,2017

Geomalla Biaxiales

“Geomallas fabricadas de polipropileno, perforadas y estiradas, con alta rigidez torsional. Se utilizan comúnmente en estructuras de pavimentos, refuerzo de base o refuerzo de sub-rasante” (27).

Gráfico N° 6 Geomalla Biaxial

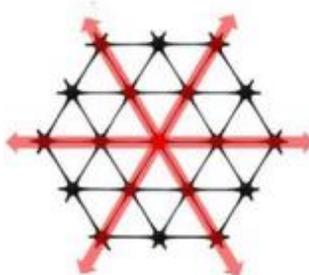


Fuente: Tensar,2017

Geomalla Triaxial

“Las propiedades multidireccionales de la geomalla triaxial, se benefician de la geometría triangular siendo una de las estructuras más estables y ampliamente utilizadas de la construcción, para proporcionar un mayor nivel de rigidez en el plano. Su estructura triangular, unida a la mejora de la geometría de las costillas y de las juntas, estas ofrecen a la industria de la construcción una opción mejorada a los materiales y prácticas estándar” (27 pág. a), aportando otro beneficio como según (Qian,2011),“Las geomallas de apertura triangular mejoraran el rendimiento del capas de base reforzados sobre la subrasante débil en comparación con una base no reforzada” (28 pág. 90).

Gráfico N° 7 Geomalla Triaxial



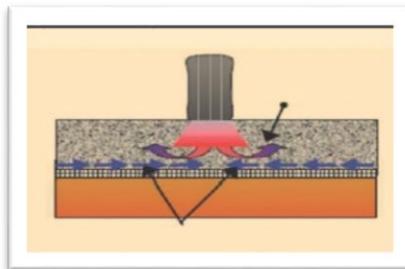
Fuente: Tensar,2017

Mecanismos de Refuerzo generado por Geomallas

a) Confinamiento lateral de base y sub base

“El confinamiento lateral de los materiales granulares (Base o Subbase) se desarrolla a través de la fricción y trabazón de la geomalla con el agregado” (29 pág. 44). Según (Jiménez, et al 2017) “Esto se presenta debido a que los módulos de los materiales granulares dependen del estado de esfuerzos, al aumentar el confinamiento lateral, aumenta el módulo de la capa granular sobre la Geomalla. Del gráfico N° 8 se puede ver cómo es que la Geomalla proporciona dicha trabazón al incluirse dentro del material granular” (30 pág. 4) ,al someterse una carga determinada de tráfico vehicular, el suelo tiene una tendencia al movimiento lateral, pero como está presente la geomalla los esfuerzos generados por esta le da mayor estabilidad al pavimento.

Gráfico N° 8 Confinamiento Lateral

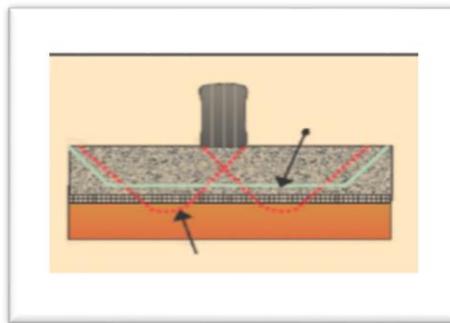


Fuente: Holtz et al 1998

b) Mejoramiento de la capacidad portante

La presencia de geomallas en un suelo con cargas en la superficie aporta rigidez limitando las deformaciones en las capas del pavimento por lo que “el mejoramiento de la capacidad portante se logra desplazando la superficie de falla del sistema del terreno natural blando hacia la capa granular de mucha más resistencia” (30 pág. 4). En el gráfico N°9, podemos ver la geomalla al utilizarse desarrolla una resistencia a la tracción, cuando hay movimiento lateral en un terreno blando.

Gráfico N° 9 Capacidad Portante

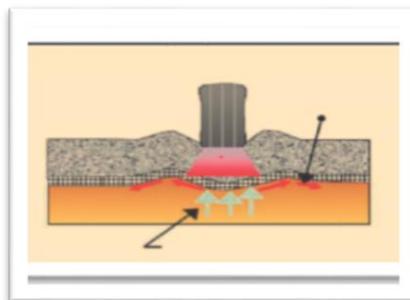


Fuente: Holtz *et al* 1998

c) Membrana Tensionada

Para esta propiedad (Jiménez,2017) nos comenta que “la geomalla permite distribuir las cargas aplicadas de mejor manera, logrando que los componentes de esfuerzos cortantes y verticales se disipen antes de llegar al terreno natural” (30 pág. 4).

Gráfico N° 10 Membrana Tensionada



Fuente: Holtz *et al* 1998

Propiedades Físicas – Mecánicas

Físicas

Estas propiedades físicas están las aberturas longitudinal y transversal estas se determinan realizando mediciones directas en laboratorio con instrumentos calibrados.

Mecánicas

“La propiedad mecánica de una geomalla es resistencia de la costilla simple y junta, la comprobación de costilla única incluye la medición de la resistencia a la tracción de una costilla de geomalla esta comprobación se prueba con una carga regular de alargamiento o deformación”, norma ASTM D 6637(2013).

Estructura Del Pavimento Flexible

“El pavimento flexible se apoya sobre el terreno de fundación o subrasante, está conformado por capas de diversas características y espesores, que obedecen a un diseño estructural y funcional destinado a soportar cargas provenientes del tráfico vehicular principalmente” (31 pág. 4).

Espesor de Capas:

Según (26; 25 pág. 26) “Es un sistema estructural compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura asfáltica, una superficie de rodamiento constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera una capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares”.

Metodología De Diseño Pavimento Flexibles

Los métodos de diseño de pavimentos flexibles se han desarrollado en estos últimos años de las cuales de solo ser un método empírico paso a ser un método empírico – mecánico según (32) “Esta nueva metodología utiliza la información detallada del tráfico, del clima y de la estructura del pavimento para obtener predicciones precisas de desempeño, proporcionando un mejor diseño”, mientras que la metodología empírica en correspondencia el comportamiento de los pavimentos se da en el propio lugar de trabajo de campo, a través de observaciones y mediciones, con factores que causan los mecanismos de deterioro en estas estructuras. “Por otra parte, los métodos analíticos consideran como estado de esfuerzo y deformación en la que experimentan las capas de la estructura del pavimento y su comportamiento de tensión y deformación utilizan programas informáticos” (Hernández, D,2017).

Método Aashto 93 para el Diseño de Pavimentos Flexibles

“El método AASHTO 1993 utiliza el número estructural SN para cuantificar la resistencia estructural que el pavimento requiere para determinada capacidad de soporte del suelo, tráfico esperado y pérdida de serviciabilidad. Con la ecuación de diseño empírica usada en AASHTO 93 se busca el número estructural requerido para el proyecto” (31 pág. 107).

Método de Diseño con Geomallas

“Los pavimentos flexibles están diseñados para absorber y disipar los esfuerzos generados por el tráfico”, “una de las metodologías más utilizadas para el diseño de pavimentos flexibles” (33 pág. 83) y que en la actualidad está vigente. En base a esa teoría desarrollada el AASHTO R50 (2009), una metodología que incluye la geomalla como refuerzo de base dentro del diseño de capas de la estructura de un pavimento flexible siendo esta es “una de las formas de mejorar el rendimiento o reducir el espesor del pavimento” (34).

Software SpectraPave

Es un programa que se basa en la metodología AASHTO R50-09 (AASHTO, 2009), que incluye a los geomallas según (Tensar,2017):

El software de diseño SpectraPave fue desarrollado por Tensar International Corporación, Inc. (TIC) para el análisis y diseño pavimentados y sin pavimentar, lo que permite considerar una amplia gama de condiciones. Además, el diseño de caminos de acceso y transporte con superficie de piedra temporal, así como carreteras y estacionamientos permanentes de superficie dura, se puede investigar para diversas condiciones utilizando este software. SpectraPave contiene módulos de diseño para la estabilización de la subrasante, la mejora de la base del pavimento y la optimización del pavimento, junto con un módulo separado para la entrada de información específica del usuario y del proyecto. Manual.

Marco Normativo

Pavimentos Urbanos

Según la Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos (2010), “tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimento” (35 pág. 10).

Manual de Carreteras

Según (26) ,”forma parte de los manuales de carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Infraestructura Vial y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y local”.

III. METODOLOGÍA

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

Este estudio es de tipo Aplicada, puesto que tiene como objetivo resolver un problema específico, centrándose en la búsqueda y consolidación de conocimientos para su aplicación con el propósito de beneficiar a la sociedad, “la investigación aplicada se denota como “investigación práctica o empírica”, caracterizada porque busca la utilizar de los conocimientos adquiridos, al mismo tiempo obtener otros, después aplicar y sistematizar la práctica basada en investigación”. (Murillo,2008).

Diseño de investigación:

“La presente investigación es cuasi experimental porque el diseño de investigación es definido como “un conjunto de reglas mediante las cuales obtendremos observaciones del fenómeno que constituyen el objeto de nuestro estudio” o como “muestra de toda investigación científica, aplicable tanto en las investigaciones experimentales como a otras no experimentales” (Bunge, 1996).

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Aplicación del geomalla

Definición Conceptual:

“La geomalla es un material geosintético que consiste en juegos de costillas paralelas conectadas con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante” (Koerner, 2012).

Definición Operacional:

La geomalla biaxial y triaxial, se aplicará a un pavimento flexible a través de los métodos Aashto 93 y Aastho R50 respectivamente y se compara con el Aastho

convencional de un pavimento según la ASTM D 6637 es la norma estándar. Los ensayos se realizan a lo largo del eje TD y MD, paralelamente a la orientación de las costillas

Variable Dependiente: Aspecto técnico económico del espesor de las capas.

Definición Conceptual:

Según el Manual de Carretera (2014) “Es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos” (26).

Definición Operacional:

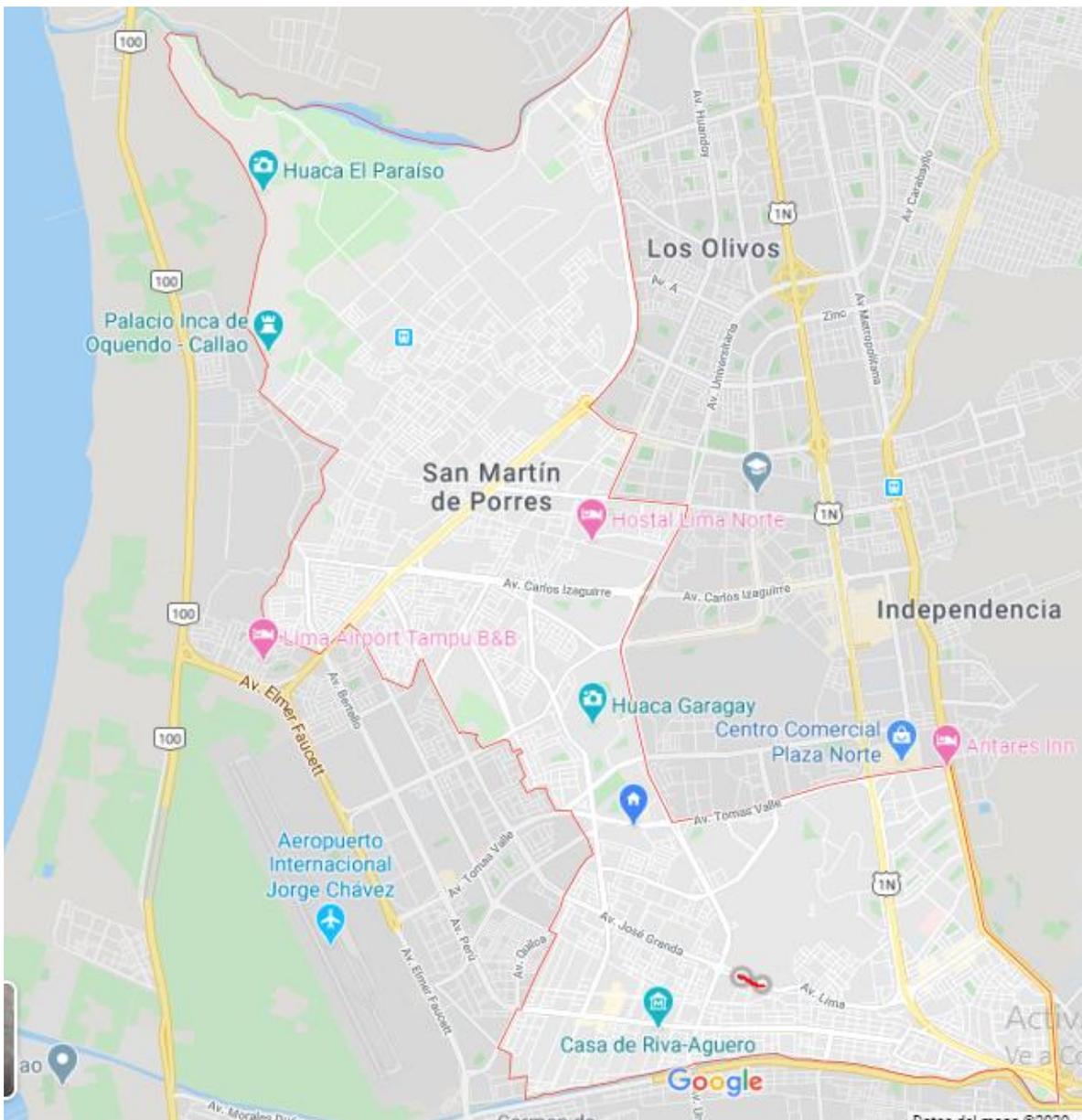
Para poder determinar los espesores de los pavimentos flexibles se va a tener que usar el método Aashto es un método que recomienda el instituto de asfalto. Para biaxial Aashto 93 y para triaxial Aashto R50.

3.3. Población, Muestra y Muestreo

Población

“La población o universo es un grupo de individuos, objetos, elementos o fenómenos que se encuentran dentro de un área o territorio y de los cuales se quiere investigar sobre ciertas características en común” (Carrillo, 2015). La población en este estudio son los pavimentos de la Av. José Granda - San Martín de Porres.

Gráfico N° 11 Ubicación Del Tramo En Estudio



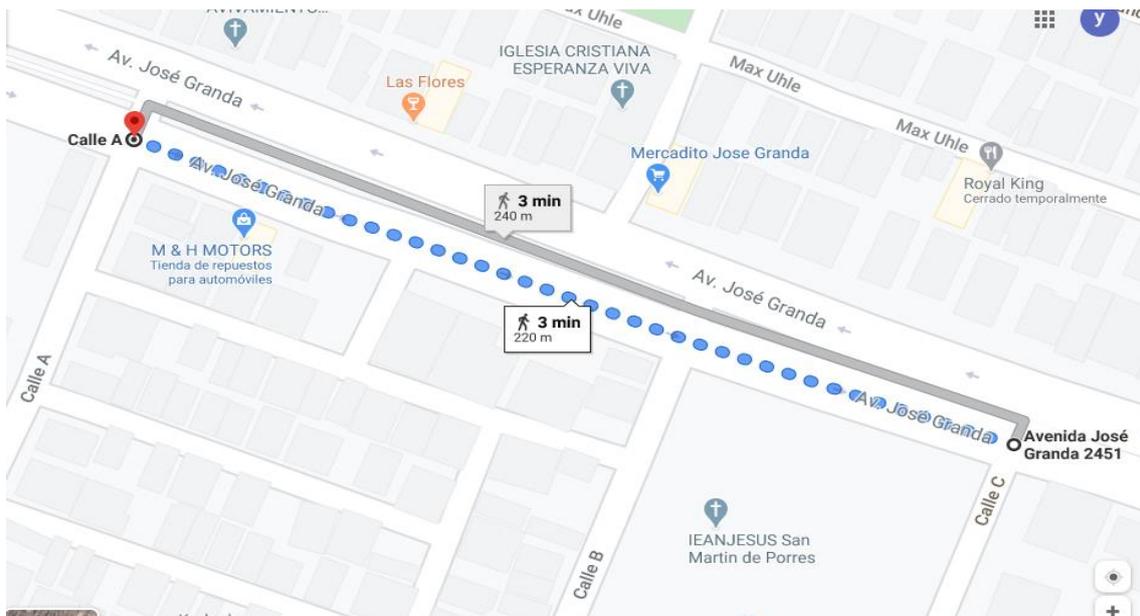
Fuente: Google Maps

Muestra

Según (Hernandez,2014) define que “Es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (36).

En este trabajo el estudio de la muestra es no probabilística porque está establecido por el diseño del pavimento empleando geomallas ya sea biaxiales o triaxiales como entorno de aplicación. Se tomó en cuenta del expediente técnico realizado por EMAPE SNIP 195260- 2016. Este trabajo considera tomar el tramo en estudio por presentar mayor cantidad de fallas a causa del tráfico vehicular de las cuadras 24-25 de la Avenida José Granda – San Martín de Porres por lo que se desarrollarán tres calicatas según (Manual de Carreteras, 2014).

Gráfico N° 12 Longitud del tramo en Estudio



Fuente: Google Maps

Muestreo

Según (Arias,1999), define el muestreo no probabilístico como “un procedimiento de elección donde se desconoce la probabilidad que presentan los elementos de la población para integrar la muestra” (p.22). Se desarrollará el estudio de suelos del tramo de la Cuadra 24-25 de la Avenida José Granda- Distrito de San Martín de Porres, por lo que se sacará muestras en tres calicatas para realizar estudios de suelos en el laboratorio, Según RNE C. 010 de Pavimentos urbanos (35).

Tabla N° 2: Cuadro de calicatas

CALICATAS Nº	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD (M)	PROGRESIVA
C-01	Calle A	1.5 m	KM 0+000
C-02	Calle B	1.5 m	KM 0+100
C-03	Calle C	1.5 m	KM 0+200

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas

“Se encuentra una gran variedad de técnicas para recolectar datos o información, las cuales a su vez son complementarias entre sí más no excluyentes. Entre estas se tiene: las encuestas, la observación directa, entrevistas y los experimentos estandarizadas” (Borja, 2016), El presente proyecto de investigación utilizara como técnica la observación directa.

Instrumentos de recolección de datos

“Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente” (Grinnell, 2009). Según (Mendoza, 2014) “Un instrumento está asociado a la observación son: Guías de observación, lista de control, registro anecdótico y ficha de observación”. En este proyecto se

desarrollará a través del uso de fichas de registro de datos, basado en la definición que es sustento para desarrollar el proyecto de investigación.

Ficha de Registro de datos

Se considera una lista de fichas de Registro de datos según las dimensiones de la variable dependiente

Tabla N° 3: Cuadro de Fichas

Ficha técnica N° 01:	Capacidad portante: ANEXO N° 03
Ficha técnica N° 02:	Número estructural: ANEXO N° 04
Ficha técnica N° 03:	Espesor de Capas: ANEXO N° 05
Ficha técnica N° 04:	Costo de materiales: ANEXO N° 06
Ficha técnica N° 05:	Costo de equipos: ANEXO N° 07

Fuente: Elaboración propia

Validez

Según (Hernandez,2014) define que “La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (36) ,donde debe de considerarse el juicio de tres expertos en la materia de tal manera que den una validación y se verifique la certeza de la investigación se define también como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (Escobar, 2008).La ficha técnica de recolección de datos se validará mediante el juicio de tres expertos.

Confiabilidad

Para el desarrollo de “la investigación es necesario tener en cuenta una herramienta fundamental que nos facilitara el desarrollo y a la vez le da a confiabilidad para medir y con la frecuencia que es aplicada a un mismo individuo u objeto nos entrega un mismo resultado” (36) (Hernández Sampieri, 2013). Para esta investigación es necesario considerar los certificados de calibración de los equipos nos dará la confiabilidad de los resultados obtenidos. Por lo que se utilizó el software Spectra Pave y como garantía de confiabilidad se presenta la licencia en el Anexo N°8

3.5. Procedimientos

Descripción de la zona

La Avenida José Granda se caracteriza por ser una vía principal que circulan vehículos pesados, de transporte público y de taxis lo que ocasiona daños estructurales al pavimento flexible.

- Limites:

Norte: Av. Tomas Valle

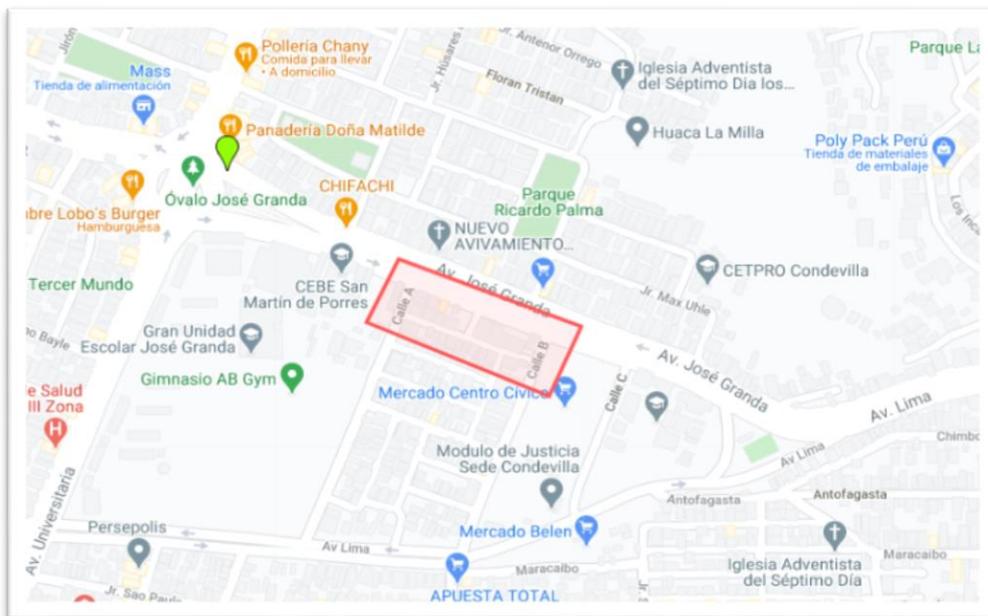
Sur: Av. Lima y Av. Perú

Este: Av. Lima y Av. Habich

Oeste: Av. Universitaria

- Su ubicación

Gráfico N° 13 Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Google Maps

Acopio de materiales y trabajo de campo

Los materiales para reducir espesores de capa, mejorar la capacidad portante y la serviciabilidad en pavimentos flexibles son las geomallas biaxiales y triaxiales. El trabajo de campo se desarrolla con la exploración de calicatas para su posterior análisis en laboratorio.

