



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabaylo – 2022

**AUTOR:**

Cuicapuza Taipe, Jhonatan Sleiter ([orcid.org/0000-0003-1725-4878](https://orcid.org/0000-0003-1725-4878))

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique ([orcid.org/0000-0002-0684-5114](https://orcid.org/0000-0002-0684-5114))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

El actual trabajo va destinado a mis dos abuelos Raúl y Rigoberto, quienes encaminaron mi vida desde pequeño y quisieron verme titulado pero la enfermedad del COVID19 me los arrebató antes de tiempo; sin embargo, sé que desde el cielo cuidan de mí; a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional, sobre todo a mi señora madre con quien hemos tenido que armarnos de valor y madrugar día a día para salir adelante y lograr nuestros objetivos, sobre todo el gran deseo de titularme como ingeniero civil

## **Agradecimiento**

A Dios porque sé que ilumina y cuida mi trabajo por las madrugadas dándome fortalezas para continuar todos los días, a todos los docentes que me enseñaron a lo largo de mis estudios en mi estadía universitaria, a mi familia por brindarme su apoyo moral.

Mi agradecimiento también va dirigido a mi asesor, al doctor Cancho Zúñiga Gerardo Enrique, quien durante la realización de mi proyecto ha sido mi mano derecha y me a regulado en el complicado proceso; sin embargo, gracias a sus extensos conocimientos esto ha parecido un tanto menos complicado.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	2
Agradecimiento .....	3
Índice de contenidos.....	4
Índice de tablas.....	5
Índice de figuras.....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. MARCO TEÓRICO.....	9
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y Diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos .....	16
3.5. Procedimiento .....	17
3.6. Método de análisis de datos .....	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS .....	19
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES .....	60
REFERENCIAS .....	61
ANEXOS.....	67

## Índice de tablas

Tabla N° 1: Factores de correccion de vehiculos ligeros (Formato N°1.1 A) .....	20
Tabla N° 2: Factores de correccion de vehiculos ligeros (Formato N°1.1 B) .....	21
Tabla N° 3: Tasa de crecimiento de vehiculos ligeros y pesados .....	22
Tabla N° 4: Tipo de vehículos .....	22
Tabla N° 5: Tipo de carretera .....	23
Tabla N° 6: Parámetros de pavimento flexible .....	34
Tabla N° 7: Numero de calzadas .....	35
Tabla N° 8: Tipos de eje.....	35
Tabla N° 9: Conjunto de eje (x).....	36
Tabla N° 10: Tipo de vehiculo .....	36
Tabla N° 11: Tipos tráfico pesado expresado en EE .....	37
Tabla N° 12: Diseño pavimento flexible .....	37
Tabla N° 13: Categoría de sub rasante.....	38
Tabla N° 14: Estructura del pavimento flexible .....	51
Tabla N° 15: Matriz de operacionalización de variables .....	67
Tabla N°16: Matriz de consistencia.....	68

## Índice de figuras

Figura N° 1 .....	20
Figura N° 2: Calicata N°1 .....	24
Figura N° 3: Calicata N°2 .....	24
Figura N° 4: Calicata N°3 .....	25
Figura N° 4.....	26
Figura N° 5.....	27
Figura N° 6.....	28
Figura N° 7.....	29
Figura N° 8.....	30
Figura N° 9.....	31
Figura N° 10.....	32
Figura N° 11.....	33
Figura N° 12.....	39
Figura N° 13.....	39
Figura N° 14.....	40
Figura N° 15.....	41
Figura N° 16.....	41
Figura N° 17.....	43
Figura N° 18.....	44
Figura N° 19.....	45
Figura N° 20.....	46
Figura N° 21.....	48
Figura N° 22.....	49
Figura N° 23.....	50
Figura N° 24.....	51
Figura N° 25.....	52

## RESUMEN

En el actual trabajo de investigación se propuso evaluar la implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabayllo, para lo cual se realizó un estudio de tráfico vehicular durante una semana, las 24 horas del día y la excavación de tres calicatas de 1.50 m de profundidad, como indica la norma de suelos, para analizar la estratigrafía del suelo y su posterior clasificación, obteniendo una capacidad portante de subrasante CBR de 7.9% clasificado como un valor de CBR regular comprendido entre 6% a 10% según norma. Seguidamente se optó parámetros de diseño según la clase de tráfico analizado, el cual fue de Tp5 con un volumen de tránsito o ESAL de 1059327.587 de ejes equivalentes, cuya información fue necesaria para el cálculo del diseño del pavimento flexible por el método aashto o método tradicional y por el programa Macread 2.0 de la empresa Maccaferri, el cual nos arrojó un par de estructuras de pavimento flexible, de los cuales, se determinó que el Número Estructural SN se ha triplicado con la implementación de las Geomallas Biaxiales Mac Grid EGB20 y Mac Grid EGB30; por lo que, el volumen de tránsito o Esal se ha expandido, por consecuencia la capacidad de carga y la vida útil del esqueleto estructural del pavimento flexible se ha elevado por ser estos coeficientes directamente proporcionales al cambio. Por otro lado, el espesor de la base del pavimento flexible se reduce en un 10% con el uso de las Geomallas Mac Grid EGB20 y en un 25% con el uso de las Geomallas Mac Grid EGB30; tanto que, el costo del pavimento con la implementación de las Geomallas EGB20 y EGB30 se reducen en un 4.778% y 7.952% respectivamente al costo inicial del pavimento tradicional o sin refuerzo.