Estudios de suelos

El estudio de suelos es parte fundamental para realizar el diseño de un pavimento flexible. Conocer las características del suelo se toma en cuenta realizar “Los ensayos de laboratorio que se desarrollaran estan de acuerdo a las normas vigentes de la American Society For Testing and Materials” (ASTM,2015), que a su vez nos darán resultados que se utilizaran en la aplicación de geomallas.

Los ensayos realizados en laboratorio son:

- Análisis Granulométrico ASTM D 422)
- Límites de Consistencia (ASTM D 4318)
- Contenido de Humedad (ASTM D 2216)
- Clasificación SUCS (ASTM D 516)
- Clasificación AASHTO M- 145
- Ensayos de Proctor Modificado (ASTM D 1557)
- Ensayos de CBR (AASHTO-T-183, ASTM D 1883)

Diseño convencional para pavimento flexible

- Dimensionamiento de espesores del pavimento flexible (AASHTO, 1993)

Diseño de pavimento flexible con geomallas

- “Dimensionamiento de espesores de capas del pavimento flexible el método que se utilizará para incluir a los geomallas será por medio de método AASHTO R50-09” (AASHTO, 2009).

Comparación técnica económica de pavimento flexible sin reforzamiento y con reforzamiento

- Cuadro comparativo de dimensionamiento de espesores
- Cuadro comparativo de costo de materiales y equipos

3.6. Método de análisis de datos

“El método análisis de datos consideran los niveles de medición de las variables que mediante la estadística descriptiva podrá ser medida para su posterior análisis de resultados” (Sampieri,2014). En el caso de la estadística de análisis descriptivo, este tipo de metodología proporciona un enfoque por el que se confecciona un resumen de información que dan los datos de una muestra. Es decir, “su meta es hacer síntesis de la información para arrojar precisión, sencillez y aclarar y ordenar los datos”. (Cognodata,2019). Para desarrollar el proyecto con todo aquello que se va a recoger de datos para su interpretación se trabajará a nivel descriptivo inferencial porque este proceso se concluirá a partir de premisas.

3.7. Aspectos éticos

En este punto se respetará la veracidad y confiabilidad de los resultados de las investigaciones realizadas antes del presente proyecto, así mismo se referenciará todo documento que ayude a esta investigación respetando licencias de autor, licencia de software y que estará bajo la calibración del turnitin.

IV. RESULTADOS

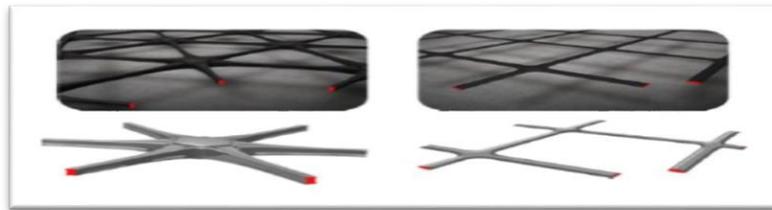
IV. RESULTADOS

Desarrollo del procedimiento

Etapa 1: Adquisición de materiales

Se inició con la adquisición de materiales que se utilizaron para el diseño de un pavimento reforzado con geomalla biaxial y otro con geomalla triaxial Tensar. Estas geomallas “presentan propiedades mecánicas a la tracción (resistencia y deformación), según las normas ASTM D6637 y ASTM D4595” (37).

Gráfico N° 14 Geomallas Triaxial y Biaxial Tensar



Fuente (tensar 2013)

Etapa 2: Trabajo de campo

Exploración de calicatas:

Para este proceso se realizó una excavación con dimensiones estandarizadas se tomó muestras de suelo que fueron enviadas al laboratorio para su posterior análisis en un Laboratorio de suelos, la sección para este proyecto será de 1.2x1.5 m² con una profundidad de 1.50m. (26).

Gráfico N° 15 Exploración de calicatas



Fuente: MTL Geotecnia

Etapa 3: Ensayos de laboratorio

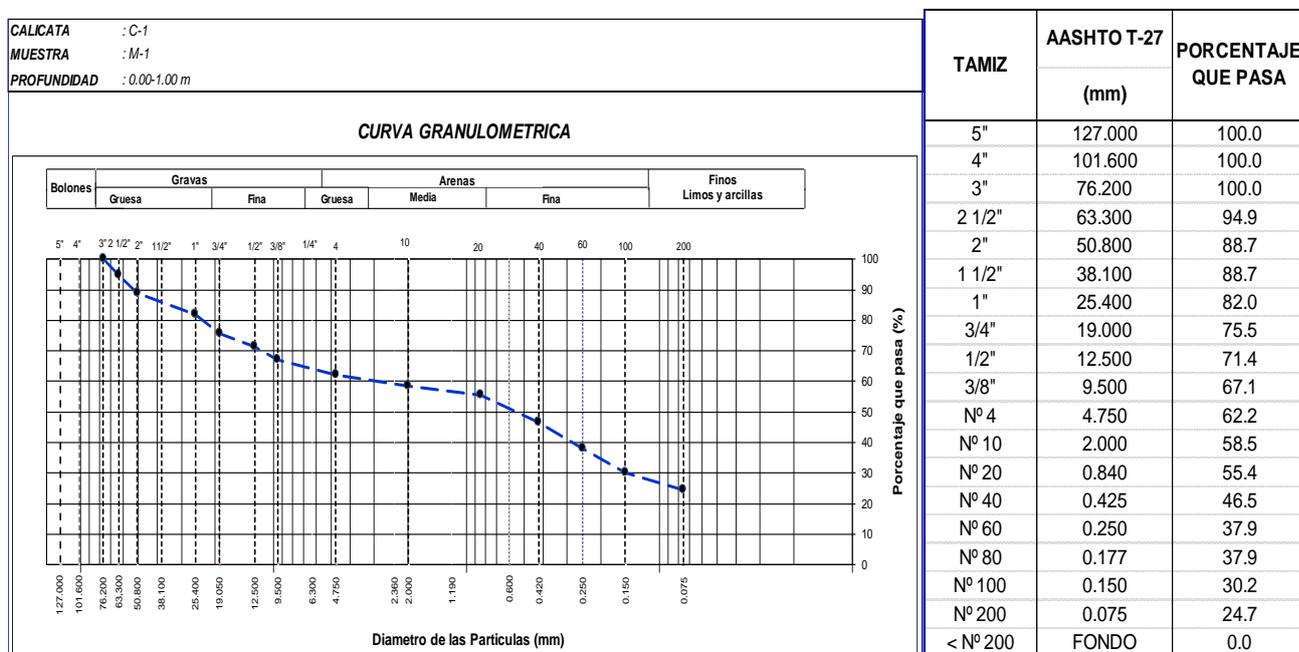
En esta investigación se consideró como objetivo principal la aplicación de geomalla para determinar el espesor de capas pavimento flexible, para mejorar la capacidad portante, la serviciabilidad. Según (MTC,2016) “que toma como referencia la normatividad de las instituciones técnicas reconocidas internacionalmente, tales como AASHTO, ASTM, Instituto del Asfalto ACI, NTP, entre otras” (38). Teniendo en consideración que, como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial se encuentra en permanente cambio e innovación. Se consideró los siguientes ensayos de laboratorio:

Análisis Granulométrico

El ensayo de granulometría es un ensayo básico en mecánica de suelo, permite dibujar una curva granulométrica que indica aproximadamente el comportamiento del suelo y que está influenciado por el tamaño de las partículas del mismo y cómo se distribuyen en peso, según la norma ASTM D 422.

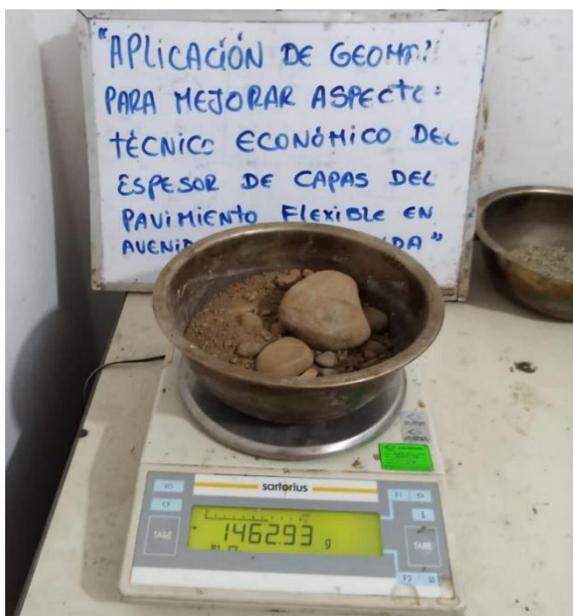
El cuadro que se muestra viene a ser la curva granulométrica de la calicata N° 03 control.

Gráfico N° 16 Curva Granulométrica



Fuente: MTL Geotecnia

Gráfico N° 17 Peso de la muestra



Fuente: MTL Geotecnia

Gráfico N° 18 Tamizado



Fuente: MTL Geotecnia

Límites De Consistencia

El límite de consistencia consta de Límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad. El primero es la frontera entre los estado líquido y plástico del suelo. El segundo es aquel en el que el suelo puede moldearse sin que se rompa o agriete y el índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el plástico, según ASTM D1557/MTC E -115 y norma técnica peruana (NTP 339.129). Se muestra un cuadro resumen de las tres calicatas, de cada calicata se tomó dos muestras, una a una profundidad de 0m a 1.0 m y la otra 1.0 m a 1.5 m.

Tabla N° 4: Límites de Consistencia

Calicata N°	Profundidad (m)	Muestra	Contenido de Humedad (%)	Límites de Consistencia		
				LL	LP	IP
01	0.00 - 1.00	M1	1.7	23%	21%	2%
	1.00 - 1.50	M2	3.6	27%	23%	4%
02	0.00 - 1.00	M1	1.6	23%	21%	2%
	1.00 - 1.50	M2	3.3	26%	22%	4%
03	0.00 - 1.00	M1	1.4	24%	22%	2%
	1.00 - 1.50	M2	3.0	27%	22%	5%

Fuente: Elaboración propia

Proctor Modificado

Proctor estándar se utiliza para determinar el peso unitario seco máximo de un suelo y la humedad óptima en esta prueba la muestra seca de suelo se mezcla con agua y se compacta en un molde cilíndrico, el suelo que se coloca en este molde es colocado en tres capas y cada una de esas capas se compacta mediante golpes, con esto se determina la energía de compactación, según ASTM D 1557, MTC 115.

Gráfico N° 19 Compactación de la muestra



Fuente: MTL Geotecnia

Gráfico N° 20 Peso seco y húmedo



Fuente: MTL Geotecnia

Tabla N° 5 Proctor Modificado

PROCTOR MODIFICADO	
MAXIMA DENSIDAD SECA (MDS)	CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA (OCH)
2.021 gr/cm ³	9.4 %

Fuente: Elaboración propia

California Bearing Ratio (CBR)

Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado, según ASTM 1883.

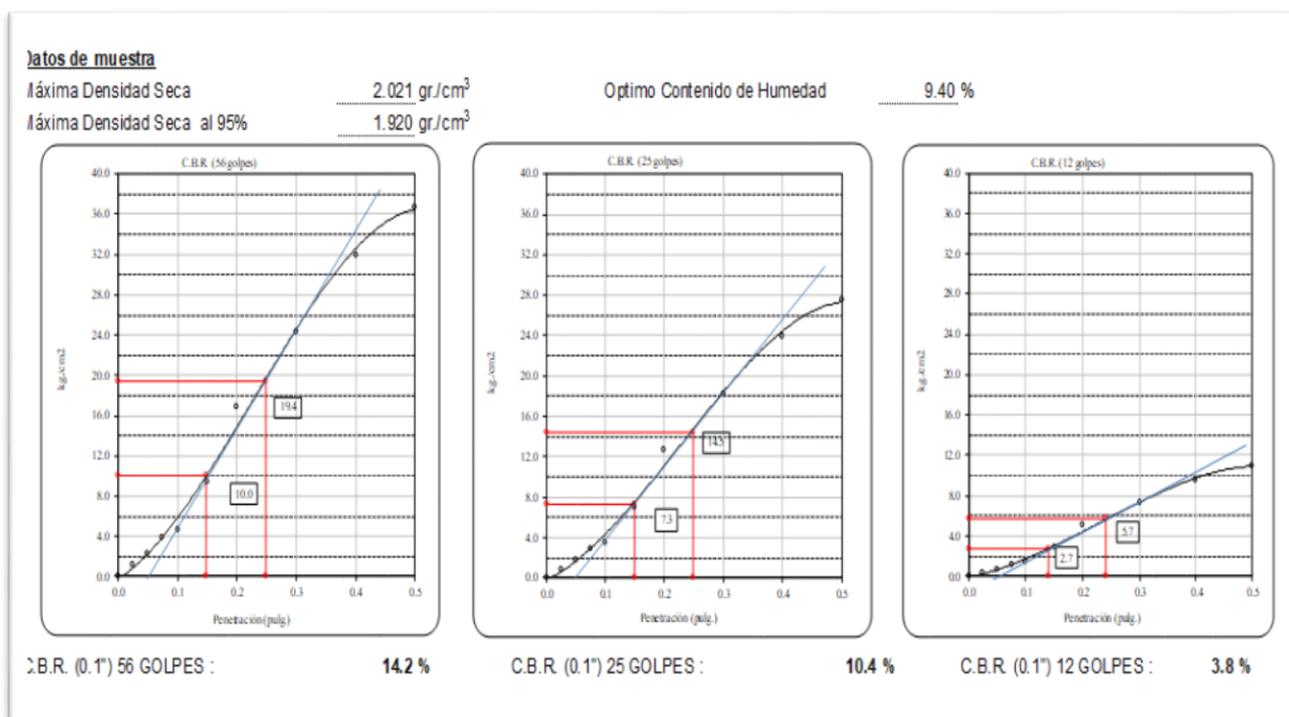
Según (Choudhary,2014) “El valor de California Bearing Ratio (CBR) es un parámetro de suelo importante para el diseño de pavimentos flexibles” en donde “el valor de California Bearing Ratio (CBR) de la subrasante se utiliza para el diseño de pavimentos flexibles” (39).Para esta investigación se realizó ensayos de la muestra control con tres diferentes moldes con “el objetivo de evaluar la capacidad de carga de un sistema de pavimento flexible sobre una subrasante débil reforzada con geomallas mediante la prueba de California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio” (40)

Gráfico N° 21 Determinación del CBR



Fuente: MTL Geotecnia

Gráfico N° 22 CBR Según Número De Golpes



Fuente: MTL Geotecnia

Perfil Estratigráfico

De la información que se obtuvo de los estudios de campo y de laboratorio se realizó una descripción del tipo de suelo que se encontró de las tres calicatas. Después que se desarrolló la clasificación de suelos por el sistema AASHTO, se elaboró el perfil estratigráfico de cada calicata, según ASTM 420.

Tabla N° 6: Datos geotécnicos

N	CALICATA Profundidad (m)	Muestra	Clasificación	
			SUCS	AASHTO
01	0.0 – 1.0	M-1	GM	A-1-b
	1.0 – 1.5	M-2	SM	A-4
02	0.0 – 1.0	M-1	GM	A-1-b
	1.0 – 1.5	M-2	SM	A-4
03	0.0 – 1.0	M-1	GM	A-2-4
	1.0 – 1.5	M-2	SM	A-4

Fuente Elaboración propia

Etapa 4: Diseño estructural del pavimento flexible aplicado en la Avenida José Granda tramo cuadra 24 - 25.

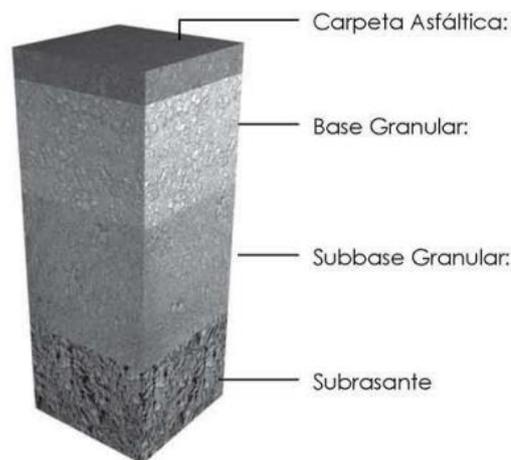
El diseño de la estructura del pavimento flexible en el presente proyecto utilizando el método AASHTO 93 toma en cuenta las recomendaciones del Ministerio de transportes y Comunicaciones que está regulado por las normas de pavimentos urbanos y el manual de carreteras 2013.

Pavimento Flexible

Son estructuras viales conformadas por una capa asfáltica o bituminosa en la parte superior apoyada sobre una o varias capas de menor rigidez, estas capas inferiores están compuestas en su mayoría con materiales granulares no tratados (compuestos naturales), todo el paquete estructural se soporta sobre la subrasante.

La transmisión de esfuerzos al terreno del soporte se produce mediante un mecanismo de disipación de tensiones, es decir presiones que van disminuyendo en su magnitud con la profundidad, en otras palabras, cada una de las capas recibe las cargas de la capa anterior las extiende y así sucesivamente a medida que avanza en profundidad en la estructura del pavimento flexible.

Gráfico N° 23 Estructura de Pavimento



Fuente: Manual de diseño con geosintéticos-PAVCO

Determinación de la estructura del pavimento

- **Sub base**

Es una capa de la estructural de pavimento que se encarga principalmente de soportar transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la capa de rodadura es decir donde circulan los vehículos de tal forma que la subrasante la pueda soportar. Como propiedades geotécnicas del presente proyecto tenemos según Manual de carreteras-EG-2013 y Pavimentos Urbanos CE010 datos obtenidos de los ensayos de laboratorio:

Tabla N° 7: Requerimiento para Subbase Granular

Datos geotécnicos				
Tamiz	% que Pasa en Peso Gradación D	Capacidad Portante (CBR)	Límite Líquido (LL)	Índice de Plasticidad (IP)
50 mm (2")	---	40%	26%	4%
25 mm (1")	100			
9,5 mm (3/8")	50 – 85			
4,75 mm (N° 4)	35 – 65			
2,0 mm (N° 10)	25 – 50			
4,25 \square m (N° 40)	15 – 30			
75 \square m (N° 200)				

Fuente propia

- **Base**

Es la otra capa de la estructura del pavimento que se encarga de distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el paso de los vehículos a las capas inferiores, en pavimentos flexibles se encuentran bajo la capa de rodadura es decir donde circulan los vehículos. Como propiedades geotécnicas del presente proyecto tenemos según Manual de carreteras-EG-2013 y Pavimentos Urbanos CE010 datos obtenidos de los ensayos de laboratorio:

Tabla N° 8: Requerimiento para la Base

Datos geotécnicos				
Tamiz	% que Pasa en Peso Gradación D	Capacidad Portante (CBR)	Límite Líquido (LL)	Índice de Plasticidad (IP)
50 mm (2")	---	80%	23%	2%
25 mm (1")	100			
9,5 mm (3/8")	50 – 85			
4,75 mm (N° 4)	35 – 65			
2,0 mm (N° 10)	25 – 50			
4,25 \square m (N° 40)	15 – 30			
75 \square m (N° 200)				

Fuente: Elaboración propia

- **Carpeta Asfáltica**

Esta capa es parte superior de la estructura del pavimento y que es la que recibe directamente cargas ocasionadas por el paso de vehículos, según (Janakiraman,2019) “el Tráfico pesado exige un pavimento de carretera fuerte, liso, duradero y bien mantenido “ (21) en tanto en pavimentos flexibles está se encuentra sobre la capa base. La composición de la carpeta asfáltica está condicionada a la norma CE.010 de Pavimentos Urbanos según siguientes cuadros.

Gráfico N° 24 Requerimientos de Pavimento Asfaltico

Agregados Gruesos de Mezclas Asfálticas en Caliente	Altitud (msnmm) < 3000	Según normas establecidas: NPT400.016:1999, NPT 400.019:2002, MTC E214-2000, NTP 400.040:1999, MTC E210-2000, NTP 339.152:2002, NTP 400.021:2002 y MTC E519-2000.	
Agregados Finos de Mezclas Asfálticas en Caliente		Según normas establecidas: NPT339.146:2000, MTC E222-2000, MTC E220-2000, MTC E214-2000, NTP 339.129:1999, NTP 339.152:2002 y NTP 400.022:2002	
Para caras fracturadas	Tipos de vías	Espesor de Capa	
		< 100mm	>100mm
		65/40	50/30
Equivalentes de Arena (%)	Vías locales y Colectoras	45 % mínimo	
Angularidad del Agregado Fino (%)		30% mínimo	

Diseño estructural del Pavimento Flexible según método AASTHO 93

El presente proyecto considera la metodología AASTHO 93 porque introduce parámetros para realizar el diseño de un pavimento flexible que determina el espesor de las capas del pavimento garantizando un periodo de diseño para un tipo de tráfico pesado con un determinado porcentaje de confiabilidad que pueda mantener su nivel de serviciabilidad, en efecto se debe de considerar que según (Koshigoe,2019) “ el efecto que tiene la variación del tránsito promedio diario anual (TPDA) y la tasa de crecimiento del tráfico en las respuestas estructurales al pavimento” (41). A continuación, se detallan las variables que contiene el método AASTHO 93.

- Tránsito (ESAL):
- Confiabilidad (R)
- Desviación estándar(So)
- Índice de Serviabilidad (PSI)

- Módulo Resiliente (Mr)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Datos:

❖	Caso I	Caso II
❖ ESAL (W18):	9 896 682	9 896 682
❖ TIPO DE TRAFICO TP:	TP9	TP9
❖ CBR:	14.20 %	3.80 %
❖ MR Subrasante (Psi):	13959.0	5700.0
❖ NÚMERO DE ETAPAS	2	2
❖ NIVEL DE CONFIABILIDAD R (%):	95.00	95.00
❖ Coeficiente De Desviación Estándar Normal (ZR):	-1.645	-1.645
❖ Desviación Estándar Combinada (So):	0.45	0.45
❖ Serviciabilidad Inicial (Pi):	4.00	4.00
❖ Serviciabilidad Final o Terminal (PT)	2.50	2.50
❖ Variación de Serviciabilidad (ΔPSI):	1.50	1.50
❖ Longitud(m)	250	250
❖ Ancho (m)	4.5	4.5

Fuente: Elaboración Propia

- **Número Estructural(SN)**

Para determinar el Número Estructural Requerido (SN) nos determina el espesor de las capas del pavimento, los coeficientes estructurales (a_i) y los coeficientes de drenaje (m_i) se toman en cuenta según el manual de carreteras 2013, que están correlacionadas en la siguiente ecuación:

Gráfico N° 25 Número Estructural

Datos:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d_1, d_2, d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

- Para un Pavimento Flexible con un CBR = 14.20%

m2	m3
1.00	1.00

a1	a2	a3
0.170	0.052	0.047

cm⁻¹

d1	d2	d3
15.24	41.80	134.68
<i>Capa Superficial</i>	<i>Base</i>	<i>Subbase</i>
SN1	SN2	SN3
2.59	2.17	6.33

cm

d1	d2	d3
6.00	16.46	53.02
<i>Capa Superficial</i>	<i>Base</i>	<i>Subbase</i>
SN1	SN2	SN3
1.02	0.856	2.492

in

Reemplazando los valores a la ecuación SN:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

se obtiene:

SN	4.369
----	-------

- Para un Pavimento Flexible con un CBR = 3.8%

m2	m3
1.00	1.00

a1	a2	a3
0.170	0.052	0.047

cm⁻¹

d1	d2	d3
15.24	48.72	210.78
<i>Capa Superficial</i>	<i>Base</i>	<i>Subbase</i>
SN1	SN2	SN3
2.59	2.53	9.91

cm

d1	d2	d3
6.00	19.18	82.98
<i>Capa Superficial</i>	<i>Base</i>	<i>Subbase</i>

in

SN1	SN2	SN3
1.02	0.997	3.900

Reemplazando los valores a la ecuación SN:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

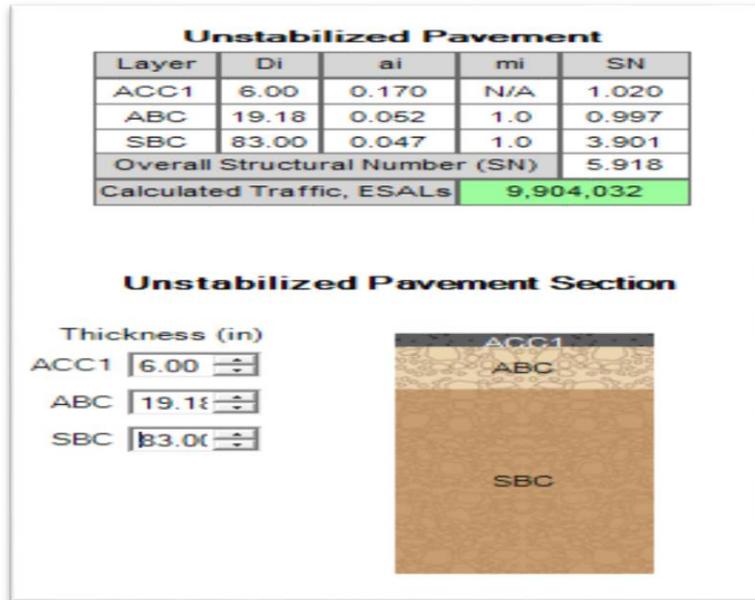
se obtiene:

SN	5.918
----	-------

Aplicando los datos al software SpectraPave 4.7

- Caso I: Para un CBR=3.8%

Gráfico N° 26 Pavimento No Estabilizado -Geomalla Biaxial

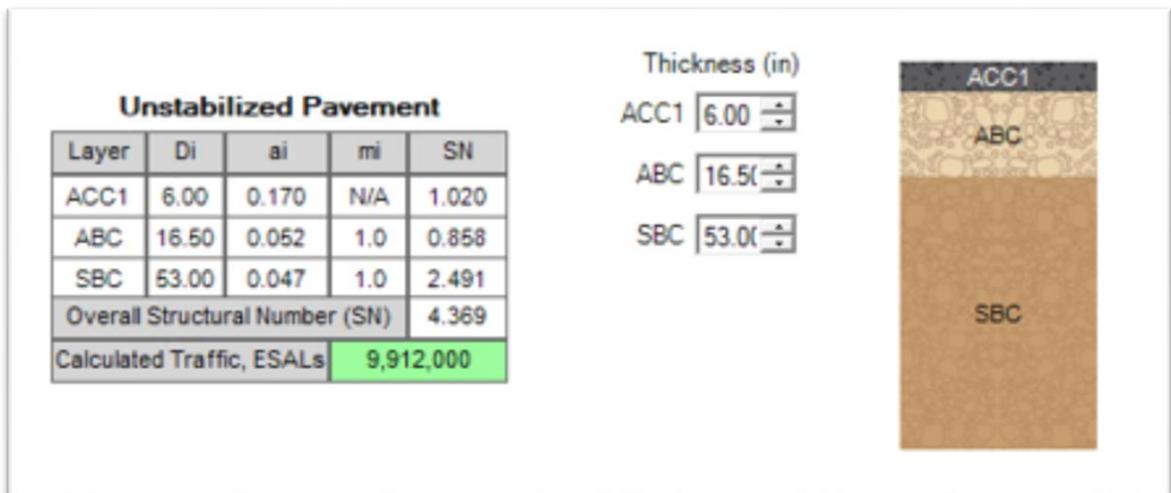


Fuente: Software SpectraPave 4.

- Caso II: Para un CBR=14.2%

Gráfico N° 27 Pavimento No Estabilizado –Geomalla Triaxial

Fuente: Software SpectraPave 4.7



Etapa 5: Diseño estructural del Pavimento Flexible con Geomallas

El software (Tensar, 2017) “SpectraPave contiene módulos de diseño para la estabilización de la subrasante, la mejora de la base del pavimento y la optimización del pavimento, junto con un módulo separado para la entrada de información específica del usuario y del proyecto. Manual”, como antecedentes teóricos del software (27):

Módulo de estabilización de subrasante

El módulo de estabilización de subrasante está diseñado principalmente para el diseño de caminos sin pavimentar y plataformas de trabajo sobre suelos débiles subyacentes. También se utiliza en el diseño de secciones inferiores de carreteras permanentes, particularmente donde prevalecen las subrasante blandas, para evaluar la edificabilidad. El módulo de estabilización de subrasante consta de submódulos de diseño y análisis de costos.

Submódulos de análisis de diseño

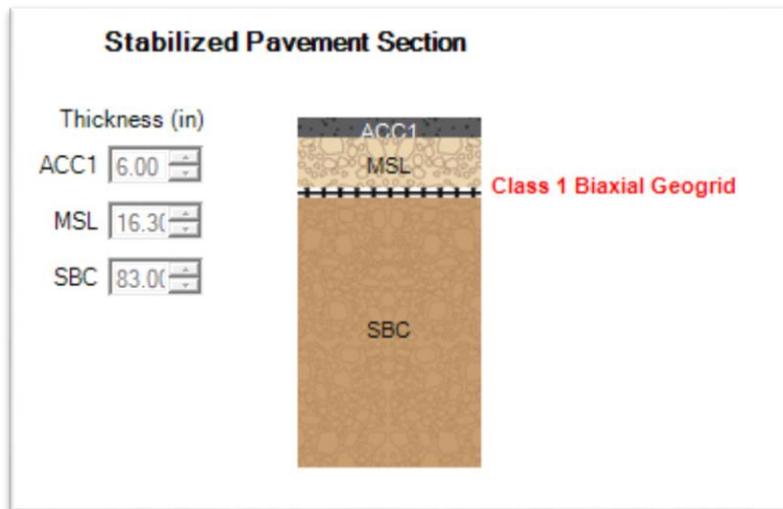
El submódulo de análisis de diseño para la estabilización de la subrasante facilita el diseño de capas de agregados no unidos utilizando el método de última generación Giroud-Han (Giroud y Han, 2004a, b). El método determina el espesor de agregado mínimo requerido para soportar las cargas de las ruedas en la superficie y evitar fallas en los rodamientos y / o deformaciones excesivas de la subrasante. Se puede utilizar para construir superficies convencionales sin pavimentar no estabilizadas y estabilizadas.

“El método de diseño Giroud-Han (GH) proporciona una herramienta de diseño para determinar los espesores de bases de agregados no reforzados y reforzados con geosintéticos para carreteras sin pavimentar sobre subrasante blanda El método se publicó en dos partes (Giroud y Han, 2004a, b)” (42).

Diseño estructural del Pavimento Flexible con Geomalla biaxial

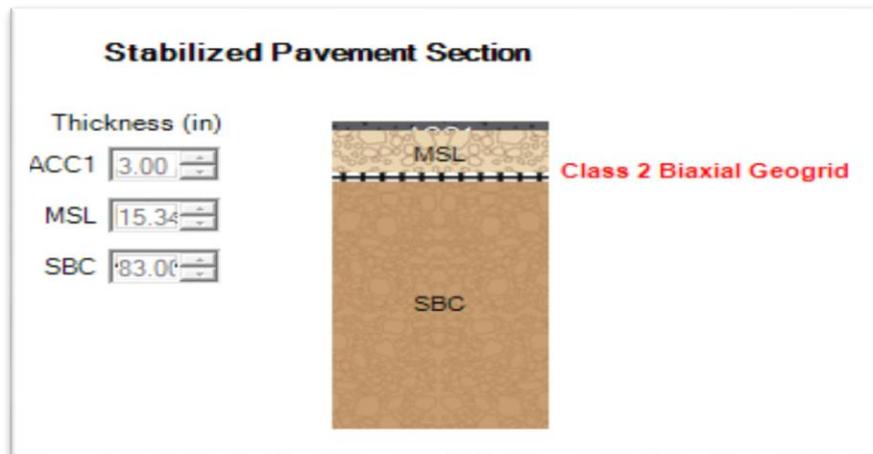
Usando el software SpectraPave 4.7

Gráfico N° 28 Pavimento Estabilizado con Geomalla Biaxial Clase I



Fuente: Software SpectraPave 4.7

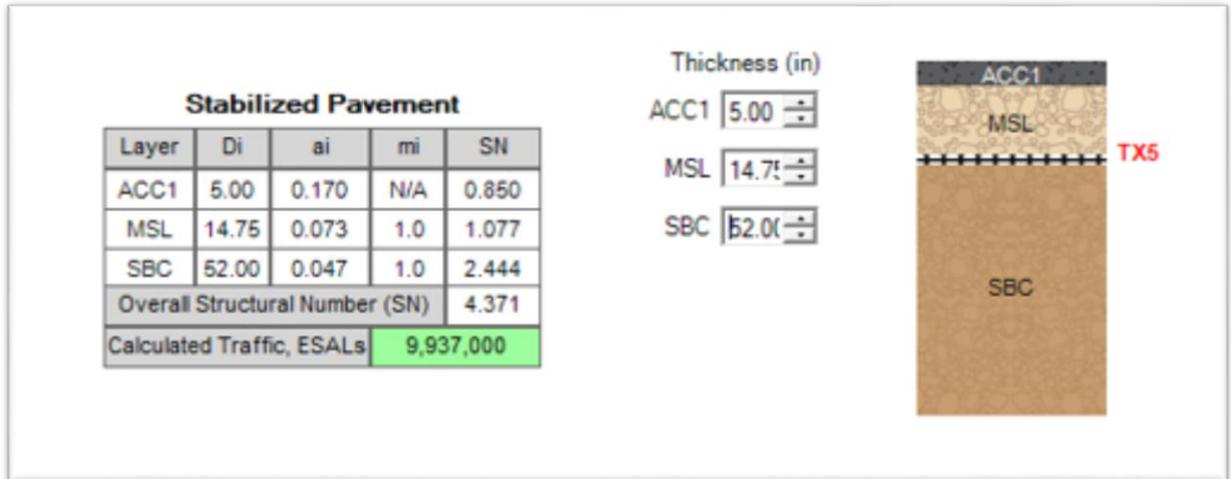
Gráfico N° 29 Pavimento Estabilizado con Geomalla Biaxial Clase II



Fuente: Software SpectraPave 4.7

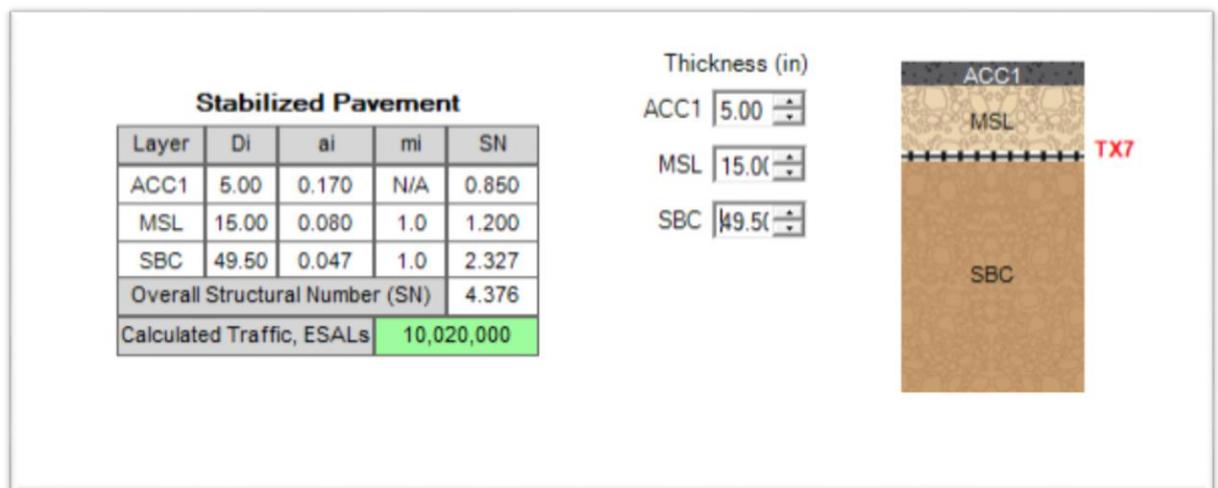
Diseño estructural del Pavimento Flexible con Geomalla triaxial

Gráfico N° 30 Pavimento Estabilizado con geomalla Triaxial TX5



Fuente: Software SpectraPave 4.7

Gráfico N° 31 Pavimento Estabilizado con geomalla TX7



Fuente: Software SpectraPave

Resultados

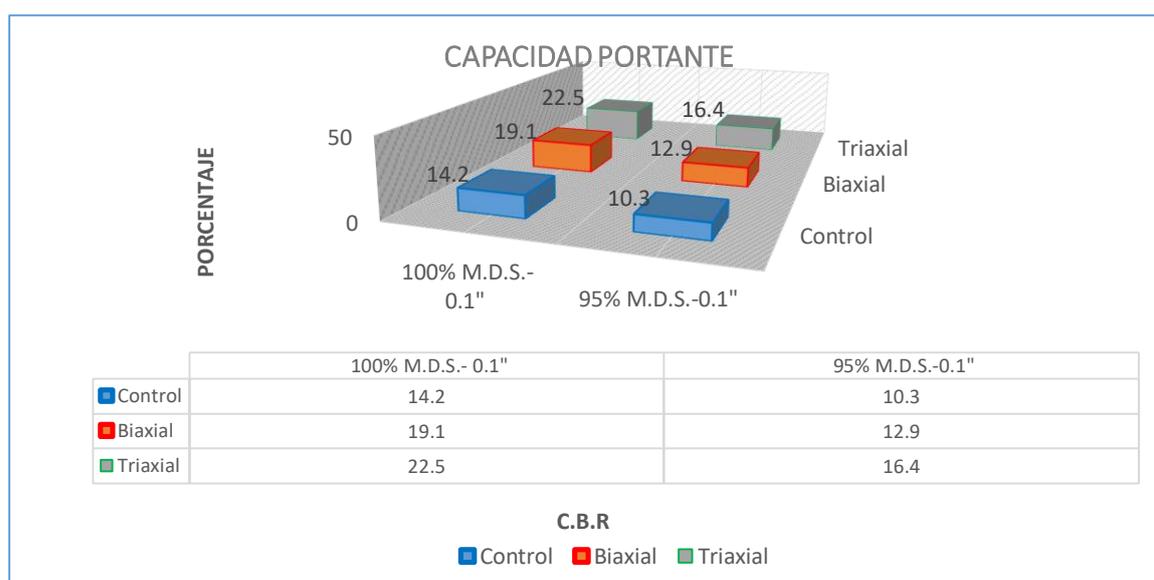
Capacidad portante

Tabla N° 9 Capacidad Portante

	Control	Biaxial	Triaxial
100% M.D.S.- 0.1"	14.2	19.1	22.5
95% M.D.S.-0.1"	10.3	12.9	16.4

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 32 Capacidad Portante



Fuente: Elaboración Propia

De la tabla N°9 y del gráfico N° 20 se muestra los resultados del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) que se realizó en el laboratorio con una muestra control de la calicata N° 3 un molde control sin reforzamiento con geomalla, otro con la geomalla biaxial y otro con la geomalla triaxial. Teniendo en cuenta que según(Adams,2016) "El efecto del refuerzo, el índice de plasticidad y la clasificación sobre la mejora de la resistencia del material compactado se mide mediante CBR" (43), por lo que la plasticidad del suelo esta y el CBR son inversamente proporcionales. Se puede observar la variación de CBR de los moldes control al biaxial aumenta en un 34.5% y del control al triaxial aumento en un 58.5% al 100% del MDS con una profundidad de 1", de la misma manera se puede observar la variación de CBR de los moldes control al biaxial aumentando un 25.24% y del control al triaxial aumento en un 59.22% al 95% del MDS con una profundidad de 2". Del cuadro comparativo la capacidad portante del suelo mejora

significativamente con la aplicación de las geomallas. Por esta razón se acepta la hipótesis 1 donde menciona que la aplicación de geomalla mejora la capacidad portante en las capas del pavimento flexible.