**Palabras clave:** Geomallas Biaxiales, Pavimento, capacidad portante, suelos

## ABSTRACT

In the current research work it was proposed to evaluate the implementation of biaxial geogrids to increase the load capacity of the flexible pavement in Miguel Grau Street, Carabayllo, for which a study of vehicular traffic was carried out for a week, 24 hours a day and the excavation of three calicatas of 1.50 m deep, as indicated by the soil standard, to analyze the stratigraphy of the soil and its subsequent classification, obtaining a CBR subgrade bearing capacity of 7.9% classified as a regular CBR value between 6% and 10% according to standard. Then design parameters were chosen according to the class of traffic analyzed, which was Tp5 with a traffic volume or ESAL of 1059327,587 of equivalent axes, whose information was necessary for the calculation of the design of the flexible pavement by the aashto method or traditional method and by the Macread 2.0 program of the Maccaferri company, which threw us a couple of flexible pavement structures, of which, it was determined that the Structural Number SN has tripled with the implementation of the Mac Grid EGB20 and Mac Grid EGB30 Biaxial Geogrids; therefore, the volume of traffic or Esal has expanded, consequently the load capacity and the useful life of the structural skeleton of the flexible pavement has been raised because these coefficients are directly proportional to the change. On the other hand, the thickness of the base of the flexible pavement is reduced by 10% with the use of the Mac Grid EGB20 Geogrids and by 25% with the use of the Mac Grid EGB30 Geogrids; so much so that, the cost of the pavement with the implementation of the EGB20 and EGB30 Geogrids are reduced by 4,778% and 7,952% respectively to the initial cost of traditional or unreinforced pavement.

**Keywords:** Biaxial Geogrids, Pavement, bearing capacity, soils



## CAPÍTULO I

### I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las carreteras son obras viales muy importantes; ya que, facilitan el desarrollo y crecimiento de un determinado lugar, por ello se debe tener cuidado y respetar todos sus parámetros calculados a la hora de su elaboración para que la estructura del pavimento pueda responder de la mejor manera ante los diferentes tipos de cargas que tendrá que soportar, para así poder facilitar el paso fluido vehicular, no respetar sus cálculos de diseño a la hora de su elaboración solo provocará que paulatinamente aparezcan grietas que deterioren y dañen la estructura del pavimento, dificultando brindar un servicio de calidad. A nivel nacional en el Perú, hoy en día muchas carreteras han sido olvidadas después de su ejecución, se ha dejado de lado su mantenimiento, por lo que es notorio su deficiencia y la insatisfacción de los transportistas al tener que lidiar día a día con estructuras viales dañadas y poco transitables. A nivel de Lima metropolitana, en el distrito de Carabaylo ubicado al norte de Lima, es notorio la presencia de vías deterioradas y en mal estado poco recurrentes por no ser fácil de transitar por su afectada superficie, ya que provocan daños materiales a los vehículos cargados de mercadería. Por ello, es preciso plantear una alternativa para edificar vías más portantes y eficientes, expandiendo así su vida útil. Como una alternativa en el diseño de pavimentos flexibles se encuentran las geomallas biaxiales, los cuales hacen que el peso provocado por los diferentes vehículos que transiten por la superficie del pavimento se distribuya de una manera menos dañina para las diferentes capas en la estructura de nuestra red vial (Tolentino,2020, p.12). Para reforzar su estructura y aumentar su capacidad de carga de las mismas, así como también prolongar su vida útil y lograr un pavimento más flexible. Por lo citado anteriormente se ha planteado el siguiente problema general: ¿De qué manera la implementación de geomallas biaxiales determinará la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabaylo? Asimismo, Los problemas específicos: ¿Cómo se incrementará la capacidad de carga de un pavimento flexible reforzado con

geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo? ¿Cómo se incrementará el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo? ¿Cómo se reducirá el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo?