Número estructural

Tabla N° 10: Cuadro Número Estructural Pavimento No Estabilizado - Estabilizado

Software Spectra Pave						
Grosor de la carpeta asfáltica	Pavimento no estabilizado	Pavimento estabilizado con geomalla Biaxial		Pavimento no estabilizado	Pavimento estabilizado con geomalla Triaxial	
		Clase 1	Clase 2		TX5	TX7
Medio (Standard) AC	5.918	5.918	5.918	4.369	4.371	4.376

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 33: Aplicación del software Spectra Pave de Número Estructural



Fuente: Elaboración propia

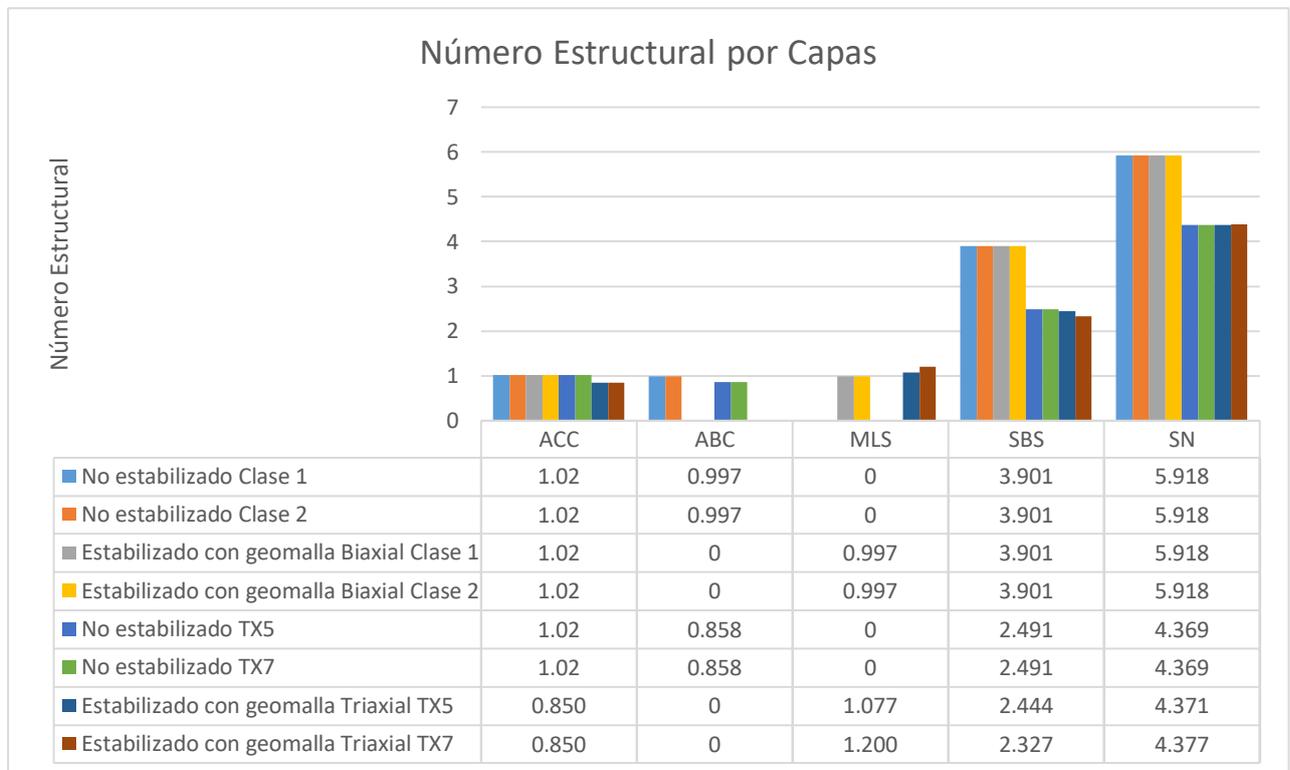
De la tabla N° 09 Y del gráfico N° 22 se observa que el número estructural que se obtuvo mediante el software Spectra Pave varía según el tipo de geomalla. El software permitió hacer evaluaciones de número estructural según el grosor de la carpeta asfáltica (delgado, estándar y grueso) y al mismo tiempo de la estabilización con geomallas biaxial y triaxial, con/sin la estabilización del pavimento flexible con geomalla biaxial clase 1 y clase 2, se obtuvo como resultado el número estructural adimensional de 5.918 no ha variado; mientras que pavimento flexible con geomalla triaxial TX5 y TX7 número estructural de 4.369, con geomalla triaxial TX5 número estructural de 4.371 aumento en un 0.046%, con geomalla triaxial TX7 número estructural de 4.376 aumento en un 0.16%.

Tabla N° 11: Cuadro de Número Estructural por Capas

Capas	Número Estructural de Pavimento no estabilizado		Número Estructural de Pavimento estabilizado con geomalla Biaxial		Número Estructural de Pavimento no estabilizado		Número Estructural de Pavimento estabilizado con geomalla Triaxial	
	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2	TX5	TX7	TX5	TX7
ACC	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	1.020	0.850	0.850
ABC	0.997	0.997	-	-	0.858	0.858	-	-
MLS	-	-	0.997	0.997	-	-	1.077	1.200
SBS	3.901	3.901	3.901	3.901	2.491	2.491	2.444	2.327
SN	5.918	5.918	5.918	5.918	4.369	4.369	4.371	4.376

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 34 Aplicación del software Spectra Pave de Número Estructural por capas



Fuente: Elaboración propia

Se observa de la tabla N° 10 y del gráfico N° 22 que los resultados según el uso del Software Spectra Pave nos muestra los números estructurales por capas considerando el espesor de la carpeta asfáltica estándar para un pavimento no estabilizado y pavimento estabilizado con geomallas biaxial o triaxial. De los cuales observa que para un pavimento flexible diseñado con/sin geomalla biaxial estabilizada con dos posibilidades clase 1 y clase 2 para ambos casos se

consideran tres capas, en la primera capa la carpeta asfáltica (ACC) con número estructural(SN) de 1.020, la segunda capa base (ABC) con un SN 0.997 y la sub base con SN 3.901 para la base mecánicamente estabilizada (MLS) con SN 0.997, sumando las tres capas nos muestra un SN total de 5.918. Para ambos casos el software nos arroja resultados del SN en cada capa iguales, con la diferencia de que el reforzamiento se da en la capa base llamado mecánicamente estabilizada con geomalla biaxial. Por otro lado se observa que para un pavimento flexible diseñado con geomalla triaxial no estabilizada se presenta dos posibilidades TX5 y TX7 para ambos casos se consideran tres capas, en la primera capa la carpeta asfáltica (ACC) con SN de 1.020, la segunda capa base (ABC) con un SN 0.858 y la capa sub-base(SBS) con un SN 2.491 sumando las tres capas nos muestra un SN total de 4.369 del pavimento y para un pavimento flexible diseñado con geomalla triaxial estabilizada se presenta dos posibilidades TX5 y TX7, para la primera posibilidad con geomalla triaxial TX5 para la carpeta asfáltica (ACC) con un SN de 0.850 se redujo en un 17% y la capa base mecánicamente estabilizada (MLS) con un SN 1.077 la capa base aumento 25.5% y la sub base con SN 2.444 disminuyo en 1.9% sumando las tres capas con SN 4.371 aumento en un 0.046%, para la segunda posibilidad con geomalla triaxial TX7, para la carpeta asfáltica (ACC) con un SN de 0.850 se redujo en un 17% y la capa base mecánicamente estabilizada (MLS) con un SN 1.200 la capa base aumento 39.86% y la sub base con SN 2.327 disminuyo en 6.58%, sumando las tres capas con SN 4.371 aumento en un 0.16%. De las tres muestras de la tabla N° 10 de un pavimento estabilizado con geomalla biaxial no se observa variación en el número estructural sea no estabilizada o estabilizada, pero en el caso de pavimento no estabilizado a un estabilizado con geomalla triaxial TX5 el SN aumentó en un 25.5% y en caso de pavimento no estabilizado a un estabilizado con geomalla triaxial TX7 el SN del base mecánicamente estabilizado aumentó en un 39.86% , todo esto manteniendo el SN total para un pavimento estabilizado con geomalla triaxial. En el caso de geomalla triaxial el número estructural aumenta en la capa base estabilizada, también aumenta también en el SN del pavimento en un porcentaje mínimo. Por esta razón se acepta la hipótesis 2, donde menciona que la aplicación de geomalla mejora el número estructural en las capas del pavimento flexible.

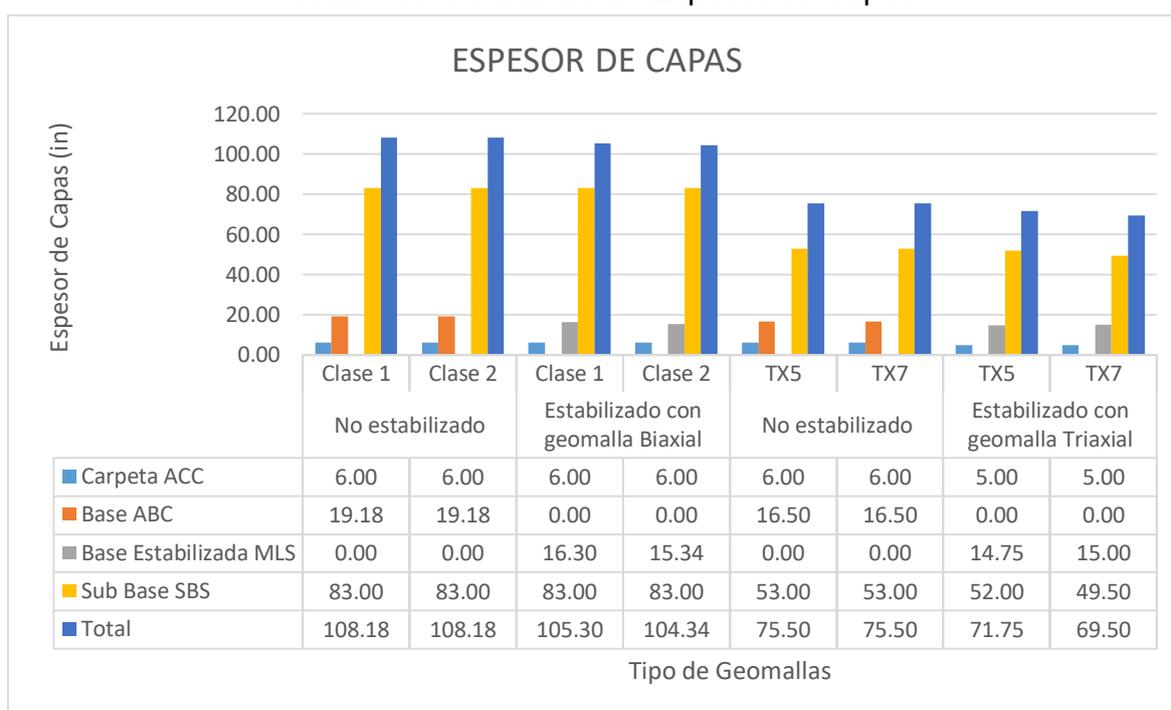
Espesor de Capas

Tabla N° 12 Cuadro de espesor de capas con grosor de asfalto estándar

	Espesor de Capas Pavimento no estabilizado		Espesor de Capas de Pavimento estabilizado con geomalla Biaxial		Espesor de Capas de Pavimento no estabilizado		Espesor de Capas de Pavimento estabilizado con geomalla Triaxial	
	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2	TX5	TX7	TX5	TX7
ACC	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00
ABC	19.18	19.18	-	-	16.50	16.50	-	-
MLS	-	-	16.30	15.34	-	-	14.75	15.00
SBS	83.00	83.00	83.00	83.00	53.00	53.00	52.00	49.50
	108.18	108.18	105.3	104.34	75.50	75.50	71.75	69.50

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 35 Cuadro de Espesor de Capas



Fuente: Elaboración Propia

De la tabla N° 12 y gráfico N° 24 se observa que del pavimento no estabilizado al estabilizado con geomalla biaxial clase 1 el espesor del pavimento se redujo en un 2.7%, pero en cada capa como la carpeta asfáltica no tuvo variación, la capa base se redujo en un 15%, la sub base no tuvo variación. En el pavimento no estabilizado al estabilizado con geomalla biaxial clase 2 el espesor del pavimento se redujo en un 3.5%, pero en cada capa como la carpeta asfáltica no tuvo variación, la capa base se redujo en un 20%, la sub base no tuvo variación. Para un pavimento no

estabilizado al estabilizado con geomalla triaxial TX5 se redujo en un 4.97%, pero en cada capa como la carpeta asfáltica se redujo en 17%, la capa base se redujo en un 10.6%, la sub base se redujo en 1.89%. En el En el pavimento no estabilizado al estabilizado con geomalla triaxial TX7 se redujo en un 7.95%, pero en cada capa como la carpeta asfáltica se redujo en 17%, la capa base se redujo en un 9.1%, la sub base se redujo en 6.6% de estos valores que se muestran la tabla N°13 la reducción de espesores de capas de manera significativa en comparación de un pavimento no estabilizado al estabilizado con geomallas. Por esta razón se acepta la hipótesis 3, donde menciona que la aplicación de geomalla mejora el espesor de capas de un pavimento flexible.

Costo del material

Tabla N° 13 Costo de Material para Pavimento No Estabilizado

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
1.01	Materiales para Pavimento No Estabilizado				
1.01.01	Carpeta asfáltica	m2	4.5	7.080	31.857
1.01.02	Imprimación asfáltica	m2	4.5	4.750	21.375
1.01.03	Fresado o Socavado	m2	4.5	4.110	18.507
1.01.04	Base Estabilizada c/equipo pesado	M2	4.5	5.840	26.291
1.01.05	Base Geomalla	m2	4.5	0.000	0.000
1.01.06	Sub base	m2	4.5	17.830	80.257
	Costo Total				178.287

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 14 Costo de Material para Pavimento con Refuerzo BX Clase 1

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
1.02	Materiales para Pavimento con refuerzo geomalla Biaxial clase 1				
1.02.01	Carpeta asfáltica	m2	4.5	7.080	31.857
1.02.02	Imprimación asfáltica	m2	4.5	4.750	21.375
1.02.03	Fresado o Socavado	m2	4.5	3.990	17.966
1.02.04	Geomalla biaxial clase1	m2	4.5	0.690	3.089
1.02.05	Base Estabilizada c/equipo pesado	m2	4.5	4.970	22.348
1.02.06	Sub base	m3	4.5	17.830	80.257
	Costo Total				176.892

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 15 Costo de Material para Pavimento con Refuerzo BX Clase 2

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
1.03	Materiales para Pavimento con refuerzo geomalla Biaxial clase 2				
1.03.01	Carpeta asfáltica	m2	4.5	7.080	31.857
1.03.02	Imprimación asfáltica	m2	4.5	4.750	21.375
1.03.03	Fresado o Socavado	m2	4.5	3.950	17.786
1.03.04	Geomalla biaxial clase2	m2	4.5	0.850	3.825
1.03.05	Base Estabilizada c/equipo pesado	m2	4.5	4.600	20.700
1.03.06	Sub base	m3	4.5	17.830	80.257
	Costo Total				175.800

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 16 Costo de Material para Pavimento con Refuerzo TX 5

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
1.04	Materiales para Pavimento con refuerzo geomalla triaxial TX5				
1.04.01	Carpeta asfáltica	m2	4.5	5.900	26.562
1.04.02	Imprimación asfáltica	m2	4.5	3.960	17.812
1.04.03	Fresado o Socavado	m2	4.5	1.760	7.930
1.04.04	Geomalla triaxial TX5	m2	4.5	0.670	3.010
1.04.05	Base Estabilizada c/equipo pesado	m2	4.5	4.440	20.000
1.04.06	Sub base	m2	4.5	17.830	80.257
	Costo Total				155.571

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 17 Costo de Material para Pavimento con Refuerzo TX 7

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
1.05	Materiales para Pavimento con refuerzo geomalla triaxial TX7				
1.05.01	Carpeta asfáltica	m2	4.5	5.900	26.562
1.05.02	Imprimación asfáltica	m2	4.5	3.960	17.812
1.05.03	Fresado o Socavado	m2	4.5	1.180	5.288
1.05.04	Geomalla triaxial TX7	m2	4.5	0.830	3.750
1.05.05	Base Estabilizada c/equipo pesado	m2	4.5	4.440	20.000
1.05.06	Sub base	m2	4.5	17.830	80.257
	Costo Total				153.669

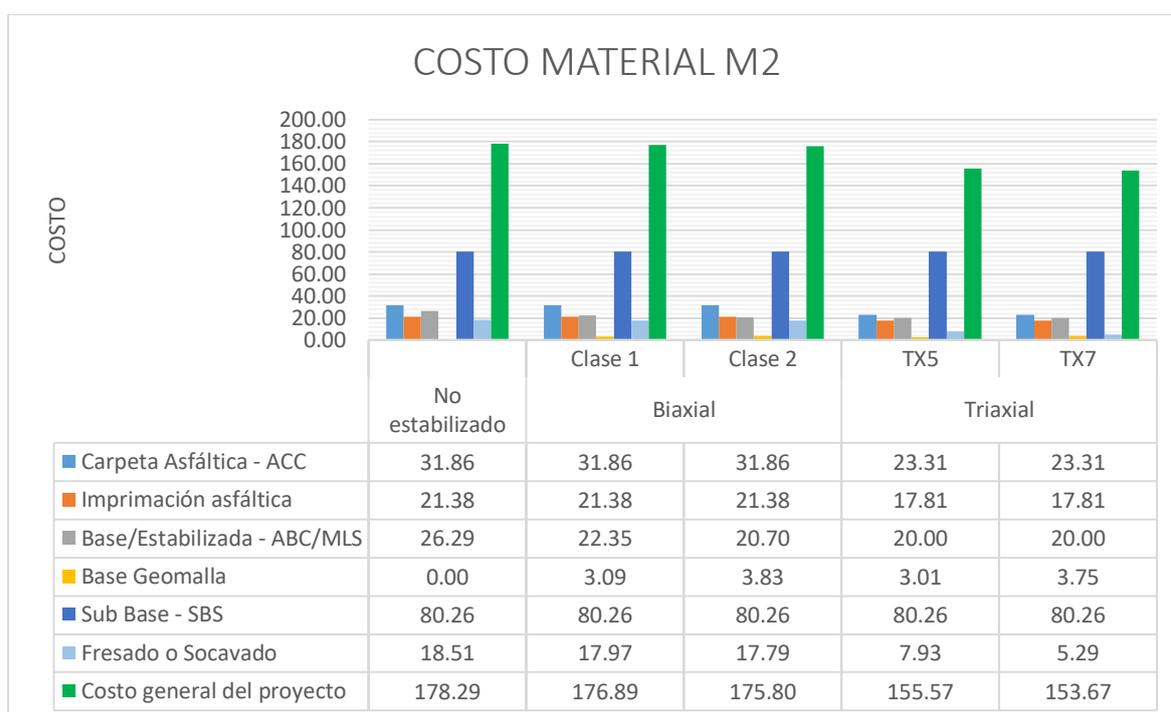
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 18 Cuadro de Costo de Materiales de Pavimento Flexible

MATERIALES	No estabilizado	Estabilizado con geomalla (\$/ton)			
		Biaxial		Triaxial	
		Clase 1	Clase 2	TX5	TX7
Carpeta Asfáltica - ACC	31.857	31.857	31.857	23.31	23.31
Imprimación asfáltica	21.375	21.375	21.375	17.812	17.812
Base/Estabilizada - ABC/MLS	26.291	22.348	20.700	20.00	20.00
Base Geomalla	0	3.089	3.825	3.01	3.75
Sub Base - SBS	80.257	80.257	80.257	80.257	80.257
Fresado o Socavado	18.507	17.966	17.786	7.930	5.288
Costo general del proyecto	178.287	176.892	175.800	155.571	153.669

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 36 Cuadro de Costos de Materiales



Fuente: Elaboración Propia

De la tabla N°18 y del Gráfico N° 26 se puede observar que el costo de materiales para una estructura de pavimento flexible no reforzado es de 178.29 dólares, para la estabilización con geomalla biaxial clase 1 se redujo en 0.79% y clase 2 se redujo en 1.40%, mientras para la estabilización con geomalla triaxial TX5 se redujo en 12.74% y TX7 se redujo en 13.81%. Del gráfico N° 26 se puede apreciar la diferencia de costos en material para las capas con el uso de geomallas para reforzar un pavimento flexible, de la capa base estabilizada con geomalla biaxial clase 1 se redujo en un 15%, con geomalla biaxial clase 2 se redujo en 21.26%, de la capa base estabilizada con geomalla triaxial TX5 se redujo en un 23.93%, con

geomalla triaxial se redujo en un 23.93%, siendo un ahorro que va desde 1.396 dólares a 24.308 dólares. Por esta razón se acepta la hipótesis 4, donde menciona que la aplicación de geomalla mejora el costo del material para las capas de un pavimento flexible.

Costo de Equipos

Tabla N° 19: Costo de Equipos para Pavimento no Estabilizado

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
2.01	EQUIPO				
2.01.01	Equipo para Sub base granular	Unid.	13.50	4.10	55.35
2.01.02	Equipo para Base granular	Unid.	13.50	7.95	110.295
2.01.03	Equipo para imprimación	Und.	13.50	0.45	6.08
2.01.04	Equipo para carpeta asfáltica	Und.	13.50	5.67	76.54
2.01.05	Instalación de Geomalla	Und.	13.50	0	0.00
Costo Total					248.265

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 20 Costo de Equipos para Pavimento Reforzado con BX Clase 1

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
2.02	EQUIPO BX CLASE 1				
2.02.01	Equipo para Sub base granular	Unid.	13.50	2.15	29.025
2.02.02	Equipo para Base granular	Unid.	13.50	7.65	109.35
2.02.03	Equipo para imprimación	Und.	13.50	0.45	6.080
2.02.04	Equipo para carpeta asfáltica	Und.	13.50	5.67	76.54
2.02.05	Instalación de Geomalla	Und.	13.50	0.58	7.830
Costo Total					228.825

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 21 Costo de Equipos para Pavimento Reforzado con BX Clase 2

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
2.03	EQUIPO BX CLASE 2				
2.03.01	Equipo para Sub base granular	Unid.	13.50	2.15	29.025
2.03.02	Equipo para Base granular	Unid.	13.50	7.58	102.33
2.03.03	Equipo para imprimación	Und.	13.50	0.45	6.08
2.03.04	Equipo para carpeta asfáltica	Und.	13.50	5.67	76.54
2.03.05	Instalación de Geomalla	Und.	13.50	0.55	7.42
Costo Total					221.395

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 22 Costo de Equipos para Pavimento Reforzado con TX5

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
2.04	EQUIPO TX5				
2.04.01	Equipo para Sub base granular	Unid.	13.50	2.15	29.025
2.04.02	Equipo para Base granular	Unid.	13.50	6.68	90.18
2.04.03	Equipo para imprimación	Und.	13.50	0.45	6.080
2.04.04	Equipo para carpeta asfáltica	Und.	13.50	5.67	76.54
2.04.05	Instalación de Geomalla	Und.	13.50	0.54	7.290
Costo Total					209.115

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 23 Costo de Equipos para Pavimento Reforzado con TX7

Nº	DESCRIPCIÓN	Und.	Metrado	Pu	Parcial
2.05	EQUIPO TX7				
2.05.01	Equipo para Sub base granular	Unid.	13.50	2.15	29.025
2.05.02	Equipo para Base granular	Unid.	13.50	6.42	86.67
2.05.03	Equipo para imprimación	Und.	13.50	0.45	6.08
2.05.04	Equipo para carpeta asfáltica	Und.	13.50	5.67	76.54
2.05.05	Instalación de Geomalla	Und.	13.50	0.48	6.48
Costo Total					204.795

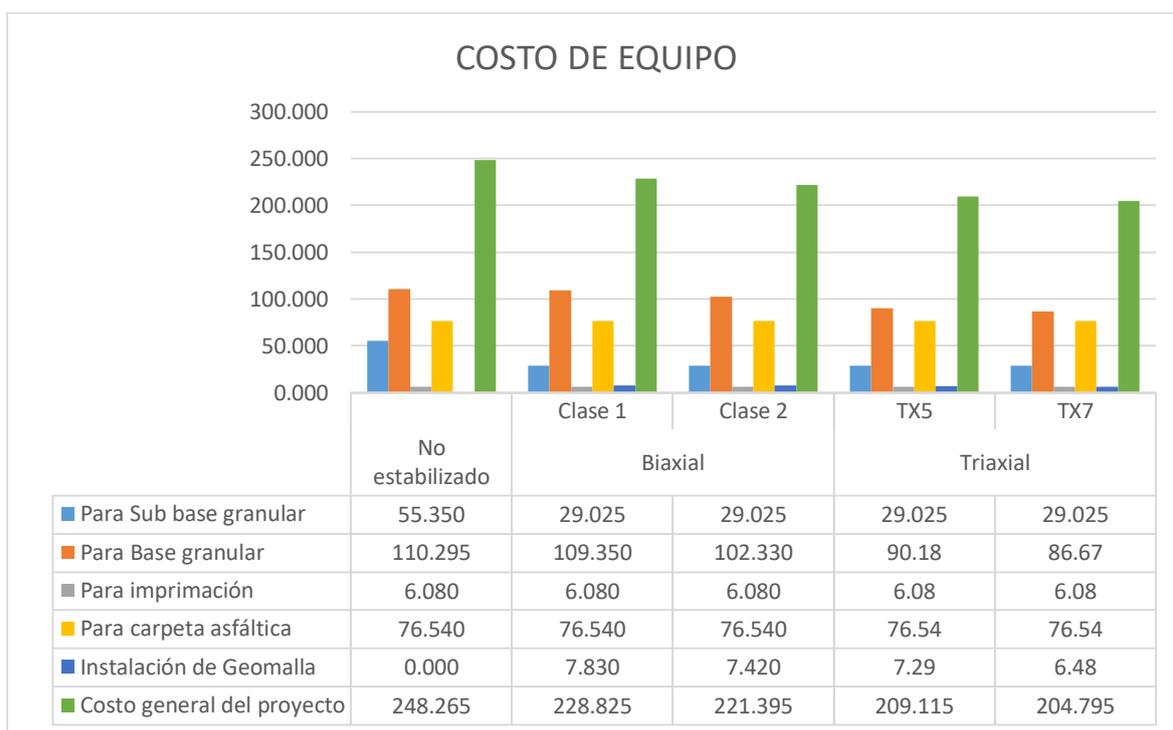
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 24: Cuadro de Equipos de Pavimento Flexible

EQUIPO	No estabilizado	Biaxial		Triaxial	
		Clase 1	Clase 2	TX5	TX7
Para Sub base granular	55.350	29.025	29.025	29.025	29.025
Para Base granular	110.295	109.350	102.330	90.18	86.67
Para imprimación	6.080	6.080	6.080	6.08	6.08
Para carpeta asfáltica	76.540	76.540	76.540	76.54	76.54
Instalación de Geomalla	0.000	7.830	7.420	7.29	6.48
Costo general del proyecto	248.265	228.825	221.395	209.115	204.795

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 37 Cuadro de Costos de Equipos



Fuente: Elaboración Propia

De la tabla N°24 y del Gráfico N° 26 se puede observar que el costo de equipos para una estructura de pavimento flexible no reforzado es de 240.30 dólares, para la estabilización con geomalla biaxial clase 1 se redujo en 7.83% y clase 2 se redujo en 10.82%, mientras para la estabilización con geomalla triaxial TX5 se redujo en 15.77% y TX7 se redujo en 17.51%. Del gráfico N° 26 se puede apreciar la diferencia de costos en equipos para las capas con el uso de geomallas para reforzar un pavimento flexible, de la capa base estabilizada con geomalla biaxial clase 1 se redujo en un 0.86 %, con geomalla biaxial clase 2 se redujo en 7.22%, de la capa base estabilizada con geomalla triaxial TX5 se redujo en un 18.24%, con geomalla triaxial se redujo en un 21.42%, siendo un ahorro que va desde 19.44 dólares a 43.47 dólares. Por esta razón se acepta la hipótesis 4, donde menciona que la aplicación de geomalla mejora el costo equipos para las capas de un pavimento flexible.

V. DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN

- De los resultados obtenidos del ensayo de CBR con estabilización de geomallas: con la biaxial se obtuvo un aumento en 34.5% y con geomalla triaxial un aumento en 58.5%, (Miranda et al. ,2019) obtuvo sin geomalla un módulo Resiliente de 240 MPa y un módulo Resiliente con geomalla Multiaxial de 301 MPa teniendo como aumento del CBR en 25.42%, estos resultados comparados con geomalla triaxial son diferentes de la investigación, porque que el comportamiento en (Miranda et al. ,2019) es de una geomalla multiaxial con diferentes propiedades mecánicas y físicas.
- Los resultados obtenidos de Número Estructural de un pavimento estabilizado con/sin geomalla biaxial no se observa variación alguna, pero con geomalla triaxial TX5 el SN en la base mecánicamente estabilizada aumento en un 25.5% y en el caso con geomalla triaxial TX7 aumento en 39.86%, (Novoa ,2017) obtuvo un aumento de 16.7% de SN con estabilización de geomalla triaxial, estos resultados comparados con la investigación son similares porque (Novoa ,2017) utilizó geomalla triaxial mientras que (CHURA et al. ,2017) obtuvo un aumento de 34.56% con geomalla triaxial y con geomalla biaxial aumento un 21.16%, son similares porque se utilizaron geomallas de las mismas propiedades físicas y mecánicas.
- Los resultados de Espesor de capa arrojados del software Spectra Pave para pavimento con/sin geomalla biaxial clase 1 y 2 para la carpeta asfáltica no se obtuvo variación; para la capa base estabilizada con geomalla biaxial clase 1 se redujo en 15% y en biaxial clase 2 se redujo en 20%; para la sub base no hubo variación y en su totalidad BX clase 1 se redujo en 2.7% y en BX clase 2 se redujo en 3.5% de la misma manera mientras que para un pavimento estabilizado con geomalla TX5 y TX7 triaxial en la carpeta asfáltica en ambos casos se redujo en 17%, para la capa base en TX5 se redujo en 10.6% y en Tx7 se redujo en 9.1%, para la sub base en TX5 se redujo en 1.89% y en TX7 se redujo en 6.6% y en su totalidad con geomalla triaxial TX5 se redujo en

4.97% y con geomalla triaxial TX7 se redujo en 7.95%, (Chura et al. ,2017) para biaxial clase 2 en carpeta asfáltica no hubo variación en capa base se redujo en 30% en la subbase se redujo en 28%, para triaxial TX5 en la carpeta asfáltica no hubo variación en capa base se redujo en 23% en la subbase se redujo en 28% estos resultados comparados con la investigación son diferentes porque el diseño del pavimento puede hacer variar los espesores de las capas a requerimiento del diseñador, mientras (Miranda ,2019) con geomalla biaxial LBO SAMP con resistencia 20KN/m solo hubo variación en capa base se redujo 8% y sub base se redujo en 50% estos resultados comparados con la investigación son diferentes porque sus propiedades mecánicas son diferentes a la de la investigación

- Los resultados obtenidos de la evaluación económica de costo de materiales que se realizó con geomallas biaxiales hubo una reducción de 0.9% al 1.37%, y en el caso de reforzamiento con geomallas triaxial hubo una reducción de 14.28% al 15.49%. Por otra parte, (Novoa ,2017) para estabilización con geomalla triaxial obtuvo una reducción de costo de construcción de 13.89% de estos resultados comparados con la investigación son similares porque en caso de costos en el mercado está estandarizado los materiales y equipos a utilizar.

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que la aplicación de la geomalla triaxial mejora el aspecto técnico en el aumento del SN reduciendo espesores de capas y mejora la capacidad portante del suelo, económicamente reduce costos de materiales y equipos para la construcción del pavimento flexible.
- Se ha determinado en que la aplicación con geomalla biaxial aumentó la capacidad portante de la base en 34.5% y con aplicación de geomalla triaxial aumento en 58.5% según la tabla N° 9 y gráfico N° 21 por lo tanto de las dos geomallas, la estabilización con geomalla triaxial resulta ser la más favorable para un pavimento flexible aumentando su capacidad portante del suelo.
- Se determinó que con la aplicación de geomalla triaxial TX5 a un pavimento flexible con un CBR de la subrasante de 14.2% con el software SpectraPave el SN mecánicamente estabilizada aumento en 25.5% según la tabla N°10 y gráfico N° 22 y con la geomalla triaxial TX7 el SN de la base mecánicamente estabilizada aumento en 39.86% en comparación con la geomalla biaxial con un CBR de 3.8% con el software SpectraPave no se observó variación en el SN. Por lo que resulta una mejor estabilización del pavimento con geomalla triaxial para un pavimento flexible.
- Se determinó que en la aplicación de geomalla los espesores de capa disminuyen según tabla N° 12 y gráfico N° 24, en la capa base mecánicamente estabilizada con geomalla biaxial se redujo en 15% y 20% para clase 1 y 2 respectivamente para geomalla triaxial se redujo en 10.6% y 9.1% para TX5 y TX7 respectivamente, pero con la diferencia que al aplicar geomalla triaxial la reducción en su totalidad se hizo más notorio de un 4.97% a un 7.95% que con geomalla biaxial de 2.7% a un 3.5% de esta manera aumentando la vida útil del pavimento flexible. Lo que resulta
- De la evaluación económica de costo de materiales y equipos la aplicación de geomallas a un pavimento flexible reduce el costo con un biaxial en 0.9% al 1.37%, y en el caso de reforzamiento con geomallas triaxial hubo una reducción de costo 14.28% al 15.49%.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para aplicar geomallas se debe de tener en cuenta lo siguiente: el CBR de la subrasante del suelo en estudio, el tráfico, el tipo de pavimento considerando las normas que rigen el diseño de un pavimento flexible, para decidir qué tipo de geomallas se va aplicar, para el caso de suelos blando con un CBR menor al 7.2% las geomallas triaxiales son las más adecuadas, mientras que las biaxiales no solamente refuerzan el pavimento sino van incrementar la capacidad portante del pavimento.

Para el uso del software Spectra Pave que nos arroja diferentes posibilidades de espesores y que a la vez nos arroja un determinado número estructural, para un determinado Esal, estos parámetros dependerán de la característica de suelo y del diseñador.

REFERENCIAS

- FRANESQUI, Miguel y GALLEGO, Juan.** *Monitoring and self-healing of surface-initiated cracks in gap-graded asphalt pavements*. 1, Liverpool : Liverpool Jhon Moores, 2019, Vol. 20. 1464-8164.
- GUERRERO HUAMAN, Nestor.** *La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú*. 2015, Perfiles de ingeniería, pág. 9.
- LIPOMI, D y WAYNE, MH.** *Soluciones geosintéticas para aplicaciones pavimentadas y sin pavimentar*. s.l. : Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles, 2014. En Shale Energy Engineering Conference 2014 Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles .
- BITTAR, Eduardo y al, et.** *Análisis del comportamiento elastoplástico con daño continuo de un suelo granular cementado artificialmente y reforzado con fibras de polipropileno*. México : s.n., 2019. En Geotechnical Engineering in the XXI Century: Lessons learned and future challenges: Proceedings of the XVI Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVI PCSMGE).
- CASTAÑEDA BUSTOS, Henry.** *Geomática Aplicada en la Auscultación del Pavimento Flexible*. Cartagena, Colombia : Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, 2018. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería. pág. 11.
- LEYVA, F y al, et.** *Modelo de deformación permanente para la evaluación de la condición del pavimento*. 2017. Revista ingeniería de construcción.
- RAUHUT, J y BRENT, et al.** *Damage Functions for Rutting, Fatigue Cracking, and Loss of Serviceability in Flexible Pavements*. 1983, Transportation Research Record, págs. 1-9.
- CHÁVEZ OBREGÓN, Rocio.** *Diseño del pavimento flexible para la Av. Morales Duárez, de la vía expresa línea amarilla en la ciudad de Lima*. Lima : s.n., 2018.
- PALMA, Fredy.** *Mejoramiento de la subrasante utilizando geomallas en la avenida los insurgentes*. Chaupimarca-Pasco : s.n., 2016.
- SILVA ARCE, Mayra.** *Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle Alemania*. La Molina-Cajamarca : s.n., 2016.

- MIRANDA RAMOS, Eddy.** *Diseño de una base granular reforzada con Geomalla Biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba-Ongón.* Provincia de Pataz. La Libertad : s.n., 2019.
- GUZMAN RAMOS, Miguel.** *Influencia de los Geosintéticos en el Dimensionamiento de los Espesores de las Capas del Pavimento Flexible.* Huancayo : s.n., 2018.
- NOVOA FERNÁNDEZ , Lloni.** *Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón.* Carabayllo : s.n., 2017.
- CARDENAS CHÁVEZ, Carlos, et al.** *Evaluación de la resistencia obtenida mediante un ensayo de flexión bajo carga monotónica en especímenes de mezcla.* 2019.
- JORDAN ORRALA, Carlos.** *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.* Península de Santa Elena : s.n., 2017.
- CHURA MAMANI, Eder y ROMERO YUPANQUI, Saul.** *Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+ 000 al km 00+ 750 del campus universitario.* Juliaca. : s.n., 2017.
- HINOSTROZA, Hinosgar.** *Diseño de pavimento flexible reforzado con geomallas para la reducción de la estructura del pavimento.* Ayacucho : s.n., 2018.
- CALVARANO, Lidia, LEONARDI, Giovanni y PALAMARA, Rocco.** *Finite element modelling of unpaved road reinforced with geosynthetics.* 2017, Procedia engineering, Vol. 189, págs. 99-104.
- KAWALEC, Jacek.** *Stabilisation with geogrids for transport applications–selected issues.* 2019. En MATEC Web of Conferences. EDP Sciences.
- TAPIA DIEZ, Andres et al.** *Diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de chanduy–aguas verdes-pocito (absc. 2+ 900 hasta absc. 3+ 600.* 2009, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, pág. 8.
- JANAKIRAMAN, G, PARAMAGURU, P y PRATHEEP, T.** *Stabilization of Subgrade Using Geosynthetics.* 2019. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems.
- JIMÉNEZ , J Y VARGAS,et at.** *La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles.* 1, 2017, Ingeniería, Vol. 21.

BOTASSO, Hugo, et al. *Desempeño de geocompuesto en una rehabilitación y valoración de su aporte estructural*. Bariloche : s.n., 2015. XVIII Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto. pág. 12.

MTC, M.D. *Manual de Carreteras:Suelos,Geología,Geotecnia y Pavimentos*. Lima : s.n., 2013.

MANUAL DE CARRETERAS. *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima : s.n., 2013.

TENSAR.*información general de los sistemas*. 2017, TENSAR INTERNATIONAL CORPORATION, pág. 24.

QIAN, Yu, et al.*Stress analysis on triangular-aperture geogrid-reinforced bases over weak subgrade under cyclic loading*. 1, 2011, An experimental study, Vol. 2204, págs. 83-91.

PALMA, Ismael. *Estabilización y refuerzo en vías con Geomallas Biaxiales*. México : Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, 2012.

JIMÉNEZ, J y VARGAS, et al.*La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles*. 1, 2017, Ingeniería, Vol. 21.

MINAYA, Silene y ORDOÑEZ, Abel. *Diseño Moderno de Pavimentos Modernos*. Lima : ICG, 2006.

IBRAHIM, Em y col. *Effect of geogrid reinforcement on flexible pavements*. Efecto del refuerzo de geomallas sobre pavimentos flexibles. Soluciones de infraestructura innovadoras , 2017, vol. 2, no 1, pág. 54. Innovative infrastructure solutions.

NOVOA FERNÁNDEZ, Lloni. *Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón*. Carabayllo : s.n., 2017.

GOUD, G y NARENDRA, et al. *Planar Reinforcements for Flexible Pavements*. 2017.

SENCICO. Reglamento Nacional de Edificaciones. *NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS*. Lima-Perú : s.n., 2016, pág. 79.

HERNÁNDEZ , C y SAMPIERI, H. *Metodología de la Investigación*. México : McGRAW-HILL, 2014.

ZELENDÓN, Jordan.*Determinación de propiedades últimas a tracción en geomallas según normativa ASTM*. 1, 2019, Métodos y materiales, Vol. 9, págs. 11-18.

MTC, M. d. *Manual de ensayos de materiales*. Lima -Perú : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016.

CHOUDHARY, D y JOSHI, Y. *detailed study of Cbr method for flexible pavement design*. 6, 2014, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, págs. 239-253.

WU, Shengmin et al. *Bearing Capacity of Flexible Pavement System Reinforced with Fiberglass Geogrid*. 2017, Destech Transactions on Materials Science and Engineering,, pág. 8.

KOSHIGOE, Amanda.*Effect of variation of the average daily volume and traffic growth rate on flexible pavements performance*. 1, 2019, Revista Chilena de Ingenieria, Vol. 27, págs. 58-68.

GIROUD, Jp y HAN, Jie.*Método de diseño para carreteras sin pavimentar reforzadas con geomalla*. 8, 2004, Revista de Ingeniería Geotécnica y Geoambiental, Vol. 130, págs. 787-797.