El presente proyecto de investigación se justifica para implementar geomallas biaxiales para reforzar un pavimento flexible. En la justificación práctica La investigación plantea alcanzar información que será necesaria a todos los estudiantes para mejorar el conocimiento referente a la adición de geomallas biaxiales en pavimentos flexibles para mejorar la calidad en la armazón de un pavimento flexible, así como reducir sus espesores y elevar su capacidad portante. En la justificación técnica La presente investigación surge de la necesidad de estudiar un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales, con el propósito de precisar de qué manera influye la implementación de geomallas biaxiales en un pavimento flexible. En la justificación social La presente investigación busca facilitar el paso fluido vehicular por la calle Miguel Grau, sin tener complicaciones; ya que, este problema afecta a los comerciantes que trabajan en la zona y vecinos alrededor generando daños materiales en sus vehículos cargados de mercadería. En la justificación económica la presente investigación optimizará el factor económico al elaborar pavimentos flexibles con la implementación de geomallas biaxiales. El objetivo general fue Evaluar la implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabayllo. Asimismo, **Los objetivos específicos:** Determinar cuánto se incrementa la capacidad de carga de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo. Determinar si incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo. Determinar cuánto de reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo. Finalmente, la hipótesis general que se planteo fue La implementación de geomallas biaxiales determina la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabayllo. Asimismo, Las

hipótesis específicas: La implementación de geomallas biaxiales incrementa la capacidad de carga de un pavimento flexible reforzado en la calle Miguel Grau, Carabayllo. La implementación de geomallas biaxiales incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado en la calle Miguel Grau, Carabayllo. La implementación de geomallas biaxiales reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado en la calle Miguel Grau, Carabayllo.

## **CAPÍTULO II**

### **II. MARCO TEÓRICO**

Como precedentes internacionales consideramos a Arévalo (2016), teniendo como objetivo medir la influencia de la geomalla biaxial sobre el pavimentos flexible Pedro Carbo . La metodología es aplicada. Obteniendo resultados que el grosor del pavimento disminuye en 20 cm. La conclusión es que el costo es el mismo al usar o no geomallas en el pavimento.

Jordan Y Suárez (2017), teniendo como objetivo analizar el uso de geosintéticos. La metodología es de tipo aplicada. Obteniendo resultados que la ciudadela la Milina posee un suelo de baja capacidad portante. La conclusión es que los espesores se reducen en un 24% con el uso de las geomallas siendo más viables y económicas.

Bustamante (2016), teniendo como objetivo precisar la magnitud portante sobre una subrasante, usando contemporáneamente un geotextil y una geomalla como esqueleto de soporte. La metodología es de tipo aplicada. Obteniendo resultados que al aplicar geomallas a un geotextil no expande notoriamente la suficiencia portante en la estructura del pavimento. La conclusión es que los geosintéticos le dan un estilo elástico a la estructura del pavimento lo que les permite deformarse y luego volver a su forma original.

Sudarsanan (2018), has as objective examine the contribution of geosynthetics to improving surface performance. The methodology is of type descriptive. Getting results that the implementation of geosynthetics will improve life to

suffocation of the pavement. the conclusión is that the use of biaxial geogrids adequately controls the propagation of cracks.

Kiptoo (2016), has as objective investigate the effect of the use of geogrids and geotextiles within a pavement structure on soft soil subjected to static and dynamic loading. La methodology is of type applied. Getting results that obtained a notable increase in load capacity and a decrease in settlement derived from geosynthetics. the conclusión is that there was an increase in the bearing capacity of composite systems reinforced with geogrids.

Zornberg (2017), has as objective determining the degree of influence of geogrids on pavements. La methodology es of type applied. Getting results that geosynthetics make a positive contribution to pavements. the conclusion is that geosynthetics intervene positively in the performance of pavements.

según precedentes nacionales poseemos a Tolentino (2020), teniendo como objetivo elevar el CBR de una vía flexible con geomallas biaxiales en Pucusana. La metodología es de tipo aplicada y diseño no experimental-transversal. Obteniendo como consecuencia que con la implementación de geomallas se reducen los espesores de capas, teniendo una reserva significativa. La conclusión es que por medio de la geomalla macGrid EBG 20 perfecciona el costo en un 10% y mediante la geomalla MacGrid EBG 30 en un 13% en comparación al diseño tradicional.

Orejon (2018), teniendo como objetivo indicar el mejoramiento del suelo natural de pavimentos flexibles añadiendo geomallas biaxiales en suelos de poca resistencia portante. La metodología es de tipo aplicada y diseño no experimental. Obteniendo como consecuencia que con la aplicación de las geomallas biaxiales el grosor se extingue en su totalidad a causa de su elevada firmeza a la tracción. La conclusión es que la optimización de subrasantes con geomallas biaxiales eleva la firmeza de la vía flexible.