ADAMS, Charles, TUFFOUR, Yaw y KWOFIE, Samuel. *Effects of Soil Properties and Geogrid Placement on CBR Enhancement of Lateritic Soil for Road Pavement Layers*. 2, 2016, American Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol. 4, págs. p. 62-66.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz De Operacionalización

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
TÍTULO	" APLICACIÓN DE GEOMALLA PARA MEJORAR ASPECTOS TÉCNICO ECONÓMICO DEL ESPESOR DE CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN AVENIDA JOSÉ GRANDA,2020"				
RESPONSABLE	YELENA ZULEMA VASQUEZ VALENZUELA				
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE APLICACIÓN DEL GEOMALLA	La geomalla es un material geosintético que consiste en juegos de costillas paralelas conectadas con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante(Koerner, 2012).	La geomalla biaxial y triaxial, se aplicará a un pavimento flexible a través de los métodos Aashto 93 y sus modificaciones para Geomallas Aashto R50 y se compara con el Aashto convencional de un pavimento no reforzado. La ASTM D 6637 es la norma estándar. Los ensayos se realizan a lo largo del eje TD y MD, paralelamente a la orientación de las costillas, para determinar propiedades mecánicas a la tracción	BIAXIAL	RESISTENCIA DEFORMACIÓN	Especificaciones de las Geomallas
				RESISTENCIA LA ROTURA (KN/M)	
			TRIAxIAL	RESISTENCIA A LA DEFORMACION (KN/M)	
				RESISTENCIA LA ROTURA(KN/M)	
DEPENDIENTE ASPECTO TÉCNICO ECONÓMICO DEL ESPESOR DE LAS CAPAS	Según el Manual de Carretera (2014) "Es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente". (p. 26)	Para poder determinar los espesores de los pavimentos flexibles se va a tener que usar el método AASTHO 93 es un método que recomienda el instituto de asfalto. Para aplicar geomallas biaxial y triaxial Aashto R50.El uso del software SpectraPave sera necesario para aplicar estos geomallas	TÉCNICO	CAPACIDAD PORTANTE (Kglcm ²)	Ficha de Registro de datos
				NÚMERO ESTRUCTURAL (adimensional)	
				ESPESOR DE CAPAS (CM)	
			ECONÓMICO	COSTO MATERIAL(S/)	Ficha de Tabla de costos
COSTO DE EQUIPO (S/)					

ANEXO 02: Matriz De Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO	“ APLICACIÓN DE GEOMALLA PARA MEJORAR ASPECTOS TÉCNICO ECONÓMICO DEL ESPESOR DE CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN AVENIDA JOSÉ GRANDA, 2020 ”					
RESPONSABLE	TELENA ZULEMA VÁSQUEZ VALENZUELA					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE	BIAXIAL	RESISTENCIA A LA DEFORMACION (KN/M)	
¿EN QUÉ MEDIDA LA APLICACIÓN DE LA GEOMALLA MEJORA EL ASPECTO TÉCNICO ECONÓMICO DEL ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN AVENIDA JOSÉ GRANDA, 2020?	DETERMINAR EN QUE MEDIDA LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA ASPECTOS TÉCNICO ECONÓMICO DEL ESPESOR DE CAPAS PAVIMENTO FLEXIBLE EN AVENIDA JOSÉ GRANDA ,2020	LA APLICACIÓN DE LA GEOMALLA MEJORA ASPECTOS TÉCNICO ECONÓMICO DEL ESPESOR DE CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN AVENIDA JOSÉ GRANDA, 2020	APLICACIÓN DEL GEOMALLA		RESISTENCIA LA ROTURA (KN/M)	
					TRIAXIAL	RESISTENCIA A LA DEFORMACION (KN/M)
					RESISTENCIA LA ROTURA (KN/M)	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE	TÉCNICO	CAPACIDAD PORTANTE(KG/CM2)	
¿EN QUÉ MEDIDA LA APLICACIÓN DE LA GEOMALLA MEJORA LA CAPACIDAD PORTANTE DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE?	DETERMINAR EN QUE MEDIDA LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA LA CAPACIDAD PORTANTE DE CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	LA APLICACION DE GEOMALLA MEJORA LA CAPACIDAD PORTANTE DE CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	ASPECTO TÉCNICO ECONÓMICO DEL ESPESOR DE LAS CAPAS		NÚMERO ESTRUCTURAL (Adimensional)	
¿EN QUÉ MEDIDA LA APLICACIÓN DE LA GEOMALLA MEJORA EL NÚMERO ESTRUCTURAL DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE?	DETERMINAR EN QUE MEDIDA LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA EL NÚMERO ESTRUCTURAL DE CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	LA APLICACION DE GEOMALLA MEJORA EL NÚMERO ESTRUCTURAL DE CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE			ESPESOR DE CAPAS (CM)	
¿EN QUÉ MEDIDA LA APLICACIÓN DE LA GEOMALLA MEJORA EL ESPESOR DE CAPAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE?	DETERMINAR EN QUE MEDIDA LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA EL ESPESOR DE CAPAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE	LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA EL ESPESOR DE CAPAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE			ECONÓMICO	COSTO MATERIAL(\$/)
¿EN QUÉ MEDIDA LA APLICACIÓN DE LA GEOMALLA MEJORA EL COSTO DEL MATERIAL PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ?	DETERMINAR EN QUE MEDIDA LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA EL COSTO DEL MATERIAL PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA EL COSTO DEL MATERIAL PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE				COSTO DE EQUIPO (\$/)
¿EN QUÉ MEDIDA LA APLICACIÓN DE LA GEOMALLA MEJORA EL COSTO DEL EQUIPO PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ?	DETERMINAR EN QUE MEDIDA LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA EL COSTO DEL EQUIPO PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	LA APLICACIÓN DE GEOMALLA MEJORA EL COSTO DEL EQUIPO PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE				

ANEXO 03: Ficha Técnica N° 01: Capacidad Portante

Tabla N° 25 Ficha Técnica N° 01: Capacidad Portante

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Título: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos económico técnico del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda, 2020"			
Autor: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela			
Indicador: Capacidad portante			
CALICATA	C-01	C-02	C-03
PROFUNDIDAD (m)			
HUMEDAD NATURAL (%)			
LL (%)			
LP (%)			
I.P. (%)			
% PASA MALLA N° 200			
CLASIFICACION AASHTO			
CLASIFICACION SUCS			
NIVEL FREATICO (ml)			
PROFUNDIDAD (m)			
HUMEDAD NATURAL (%)			
LL (%)			
LP (%)			
I.P. (%)			
% PASA MALLA N° 200			
CLASIFICACION AASHTO			
CLASIFICACION SUCS			
NIVEL FREATICO (ml)			
HUMEDAD OPTIMA (%)			
PROCTOR (MDS)			
CBR AL 100% DEL MDS			
CBR AL 95% DEL MDS			

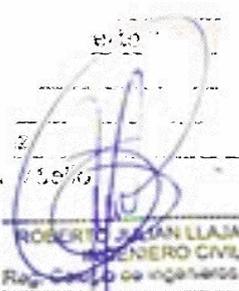
Juicio de Experto 1	Juicio de Experto 2	Juicio de Experto 3
Nombre:	Nombre:	Nombre:
CIP:	CIP:	CIP:
Validez:	Validez:	Validez:
Firma y Sello:	Firma y Sello:	Firma y Sello:



.....
Eimef Moreno Huaman
INGENIERO CIVIL
C.T.P. N° 216506



.....
YESENIA CUBA BARRAZA
INGENIERO CIVIL
C.T.P. N° 216506



.....
ROBERTO JUAN LLAJA TAPUR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 52353

ANEXO 04: Ficha Técnica N° 02: Número Estructural

Tabla N° 26. Ficha Técnica N° 02: Número Estructural

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
Título: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos económico técnico del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda, 2020"								
Indicador: Número estructural								
1	CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES							
	Módulo de resiliencia	a. De la carpeta		b. De la base granular		c. de la sub base		
2	DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE							
	Número de ejes equivalentes total(w18)	Factor			Módulo de resiliencia de la subrasante (mr. ksi)	Serviciabilidad		Periodo de diseño (años)
		De confiabilidad (r)	Standard normal deviate(zr)	Overall standard deviate (so)		Inicial (pi)	Final (pt)	
3	ESTRUCTURACIÓN DEL REFUERZO							
	A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
	concreto asfáltico convencional (a1)			Base granular(m2)				
	base granular (a2)			Subbase(m2)				
	subbase (a3)							
	CÁLCULO DE NÚMERO ESTRUCTURAL			ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO		TEORICO		PROPUESTO
	número estructural requerido total			espesor carpeta asfáltica (cm)				
	número estructural carpeta asfáltica			espesor granular (cm)				
	número estructural base granular			espesor sub base granular (cm)				
	número estructural sub base			espesor total (cm)				

Juicio de Experto 1	Juicio de Experto 2	Juicio de Experto 3
Nombre:	Nombre:	Nombre:
CIP:	CIP:	CIP:
Validez:	Validez:	Validez:
Firma y Sello:	Firma y Sello:	Firma y Sello:


MTL GEOTECNIA S.A.
 Suelos Concreto Asfalto
 Elmer Moreno Huaman
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 210506


MTL GEOTECNIA SAC
 SUELOS CONCRETO ASFALTO
 YESENIA CUBA BARRAZA
 INGENIERO CIVIL


ROBERTO JUAN LLASA TAFUR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. Colegio de Ingenieros N° 92308

ANEXO 05: Ficha Técnica N° 03: Espesor De Capas

Tabla N° 27. Ficha Técnica N° 03: Espesor De Capas

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Título: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos económico técnico del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda, 2020"			
Indicador: Espesor de Capas			
$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$			
a ₁ , a ₂ , a ₃ = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente			
d ₁ , d ₂ , d ₃ = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente			
m ₂ , m ₃ = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente			
SN = Número Estructural Total			
SN ₁ = Número estructural carpeta asfáltica			
SN ₂ = Número estructural base granular			
SN ₃ = Número estructural sub base			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
a1		m2	
a2		m3	
a3			
CÁLCULO DE NÚMERO ESTRUCTURAL		ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO	TEORICO
SN ₁		d ₁ (cm)	
SN ₂		d ₂ (cm)	
SN ₃		d ₃ (cm)	
SN		Espesor total (cm)	

Juicio de Experto 1	Juicio de Experto 2	Juicio de Experto 3
Nombre:	Nombre:	Nombre:
CIP:	CIP:	CIP:
Validez:	Validez:	Validez:
Firma y Sello:	Firma y Sello:	Firma y Sello:
 <p>MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elma Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210606</p>	 <p>MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL</p>	 <p>ROBERTO JUAN LLASA TAFUR INGENIERO CIVIL Reg. Grupo de Ingenieros N° 92303</p>

ANEXO 06: Ficha Técnica N° 04: Costo De Materiales

Tabla N° 28. Ficha Técnica N° 04 Costo De Materiales

Título: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos económico técnico del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda,2020"			
Indicador: Costo de Equipos			
Autor: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela			
Partida	Sección de diseño sin geomalla (No reforzada)	Sección de diseño con geomalla biaxial (Reforzada)	Sección de diseño con geomalla triaxial (Reforzada)
Carpeta asfáltica			
Mezcla asfáltica	s/	-----	-----
Kerosene industrial	-----	S/	S/
Asfalto liquido	-----	S/	S/
Imprimación asfáltica			
Kerosene industrial	s/	-----	-----
Asfalto liquido	s/	-----	-----
Base granular			
Afirmado para base	s/	S/	S/
Instalación de geomalla biaxial			
Sujetador tipo grampas "u"	-----	S/	-----
Geomalla biaxial	-----	S/	-----
Instalación de geomalla triaxial:			
Sujetador tipo grampas "u"	-----	-----	S/
Geomalla triaxial	-----	-----	S/
Sub-base granular:			
Afirmado para subbase	s/	S/	S/
TOTAL			

Juicio de Experto 1	Juicio de Experto 2	Juicio
Nombre:	Nombre:	Non
CIP:	CIP:	CIP:
Validez	Validez:	Vali
Firma y Sello:	Firma y Sello:	Firm
<p>MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto</p>  <p>Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 218506</p>	<p>MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p>  <p>YESSENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 218506</p>	 <p>ROBERTO JUAN LLAJA TAFUR INGENIERO CIVIL Reg. Nacional de Ingenieros N° 92309</p>

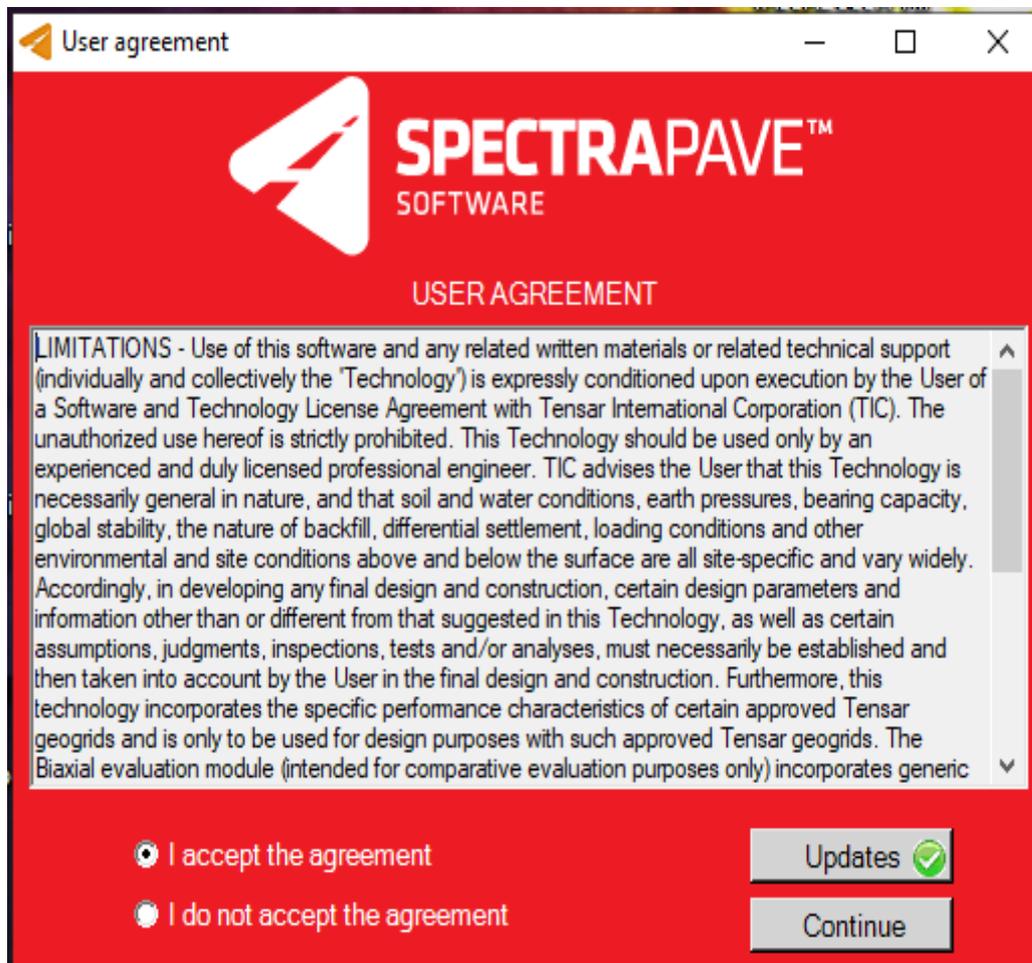
ANEXO 07: Ficha Técnica N° 05: Costo De Equipos

Tabla N° 29. Ficha Técnica N° 05 Costo De Equipos

Título: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos económico técnico del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda, 2020"			
Indicador: Costo de Equipos			
Autor: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela			
Partida	Sección de diseño sin geomalla (No reforzada)	Sección de diseño con geomalla biaxial (Reforzada)	Sección de diseño con geomalla triaxial (Reforzada)
Carpeta asfáltica			
Pavimentadora sobre arugas	s/	S/	S/
Rodillo neumático autopropulsado	s/	S/	S/
Transporte de mezcla asfáltica	s/	S/	S/
Imprimación asfáltica			
Compresora neumática diésel	s/	S/	S/
Camión imprimador	s/	S/	S/
Base granular			
Motoniveladora 125hp	s/	S/	S/
Rodillo liso vibr autopropulsado	s/	S/	S/
Camión cisterna	s/	S/	S/
Instalación de geomalla biaxial			
Herramienta manual	-----	S/	-----
Instalación de geomalla triaxial:			
Herramienta manual	-----	-----	S/
Sub-base granular:			
Motoniveladora 125hp	s/	S/	S/
Rodillo liso vibr autopropulsado	s/	S/	S/
Camión cisterna	s/	S/	S/
TOTAL			

Juicio de Experto 1	Juicio de Experto 2	Juicio de Experto 3
Nombre:	Nombre:	Nombre:
CIP:	CIP:	CIP:
Validez:	Validez:	Validez:
Firma y Sello:	Firma y Sello:	Firma y Sello:
 <p>MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto</p> <p>Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210506</p>	 <p>MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p>YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210506</p>	 <p>ROBERTO JUAN LLAIZA TAPUR INGENIERO CIVIL Reg. Colegio de Ingenieros N° 92358</p>

ANEXO 08: Licencia de Software SpectraPave

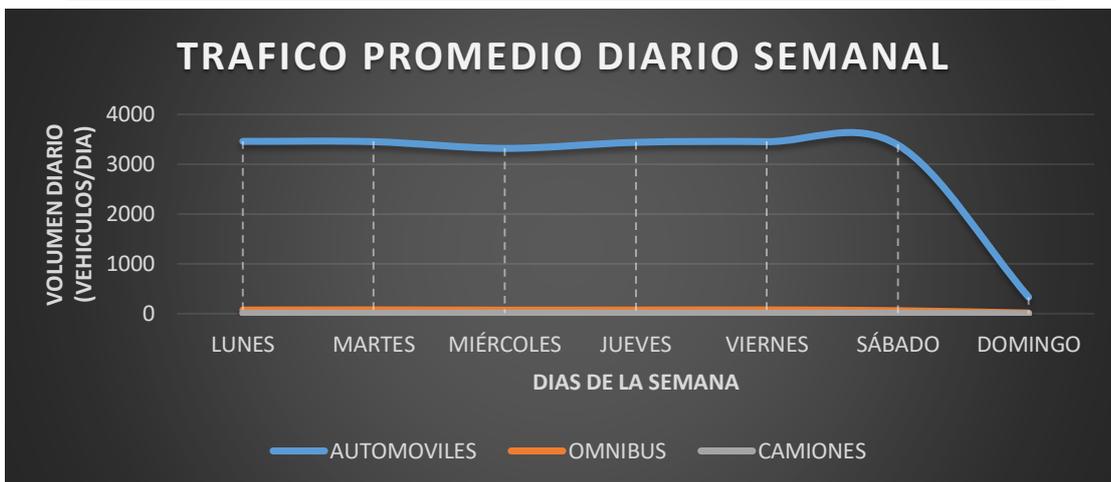


ANEXO 09: Estudio de Tráfico

1. TRAFICO PROMEDIO DIARIO SEMANAL

Tabla Nº 30 Trafico Promedio Diario Semanal

	VOLUMEN			
	AUTOMOVILES	OMNIBUS	CAMIONES	TOTAL
LUNES	3458	70	13	3541
MARTES	3452	73	12	3537
MIÉRCOLES	3318	68	14	3400
JUEVES	3439	70	13	3522
VIERNES	3453	72	12	3537
SÁBADO	3389	57	14	3460
DOMINGO	333	9	4	346
TOTAL	20842	419	82	21343
%	97.65%	1.96%	0.38%	100.00%



DESVIACION ESTANDAR MUESTRAL(S)

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

n = 7 días de trabajo
S = 1193.06 Vehículos mixtos por día

DESVIACION ESTANDAR DE LA POBLACION ESTIMADA(g)

$$g = \frac{S}{\sqrt{n} * \sqrt{\frac{(N - n)}{(N - 1)}}}$$

N = 365 días del año
g = 452.81 Vehículos mixtos por día

3. MÁXIMA DIFERENCIA ENTRE TPDA Y TPDS

$$A = K * g$$

K= 1,64 y 1,96 para una confiabilidad de 90% al 95% respectivamente

g = 1.96

A = 887.5144372

4. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL

$$TPDA \text{ o } IMDA = TPDS \pm A$$

TPDA o IMDA = 3048

3935.51

IMDA = 3935.51 veh/dia

IMDA = 2160.49 veh/dia

IMDA del aforo = 3935.51 veh/dia

5. TRÁFICO VEHICULAR PROYECTADO

Factor de actualización (fa)

$$fa = (1 + r)^a$$

a: Periodo de Actualización

r: Tasa anual de crecimiento(%)

r = 3.5% (Lima 2010-2016)

año de formulación coincide con el año del

a = 1 estudio de trafico

Reemplazando se tiene:

fa = 1.04

6. INDICE MEDIO DIARIO ACUMULADO ANUAL(IMDa)

$$IMDa = fa * IMDA$$

Reemplazando se tiene:

IMDa = 4073.26 veh/dia

7. CRECIMIENTO DEL TRÁFICO VEHICULAR

$$F.C. = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

r = Tasa anual de crecimiento de tránsito

n = Periodo de diseño del pavimento en años

Entonces se tiene:

F.C. = 11.73

$$n = n_s + n_t$$

Donde:

n_s = 10 años de servicio

n_t = 0 años de trámites

n = 10 años

8. TRÁNSITO DE DISEÑO

8-1 FEC PARA EL PROYECTO

La presión promedio de inflado (P_i) es:

$$P_i = 100 \text{ psi}$$

La presión de contacto (P_c) es:

$$P_c = 0.90 * P_i$$

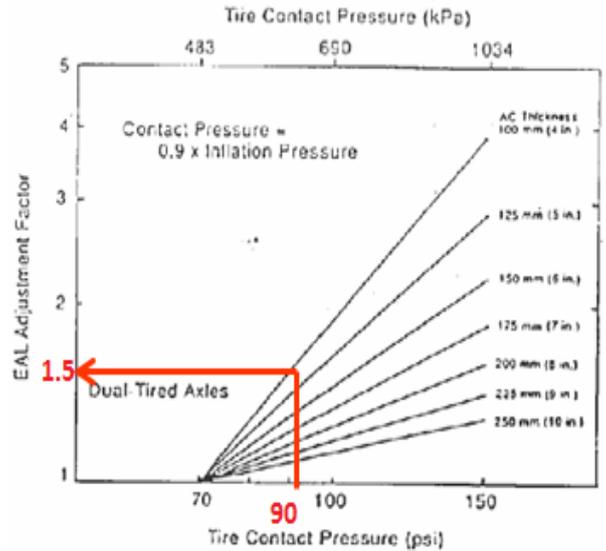
$$P_c = 90 \text{ psi}$$

8-2 FACTOR DE AJUSTE (FA)

Asumiendo el menor valor del concreto asfáltico

4 in (situación crítica)

$$FA = 1.5 \text{ De la tabla}$$



8-3 FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA POR VEHICULO (FECV)

CODIGO	VEHICULO	FECV (a)	FA (b)	FECV(final) (a)*(b)
AT1,SW2		0.0011	1.5	0.0016
PK3,CR5	LIGEROS	0.0221	1.5	0.0331
MN6		0.0221	1.5	0.0331
2EO		4.2413	1.5	6.3619
3EO	PESADOS	1.7137	1.5	2.5705
2EC	SIMPLES	4.2413	1.5	6.3619
3EC		2.5685	1.5	3.8528
C3R2		10.0698	1.5	15.1047
C3R3	PESADOS	8.3970	1.5	12.5955
T2S3	COMPUESTOS	5.6761	1.5	8.5142
T3S3		4.0034	1.5	6.0050

9. DETERMINACION DE EJES EQUIVALENTES DE CARGA (EAL)

Método 1 (AASHTO)

$$EAL = \sum_{i=1}^n (IMD_0)_i (FECV) (G) (D) (L) (365) (N)$$

Factor =

Donde :

- (IMD)_i : Número de vehículos inicial de tipo "i"
- N : Periodo de diseño o Vida útil del Pavimento
- D : Factor Direccional, se asume 0.5
- L : factor de distribución de transito por carril
- G : Factor de crecimiento (FC)
- FECV : Factor de ejes equivalentes de carga por vehículo

Tabla Nº 31 Ejes Equivalentes de Carga

EJES EQUIVALENTES DE CARGA (EAL)								
VEHICULO	IMD	FECV	G	D	L	DIAS	N	EAL
AT1,SW2	3368	0.0016	11.73	0.5	0.8	365	10	91195.4258
PK3,CR5	487	0.0331	11.73	0.5	0.8	365	10	276167.041
MN6	124	0.0331	11.73	0.5	0.8	365	10	70531.4805
2EO	72	6.3619	11.73	0.5	0.8	365	10	7841706.02
3EO	8	2.5705	11.73	0.5	0.8	365	10	352976.556
2EC	8	6.3619	11.73	0.5	0.8	365	10	873611.812
3EC	6	3.8528	11.73	0.5	0.8	365	10	390493.772
C3R2	0	15.1047	11.73	0.5	0.8	365	10	0
C3R3	0	12.5955	11.73	0.5	0.8	365	10	0
T2S3	0	8.5142	11.73	0.5	0.8	365	10	0
T3S3	0	6.0050	11.73	0.5	0.8	365	10	0
W18=								9.897E+06

ANEXO 10: Certificado de Calibración de Equipos

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-OSP-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cedula N° : 230-2019-INACAL/DA

Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA

Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web: www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01F-02M Ver. 02

Activar M
Ve a Config

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4370 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SARTORIUS
Modelo : LC2201S
N° de Serie : 50310007
Capacidad Máxima : 2200 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 5 g
Procedencia : ALEMANIA
N° de Parte : No indica
Identificación : No indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II. Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4372 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : DENVER INSTRUMENT
Modelo : AA-250
N° de Serie : B032815
Capacidad Máxima : 220 g
Resolución : 0,0001 g
División de Verificación : 0,001 g
Clase de Exactitud : I
Capacidad Mínima : 0,1 g
Procedencia : U.S.A.
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión: 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE: MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro.264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : **HORNO**
 Marca : GEMMY
 Modelo : YC0-010
 N° de Serie : 510847
 Tipo de Ventilación : Turbulencia
 Procedencia : ALEMANIA
 Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **TERMÓMETRO DIGITAL**
 Marca : No Indica
 Alcance : 1°C a 250°C
 Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : **DIGITAL**
 Marca : No Indica
 Alcance : 1°C a 250°C
 Resolución : 1 °C
 Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
 Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medos isoterms con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	29,3 °C	29,6 °C
Humedad Relativa	45,3 %	43,2 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-4374-2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR

Marca : NO INDICA
Modelo : NO INDICA
N° Serie : NO INDICA
Intervalo de indicación : 5000 Kg
Resolución : 0,1 Kg

CELDA DE CARGA

Marca : Keli
Modelo : A-FED
Serie : 5X70836
Procedencia : NO INDICA
Código de Identificación : NO INDICA
Ubicación : No Indica

Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,9°C	20,1°C
HUMEDAD RELATIVA	43,0%	44,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316

Validación del Software SpectraPave



March 6, 2013

Dr. Mark H. Wayne, P.E.
Director of Application Technology
Tensor International Corporation
2500 Northwinds Parkway
Tower III, Suite 500
Alpharetta, GA 30009

Subject: Validation and Verification of Tensor SpectraPave4-PRO™ Software

Dr. Wayne:

ARA has reviewed Tensor's SpectraPave4-PRO™ software, user manual, and underlying calculations. We have found the software to be compatible and consistent with the AASHTO R30-09 *Standard Practice for Geosynthetic Reinforcement of Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures* and the 1993 *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Using SpectraPave4-PRO™ to design pavement structures utilizing Tensor's TriAx geogrid follows sound and appropriate pavement engineering practice. SpectraPave4-PRO™ software emulates the 1993 AASHTO flexible pavement design procedure and produces designs that are compliant with the methodology and the resulting pavement structure requirements.

Sincerely,

William R. Vavrik, Ph.D., P.E.
Vice President & Principal Engineer

Ensayo de Perfil Estratigráfico



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PERFIL ESTRATIGRÁFICO	Código	FOR-LSR-MS-005
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D420

REFERENCIA	: DATOS DE CAMPO
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"
UBICACIÓN	: Av. José Granda
COORDENADA	: --
CALICATA	: C-1
PROFUNDIDAD	: 1.50 m
Fecha de ensayo: 16/09/2020	

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACION	
				SUCS	AASHTO
0.10	[Symbol]	GRAVA LIMOSA CON ARENA, DE PLASTICIDAD BAJA, DE CONSISTENCIA FIRME, EN CONDICIÓN SECA AL TACTO, DE COLOR BEIGE, CON GRAVAS SUB REDONDEADAS DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE 2 1/2". LA FRACCIÓN FINA PRESENTA CEMENTACIÓN MODERADA, DILATANCIA LENTA Y TENACIDAD BAJA.	M-1	GM	A-1-b (0)
0.15					
0.20					
0.25					
0.30					
0.35					
0.40					
0.45					
0.50					
0.55					
0.60	[Symbol]	ARENA LIMOSA CON GRAVA, DE PLASTICIDAD BAJA, DE CONSISTENCIA FIRME, EN CONDICIÓN HÚMEDA, DE COLOR BEIGE, CON CEMENTACIÓN MODERADA, DILATANCIA LENTA Y TENACIDAD BAJA. SE ENCONTRÓ LA PRESENCIA DE GRAVA CON FORMA SUB REDONDEADA Y TAMAÑO MÁXIMO DE 1". NO SE ENCONTRÓ LA PRESENCIA DE NAPA FREÁTICA HASTA LA PROFUNDIDAD DE -1.50 m.	M-2	SM	A-4 (1)
0.65					
0.70					
0.75					
0.80					
0.85					
0.90					
0.95					
1.00					
1.05					
1.10					
1.15					
1.20					
1.25					
1.30					
1.35					
1.40					
1.45					
1.50					

- OBSERVACIONES:
- Tipo de excavación manual a cielo abierto (calicata)
 - Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PERFIL ESTRATIGRÁFICO	Código	FOR-LSR-MS-005
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D4120

REFERENCIA	: DATOS DE CAMPO
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"
UBICACIÓN	: Av. José Granda
COORDENADA	: -
CALICATA	: C-2
PROFUNDIDAD	: 1.50 m
Fecha de ensayo: 16/09/2020	

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10	[Symbol]	GRAVA LIMOSA CON ARENA, DE PLASTICIDAD BAJA, DE CONSISTENCIA FIRME, EN CONDICIÓN SECA AL TACTO, DE COLOR BEIGE, CON GRAVAS SUB REDONDEADAS DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE 2 1/2". LA FRACCIÓN FINA PRESENTA CEMENTACIÓN MODERADA, DILATANCIA LENTA Y TENACIDAD BAJA, SE ENCONTRÓ LA PRESENCIA DE RESTOS DE BOLSAS PLÁSTICAS Y LADRILLOS.	M-1	GM	A-1-b (0)
0.15					
0.20					
0.25					
0.30					
0.35					
0.40					
0.45					
0.50					
0.55					
0.60	[Symbol]	ARENA LIMOSA CON GRAVA, DE PLASTICIDAD BAJA, DE CONSISTENCIA FIRME, EN CONDICIÓN HÚMEDA, DE COLOR BEIGE, CON CEMENTACIÓN MODERADA, DILATANCIA LENTA Y TENACIDAD BAJA. SE ENCONTRÓ LA PRESENCIA DE GRAVA CON FORMA SUB REDONDEADA Y TAMAÑO MÁXIMO DE 1". NO SE ENCONTRÓ LA PRESENCIA DE NAPA FREÁTICA HASTA LA PROFUNDIDAD DE -1.50 m.	M-2	SM	A-4 (1)
0.65					
0.70					
0.75					
0.80					
0.85					
0.90					
0.95					
1.00					
1.05					
1.10					
1.15					
1.20					
1.25					
1.30					
1.35					
1.40					
1.45					
1.50					

OBSERVACIONES:

- * Tipo de excavación manual a cielo abierto (calicata)
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

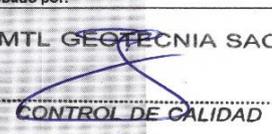
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PERFIL ESTRATIGRÁFICO	Código	FOR-LSR-MS-005
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D420

REFERENCIA	: DATOS DE CAMPO
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"
UBICACIÓN	: Av. José Granda
COORDENADA	: -
CALICATA	: C-3
PROFUNDIDAD	: 1.50 m
Fecha de ensayo: 16/09/2020	

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACION	
				SUCS	AASHTO
0.10	[Symbol]	GRAVA LIMOSA CON ARENA, DE PLASTICIDAD BAJA, DE CONSISTENCIA FIRME, EN CONDICIÓN SECA AL TACTO, DE COLOR BEIGE, CON GRAVAS SUB REDONDEADAS DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE 2 1/2". LA FRACCIÓN FINA PRESENTA CEMENTACIÓN MODERADA, DILATANCIA LENTA Y TENACIDAD BAJA, SE ENCONTRÓ LA PRESENCIA DE RESTOS DE BOLSAS PLÁSTICAS Y LADRILLOS.	M-1	GM	A-2-4 (0)
0.15					
0.20					
0.25					
0.30					
0.35					
0.40					
0.45					
0.50					
0.55					
0.60					
0.65					
0.70					
0.75					
0.80					
0.85					
0.90					
0.95					
1.00					
1.05					
1.10					
1.15					
1.20	[Symbol]	ARENA LIMOSA CON GRAVA, DE PLASTICIDAD BAJA, DE CONSISTENCIA FIRME, EN CONDICIÓN HÚMEDA, DE COLOR BEIGE, CON CEMENTACIÓN MODERADA, DILATANCIA LENTA Y TENACIDAD BAJA. SE ENCONTRÓ LA PRESENCIA DE GRAVA CON FORMA SUB REDONDEADA Y TAMAÑO MÁXIMO DE 1". NO SE ENCONTRÓ LA PRESENCIA DE NAPA FREÁTICA HASTA LA PROFUNDIDAD DE -1.50 m.	M-2	SM	A-4 (1)
1.25					
1.30					
1.35					
1.40					
1.45					
1.50					

OBSERVACIONES:
 * Tipo de excavación manual a cielo abierto (calicata)
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

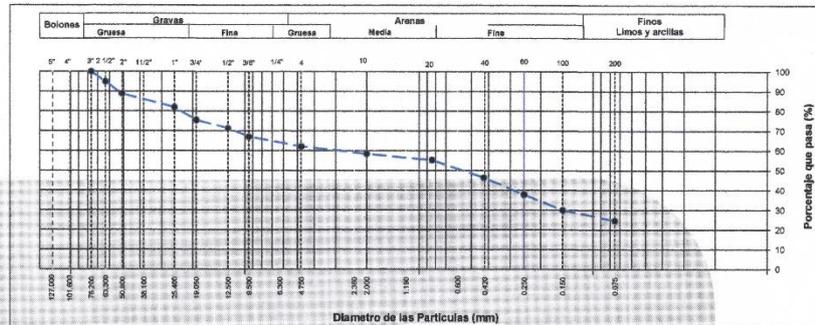
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6813 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"
UBICACIÓN	: Av. José Granda Fecha de ensayo: 24/09/2020
CALICATA	: C-1
MUESTRA	: M-1
PROFUNDIDAD	: 0.00-1.00 m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 1.7 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Limite Líquido (LL) 23 Limite Plástico (LP) 21 Índice Plástico (IP) 2 Grava (%) 37.8 Arena (%) 37.5 Finos (%) 24.7 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) GM Clasificación AASHTO (D3282) A-1-B (0) Nombre del Grupo Grava limosa con arena INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa constante.
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.300	94.9		
2"	50.800	88.7		
1 1/2"	38.100	88.7		
1"	25.400	82.0		
3/4"	19.000	75.5		
1/2"	12.500	71.4		
3/8"	9.500	67.1		
Nº 4	4.750	62.2		
Nº 10	2.000	56.5		
Nº 20	0.840	55.4		
Nº 40	0.425	46.5		
Nº 60	0.250	37.9		
Nº 80	0.177	37.9		
Nº 100	0.150	30.2		
Nº 200	0.075	24.7		
< Nº 200	FONDO	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Ensayo Clasificación de Suelos



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

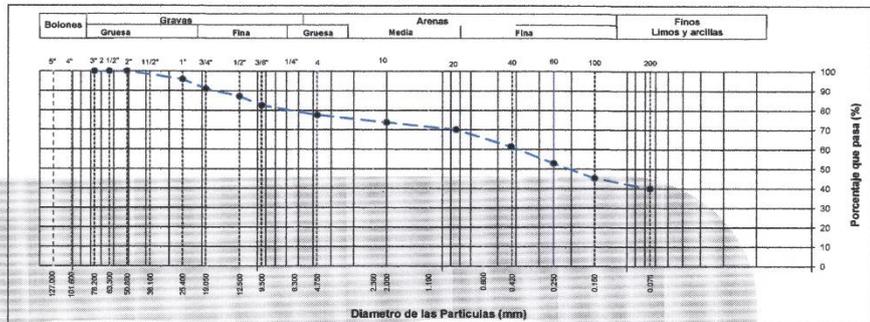
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"
UBICACIÓN	: Av. José Granda Fecha de ensayo: 24/09/2020
CALICATA	: C-1
MUESTRA	: M-2
PROFUNDIDAD	: 1.00-1.5 m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 3.6 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 27 Límite Plástico (LP) 23 Índice Plástico (IP) 4 Grava (%) 22.5 Arena (%) 37.5 Finos (%) 40.0 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SM Clasificación AASHTO (D3282) A-4 (1) Nombre del Grupo Arena limosa con grava INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa constante.
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.300	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	95.8		
3/4"	19.000	91.0		
1/2"	12.500	87.2		
3/8"	9.500	82.5		
Nº 4	4.750	77.5		
Nº 10	2.000	73.8		
Nº 20	0.840	70.2		
Nº 40	0.425	61.5		
Nº 60	0.250	52.9		
Nº 80	0.177	52.9		
Nº 100	0.150	45.4		
Nº 200	0.075	40.0		
< Nº 200	FONDO	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos, Concreto, Asfalto 	Aprobado por: MTL GEOTECNIA S.A.C CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

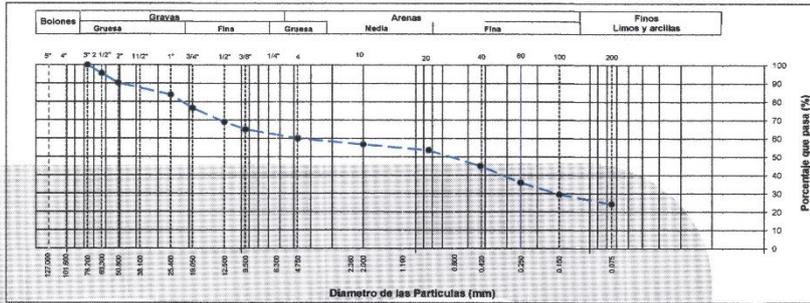
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"
UBICACIÓN	: Av. José Granda Fecha de ensayo: 24/09/2020
CALCATA	: C-2
MUESTRA	: M-1
PROFUNDIDAD	: 0.70-1.00 m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
5"	127.000	100.0		CÓNTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 1.6 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 23 Límite Plástico (LP) 21 Índice Plástico (IP) 2 <table border="1"> <tr> <td>Grava (%)</td> <td>Arena (%)</td> <td>Finos (%)</td> </tr> <tr> <td>39.9</td> <td>35.7</td> <td>24.4</td> </tr> </table> CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) GM Clasificación AASHTO (D3282) A-1-b (0) Nombre del Grupo Grava limosa con arena	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	39.9	35.7	24.4
Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)								
39.9	35.7	24.4								
3"	76.200	100.0								
2 1/2"	63.500	95.4								
2"	50.800	90.2								
1 1/2"	38.100	80.2								
1"	25.400	83.8								
3/4"	19.000	76.5								
1/2"	12.500	68.9								
3/8"	9.500	64.9								
Nº 4	4.750	60.1								
Nº 10	2.000	56.8								
Nº 20	0.840	53.7								
Nº 40	0.425	45.1								
Nº 60	0.250	35.9								
Nº 80	0.177	35.9								
Nº 100	0.150	29.6								
Nº 200	0.075	24.4								
< Nº 200	FONDO	0.0								

CURVA GRANULOMETRICA



- OBSERVACIONES:**
- * Muestra provista e identificada por el solicitante
 - * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
 - * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

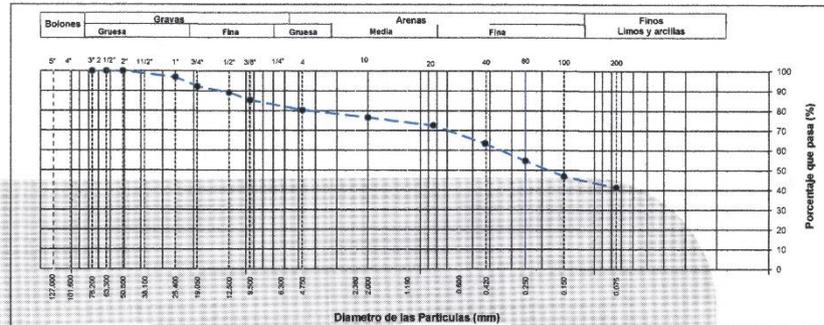
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020*
UBICACIÓN	: Av. José Granda Fecha de ensayo: 24/09/2020
CALICATA	: C-2
MUESTRA	: M-2
PROFUNDIDAD	: 1.00-1.5 m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
5"	127.000	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 3.3 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 26 Límite Plástico (LP) 22 Índice Plástico (IP) 4 <table border="1"> <tr> <th>Grava (%)</th> <th>Arena (%)</th> <th>Finos (%)</th> </tr> <tr> <td>19.7</td> <td>38.9</td> <td>41.4</td> </tr> </table> CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUGS (ASTM D2487) SM Clasificación AASHTO (D3282) A-4 (1) Nombre del Grupo Arena limosa con grava	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	19.7	38.9	41.4
Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)								
19.7	38.9	41.4								
4"	101.600	100.0								
3"	76.200	100.0								
2 1/2"	63.500	100.0								
2"	50.800	100.0								
1 1/2"	38.100	100.0								
1"	25.400	96.8								
3/4"	19.000	92.2								
1/2"	12.500	89.1								
3/8"	9.500	85.3								
Nº 4	4.750	80.3								
Nº 10	2.000	76.5								
Nº 20	0.840	72.7								
Nº 40	0.425	63.5								
Nº 60	0.250	54.8								
Nº 80	0.177	54.8								
Nº 100	0.150	47.0								
Nº 200	0.075	41.4								
< Nº 200	FONDO	0.0								

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

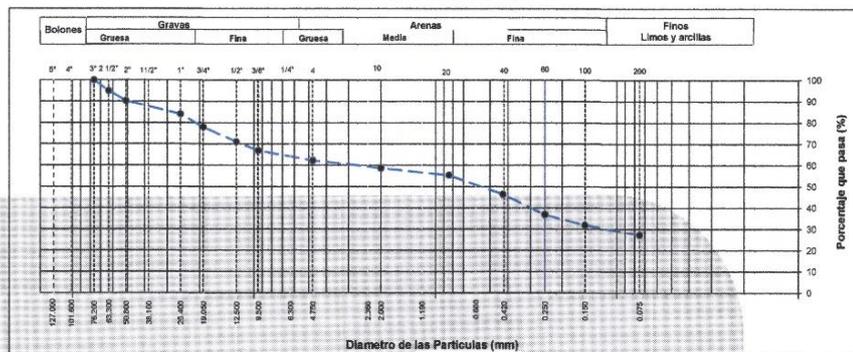
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: Yelena Zúñiga Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020
UBICACIÓN	: Av. José Granda Fecha de ensayo: 24/09/2020
CALICATA	: C-3
MUESTRA	: M-1
PROFUNDIDAD	: 0.80-1.10 m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
5"	127.000	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%)	1.4
3"	76.200	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)	
2 1/2"	63.300	95.0		Límite Líquido (LL)	24
2"	50.800	90.3		Límite Plástico (LP)	22
1 1/2"	38.100	90.3		Índice Plástico (IP)	2
1"	25.400	84.0		Grava (%)	37.7
3/4"	19.000	77.8		Arena (%)	34.9
1/2"	12.500	71.1		Finos (%)	27.3
3/8"	9.500	66.9		CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Nº 4	4.750	62.3		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	GM
Nº 10	2.000	58.7		Clasificación AASHTO (D3282)	A-2-4 (0)
Nº 20	0.840	55.4		Nombre del Grupo	Grava limosa con arena
Nº 40	0.425	46.5		INDICACIONES:	
Nº 60	0.250	36.8		El método de secado para el ensayo de contenido de humedad	
Nº 80	0.177	36.8		fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa	
Nº 100	0.150	31.9		constante.	
Nº 200	0.075	27.3			
< Nº 200	FONDO	0.0			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto  Eimer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

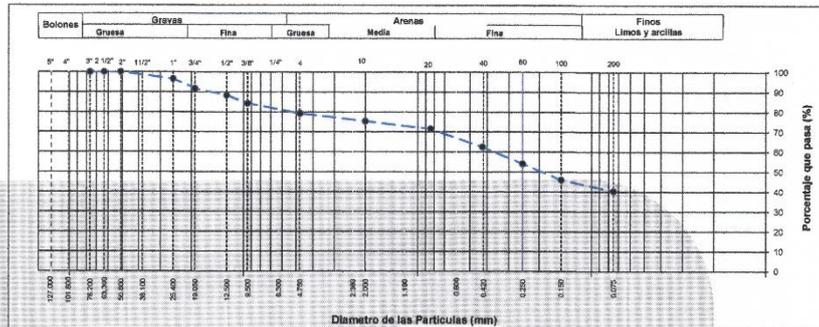
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / NTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"
UBICACIÓN	: Av. José Granda Fecha de ensayo: 24/08/2020
CALICATA	: C-3
MUESTRA	: M-2 - (PATRON)
PROFUNDIDAD	: 1.10-1.5 m

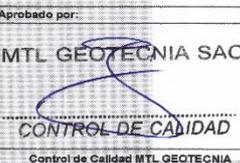
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 3.0 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Limite Líquido (LL) 27 Limite Plástico (LP) 22 Índice Plástico (PI) 5 Grava (%) 20.8 Arena (%) 38.8 Finos (%) 40.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SM Clasificación AASHTO (D3282) A-4 (1) Nombre del Grupo Arena limosa con grava INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa constante.
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.300	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	96.5		
3/4"	19.000	88.3		
1/2"	12.500	84.3		
3/8"	9.500	79.2		
Nº 4	4.750	75.3		
Nº 10	2.000	71.6		
Nº 20	0.840	62.5		
Nº 40	0.425	54.0		
Nº 60	0.250	54.0		
Nº 80	0.177	46.1		
Nº 100	0.150	40.4		
Nº 200	0.075	0.0		
< Nº 200	FONDO	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Ensayo Relación de Soporte de California



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

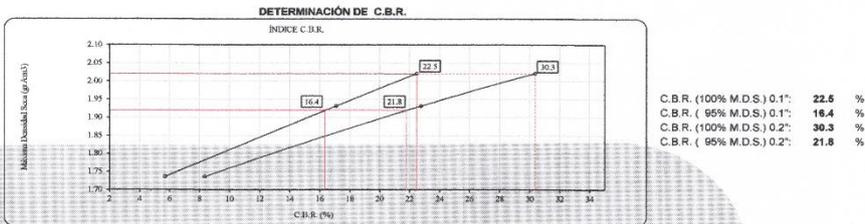
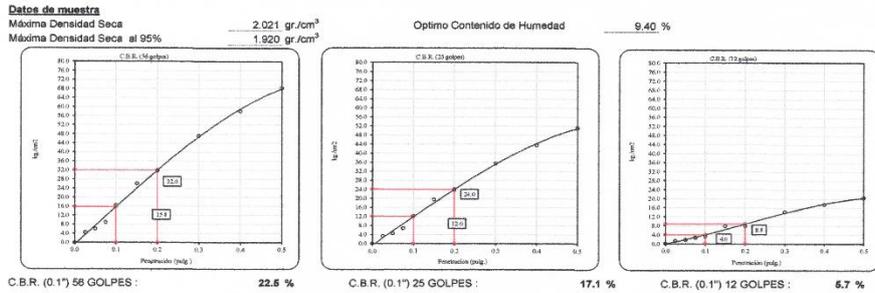
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela		
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"		
UBICACIÓN	: Av. José Granda		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo	: 27-09-2020
MUESTRA	: M-2 + GEOMALLA TRIAXIAL		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	13		14		15								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	13.327	12.943	12.943	12.943	12.199	12.199							
Peso molde (gr.)	8.607	8.449	8.449	8.449	8.129	8.129							
Peso suelo compactado (gr.)	4.720	4.494	4.494	4.494	4.070	4.070							
Volumen del molde (cm³)	2.137	2.129	2.129	2.129	2.141	2.141							
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.209	2.111	2.111	2.111	1.901	1.901							
Humedad (%)	9.4	9.3	9.3	9.3	9.5	9.5							
Densidad Seca (gr./cm³)	2.019	1.931	1.931	1.931	1.738	1.738							
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	712.4		697.2		659.8								
Tara+suelo seco (gr.)	651.2		637.9		602.8								
Peso de agua (gr.)	61.2		59.3		57.2								
Peso de tara (gr.)	0.0		0.0		0.0								
Peso de suelo seco (gr.)	851.2		837.9		802.8								
Humedad (%)	9.4		9.3		9.5								
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión		Expansión		Expansión						
			Dial	mm %	Dial	mm %	Dial	mm %					
NO EXPANSIVO													
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 13				Molde N° 14				Molde N° 15			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección
0.025	89	4.4		85	3.3			26	1.3				
0.050	116	5.9		87	4.4			35	1.8				
0.075	174	8.8		131	6.6			52	2.7				
0.100	70.307	321	16.3 15.8 22.8	241	12.2 12.0 17.1			65	3.3 4.0 5.7				
0.150		512	26.0	384	19.6			153	7.8				
0.200	105.460	626	31.8 32.0 30.3	470	23.9 24.0 22.8			154	7.8 8.8 8.3				
0.300		929	47.2	697	35.4			279	14.2				
0.400		1142	58.0	857	43.5			343	17.4				
0.500		1345	68.3	1009	51.2			404	20.5				

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-016
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela		
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"		
UBICACIÓN	: Av. José Granda		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo	: 27-09-2020
MUESTRA	: M-2 + GEOMALLA TRIAXIAL		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL

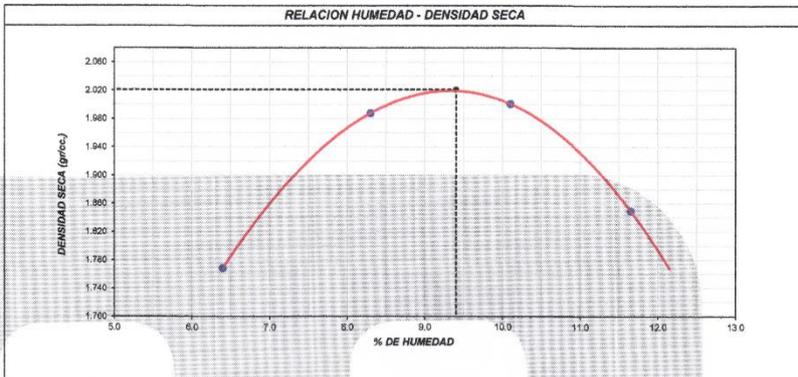
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela		
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"		
UBICACIÓN	: Av. José Granda		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo:	24/09/2020
MUESTRA	: M-2 - (PATRON)		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,589	5,843	5,890	5,761	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,763	2,017	2,064	1,935	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,882	2,153	2,203	2,065	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	562.0	512.6	575.6	584.5	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	528.2	473.3	522.8	523.5	
Peso de la Tara	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso del agua	gr.	33.8	39.3	52.8	61.0	
Peso del suelo seco	gr.	528	473	523	524	
Contenido de agua	%	6.4	8.3	10.1	11.7	
Densidad Seca	gr/cc	1.768	1.988	2.001	1.850	

Densidad Máxima Seca:	2.021	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Optima:	9.4 %
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

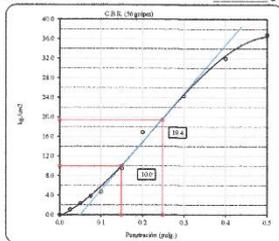
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-016
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA		: Datos de laboratorio	
SOLICITANTE		: Yelena Zulerna Vásquez Valenzuela	
PROYECTO		: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"	
UBICACIÓN		: Av. José Granda	
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo	: 27-09-2020
MUESTRA	: M-2 - (PATRON)		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		

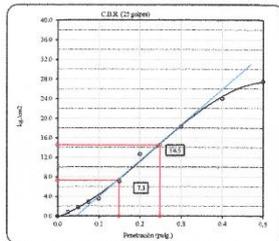
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 2.021 gr/cm³
Máxima Densidad Seca al 95% : 1.920 gr/cm³

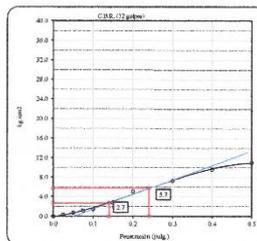
Óptimo Contenido de Humedad : 9.40 %



C.B.R. (0.1') 56 GOLPES : 14.2 %

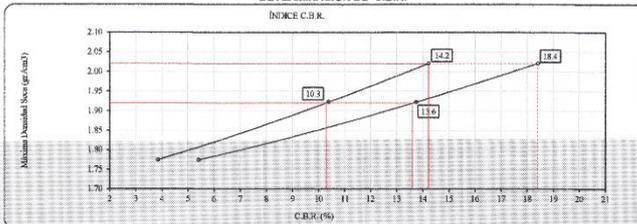


C.B.R. (0.1') 25 GOLPES : 10.4 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES : 3.8 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 14.2 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 10.3 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 18.4 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 13.6 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Yelena Zulema Vásquez Valenzuela		
PROYECTO	: "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020"		
UBICACIÓN	: Av. José Granda		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo	: 27-09-2020
MUESTRA	: M-2 + GEOMALLA BIAXIAL		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	10		11		12	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,065		13,034		12,869	
Peso molde (gr.)	8,336		8,507		8,510	
Peso suelo compactado (gr.)	4,729		4,527		4,179	
Volumen del molde (cm ³)	2,135		2,135		2,140	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,215		2,120		1,953	
Humedad (%)	9.2		9.3		9.3	
Densidad Seca (gr./cm ³)	2,028		1,940		1,787	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	678.9	621.2	654.3
Tara+suelo seco (gr.)	621.7	568.3	568.6
Peso de agua (gr.)	57.2	52.9	55.7
Peso de tara (gr.)	0.0	0.0	0.0
Peso de suelo seco (gr.)	621.7	568.3	568.6
Humedad (%)	9.2	9.3	9.3

EXPANSIÓN								
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión		Expansión		Expansión	
			Dial	mm	%	Dial	mm	%
NO EXPANSIVO								

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm ²)	Molde N° 10				Molde N° 11				Molde N° 12			
		Carga	Corrección		Carga	Corrección		Carga	Corrección				
		kg	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %	kg	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %	kg	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %
0.025		85	3.5			49	2.5			20	1.0		
0.050		93	4.7			70	3.5			26	1.4		
0.075		141	7.2			106	5.4			42	2.2		
0.100	70.307	204	10.3	13.4	19.1	153	7.8	9.8	13.9	66	3.3	4.8	6.8
0.150		283	14.4			212	10.8			85	4.3		
0.200	105.460	400	20.3	27.0	25.6	305	15.5	20.5	19.4	154	7.8	9.0	8.5
0.300		724	36.7			543	27.6			217	11.0		
0.400		993	50.4			744	37.8			298	15.1		
0.500		1181	57.4			848	43.1			339	17.2		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	MTL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Yelena Zulema Vásquez Valenzuela PROYECTO : "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020" UBICACIÓN : Av. José Granda CALICATA : C-3 Fecha de ensayo : 27-09-2020 MUESTRA : M-2 - (PATRON) PROFUNDIDAD : 1.5 m			

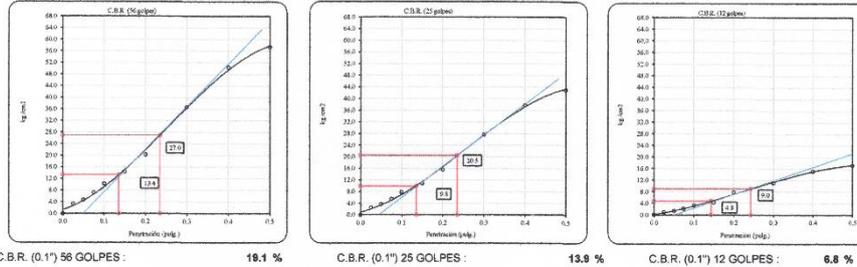
CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde Nº	A			D			E						
Número de capas	5			5			5						
Número de golpes	56			25			12						
Condición de la muestra	NO SATURADO SATURADO			NO SATURADO SATURADO			NO SATURADO SATURADO						
Peso suelo + molde (gr.)	13,226			12,732			12,298						
Peso molde (gr.)	8,545			8,251			8,170						
Peso suelo compactado (gr.)	4,681			4,481			4,128						
Volumen del molde (cm ³)	2,116			2,131			2,123						
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,212			2,103			1,944						
Humedad (%)	9.3			9.4			9.6						
Densidad Seca (gr./cm ³)	2,024			1,922			1,774						
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	712.5			754.6			721.9						
Tara+suelo seco (gr.)	651.9			689.8			658.7						
Peso de agua (gr.)	60.6			64.8			63.2						
Peso de tara (gr.)	0.0			0.0			0.0						
Peso de suelo seco (gr.)	651.9			689.8			658.7						
Humedad (%)	9.3			9.4			9.6						
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial		Dial		Dial		Dial				
			mm	%	mm	%	mm	%					
NO EXPANSIVO													
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm ²)	A				D				E			
		Carga kg.	Corrección kg./cm ²	Corrección kg./cm ²	CBR %	Carga kg.	Corrección kg./cm ²	Corrección kg./cm ²	CBR %	Carga kg.	Corrección kg./cm ²	Corrección kg./cm ²	CBR %
0.025		22	1.1			16	0.8			6	0.3		
0.050		45	2.3			34	1.7			14	0.7		
0.075		76	3.8			57	2.9			23	1.2		
0.100	70.307	93	4.7	10.0	14.2	70	3.5	7.3	10.4	28	1.4	2.7	3.8
0.150		186	9.4			139	7.1			56	2.8		
0.200	105.460	332	16.8	19.4	18.4	249	12.6	14.5	13.7	100	5.1	5.7	5.4
0.300		490	24.4			380	18.3			144	7.3		
0.400		630	32.0			472	24.0			189	9.6		
0.500		728	36.7			542	27.5			217	11.0		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 219506 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Yelena Zulema Vásquez Valenzuela PROYECTO : "Aplicación de geomalla para mejorar aspectos técnicos económicos del espesor de capas del pavimento flexible en avenida José Granda 2020" UBICACIÓN : Av. José Granda CALCATA : C-3 Fecha de ensayo : 27-09-2020 MUESTRA : M-2 + GEOMALLA BIAXIAL PROFUNDIDAD : 1.5 m			

Datos de muestra
 Máxima Densidad Seca : 2.021 gr/cm³ Óptimo Contenido de Humedad : 9.40 %
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.920 gr/cm³



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 19.1 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 12.9 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 26.6 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 17.9 %

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Biaxial (BX) Property Data Table

The following table is based on a range of QA/QC properties that represent the physical characteristics of Tensor BX1100/SS20 and Tensor BX1200/SS30 geogrids. However, as outlined by the USDOT, AASHTO and other groups, actual performance should be verified with full-scale in-ground testing and calibration. Tensor's BX and TriAx geogrids have gone through the full calibration and validation process following the Giroud-Han method (unpaved) process. Tensor TX geogrids have gone through the appropriate testing and review outlined in AASHTO R-50 (paved), as outlined by FHWA. The designer is encouraged to obtain full-scale testing, design calibration data and official documentation that the data has been calibrated correctly with the Giroud-Han and/or AASHTO methodology.

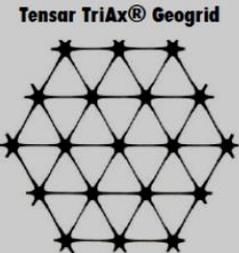
	Class 1 Biaxial Geogrid	Class 2 Biaxial Geogrid
Polymer	Polypropylene	Polypropylene
Manufacturing Process	Punched & Drawn	Punched & Drawn
Aperture Shape	Rectangular/Square	Rectangular/Square
Rib Shape	Rectangular/Square	Rectangular/Square
Rib Thickness	0.03-0.04" (0.75-1.1mm)	0.05-0.09" (1.27-2.2mm)
Aperture Size		
MD	1.0-1.6 (25-40mm)	1.0-1.6 (25-40mm)
CMD	1.3-1.6 (33-40mm)	1.3-1.6 (33-40mm)
Quality Control Strength - MD (Machine/Longitudinal Direction)		
Ultimate Tensile	850-1370 lb/ft (12.5-20 kN/m)	1310-2055 lb/ft (19.2-30 kN/m)
Load at 2% strain	280-480 lb/ft (4.1-7.0 kN/m)	410-720 lb/ft (6.0-10.5 kN/m)
Load at 5% strain	580-960 lb/ft (8.5-14.0 kN/m)	810-1440 lb/ft (11.8-21.0 kN/m)
Quality Control Strength - CMD (Cross-Machine/Transverse Direction)		
Ultimate Tensile	1300-1370 lb/ft (19.1-20 kN/m)	1970-2055 lb/ft (28.8-30 kN/m)
Load at 2% strain	450-480 lb/ft (6.6-7.0 kN/m)	620-720 lb/ft (9.0-10.5 kN/m)
Load at 5% strain	920-960 lb/ft (13.4-14.0 kN/m)	1340-1440 lb/ft (19.6-21.0 kN/m)
Flexural Rigidity	250.000-700.000	750.000-1,500.000
Aperture Stability	0.32-0.48	0.65-0.75
Junction Efficiency	93-95%	93-95%

Product Specification - TriAx® TX5 Geogrid

Tensar International Corporation reserves the right to change its product specifications at any time. It is the responsibility of the person specifying the use of this product and of the purchaser to ensure that product specifications relied upon for design or procurement purposes are current and that the product is suitable for its intended use in each instance.

General

1. The geogrid is manufactured from a punched polypropylene sheet, which is then oriented in three substantially equilateral directions so that the resulting ribs shall have a high degree of molecular orientation, which continues at least in part through the mass of the integral node.
2. The properties contributing to the performance of a mechanically stabilized layer include the following:



Index Properties ¹	Longitudinal/ Transverse	Diagonal	General
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rib pitch⁽²⁾, mm (in) ▪ Mid-rib depth⁽²⁾, mm (in) ▪ Mid-rib width⁽²⁾, mm (in) ▪ Rib shape ▪ Aperture shape 	<p>40 (1.60)</p> <p>1.2 (0.05)</p> <p>1.2 (0.05)</p>	<p>40 (1.60)</p> <p>1.3 (0.05)</p> <p>0.9 (0.04)</p>	<p>Rectangular</p> <p>Triangular</p>

Dimensions and Delivery

The TX geogrid shall be delivered to the jobsite in roll form with each roll individually identified. Rolls are shipped with nominal measurements: Equal to 4.0 meters (13.1feet) in width by 75 meters (246 feet) in length or 4.87 meters (16 feet) in width by 100 meters (328 feet) in length.

Notes

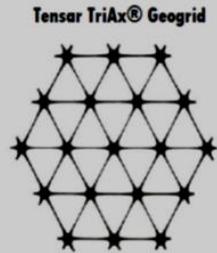
1. Unless indicated otherwise, values shown are minimum average roll values determined in accordance with ASTM D4759-02. Brief descriptions of test procedures are given in the following notes.
2. Nominal dimensions.

Product Specification - TriAx® TX7 Geogrid

Tensor International Corporation reserves the right to change its product specifications at any time. It is the responsibility of the person specifying the use of this product and of the purchaser to ensure that product specifications relied upon for design or procurement purposes are current and that the product is suitable for its intended use in each instance.

General

1. The geogrid is manufactured from a punched polypropylene sheet, which is then oriented in three substantially equilateral directions so that the resulting ribs shall have a high degree of molecular orientation, which continues at least in part through the mass of the integral node.
2. The properties contributing to the performance of a mechanically stabilized layer include the following:



Index Properties ¹	Longitudinal/ Transverse	Diagonal	General
▪ Rib pitch ⁽²⁾ , mm (in)	40 (1.60)	40 (1.60)	
▪ Mid-rib depth ⁽²⁾ , mm (in)	1.6 (0.06)	2.0 (0.08)	
▪ Mid-rib width ⁽²⁾ , mm (in)	1.3 (0.05)	1.0 (0.04)	
▪ Rib shape			Rectangular
▪ Aperture shape			Triangular

Dimensions and Delivery

The TX geogrid shall be delivered to the jobsite in roll form with each roll individually identified. Rolls are shipped with nominal measurements: Equal to 4.0 meters (13.1feet) in width by 50 meters (164 feet) in length or 4.87 meters (16 feet) in width by 100 meters (328 feet) in length.

Notes

1. Unless indicated otherwise, values shown are minimum average roll values determined in accordance with ASTM D4759-02. Brief descriptions of test procedures are given in the following notes.
2. Nominal dimensions.

Tensor International Corporation
 2500 Northwinds Pkwy.
 Atlanta, Georgia 30009
 Phone: 800-TENSAR-1
www.tensor-international.com

This specification supersedes any and all prior specifications for the product designated above and is not applicable to any product shipped prior to February 1, 2012. Tensor and TriAx are trademarks of Tensor International Corporation or its affiliates in the US and many other countries. TriAx® geogrid and the use thereof are protected by U.S. Patent No. 7,001,112. Patents or patent applications also exist in other countries. Final determination of the suitability of the above-mentioned information or product for the use contemplated, and its manner of use are the sole responsibility of the user. Tensor International Corporation disclaims any and all express, implied or statutory warranties, including but not limited to, any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose regarding this product or the Company's other products, technologies or services. The information contained herein does not constitute engineering advice. (06.18)