Miranda (2019), teniendo como objetivo ejecutar la forma de una base granular optimizada con geomalla biaxial para expandir la mejora en la edificación de vías flexibles. La metodología es tipo aplicada y diseño experimental. Obteniendo resultado que con el uso de geomallas biaxiales LBO 302 la base

granular se reduce en un 50%. La conclusión es que las geomallas evitan que se mezclen los estratos continuos de material en una vía, elevando su ciclo de vida, disipando más alto la fatiga causados por el peso en la capa de rodadura.

Como artículos científicos tenemos a Almendarez y Reyes (2017), teniendo como objetivo determinar la mejor metodología para la estructura de la vía flexible con base de geomallas triaxiales. La metodología es de tipo explicativa. Obteniendo resultados que el método Giroud-Han puede utilizarse para estructuras sin pavimentar reforzadas con geomallas triaxiales. la conclusión es que la geomalla no trabaja como lo haría el re

fuerzo de acero en una estructura de concreto, su desenvolvimiento será de acuerdo al tipo de geomalla y al tipo de capa granular con la que va a relacionarse.

Zornberg (2013), teniendo como objetivo determinar las propiedades más importantes de geosintéticos que contribuyen a la mejora de pavimentos. La metodología es de tipo explicativa. Obteniendo resultados que con la adición de geosintéticos obtiene utilidades en cuanto al comportamiento de los vías. La conclusión es que se ha logrado reforzar pavimentos con el uso de geosintéticos.

Vargas (2017), teniendo como objetivo analizar las propiedades de los geosintéticos. La metodología es descriptiva. Obteniendo resultados que las cargas aplicadas son fatigas en los estratos del pavimento y que las geomallas son beneficiosas para su estructura. La conclusión es que las geomallas generan un impedimento, el cual no permite la mezcla de los agregados con la base de las capas logrando así esparcir mejor los esfuerzos generados por los pesos superficiales.

Como argumentos teóricos vinculados a las variables poseemos lo siguiente:

Geomallas biaxiales (variable independiente) son geosintéticos los cuales hacen que el peso provocado por los diferentes vehículos que transiten por la superficie del pavimento se distribuyan de una manera menos dañina para las diferentes capas en la estructura de nuestra red vial (Tolentino,2020,p.12). Por otro lado se afirma también que son estructuras que van en ambas direcciones

de una manera uniforme y homogénea con una elevada resistencia a la tensión mejorando el contacto con el suelo (Pavco, 2012,p.16). Son refuerzos en ambas direcciones fabricadas por extrusión o jaladas en ambas direcciones presentando una excelente tolerancia a daños y desgaste (Delta,sf,p.3).La principal propiedad de las geomallas biaxiales, es la función del refuerzo ; ya que, al implementarse las geomallas biaxiales en ambas direcciones en los pavimentos flexibles hace que las fuerzas se distribuyan equitativamente sobre su superficie elevando así la resistencia de la estructura del pavimento ante las diferentes cargas que interactúan sobre él (Pavco,2012,p.15).La principal característica que presentan las geomallas biaxiales son la resistencia a los rayos ultravioleta y a los cambios climáticos que se pudieran presentar, resistencia al ataque de microorganismos, la elevada durabilidad, minimizar la fisuración sobre los pavimentos, la óptima adhesión con las capas de asfalto y la facilidad en el proceso de instalación (TexDelta,sf,p.7). Las ventajas de las geomallas biaxiales como refuerzo en pavimentos flexibles: son evitar el desplazamiento del material granular al sobreponer cargas, optimizar la capacidad portante ya que la geomalla brinda resistencia, aislar las capas aludiendo que los elementos del terreno natural se mezclen con el suelo de la subrasante previniendo así que se creen deformaciones (TexDelta, sf, p.6). una de las desventajas que tienen las geomallas biaxiales, es que durante su instalación no se recomienda que los vehículos transiten directamente sobre la geomalla, menos si son maquinarias pesadas como las orugas, ya que, podrían maltratar la geomalla y rajarla evitando que funcione correctamente; así mismo los rollos de geomallas deberán ser almacenados en ambientes cubiertos, secos, limpios y no se le tendrá que poner ninguna sobrecarga. Por otro lado, realizar más experimentos a los atributos físicos mecánicas de las geomallas biaxiales, para autenticar sus contribuciones estructurales debido a que es muy pauperrimo la ficha técnica que proporcionan las entidades proveedoras del material (Tolentino,2020, p.88). Entre sus dimensiones mencionamos el refuerzo estructural, el cual se va a realizar mediante la adición de la geomalla biaxial para elevar la resistencia de la estructura del pavimento. Así mismo, los tipos de geomallas biaxiales Mac Grid EGB20 y Mac Grid EGB30, los cuales son de alta resistencia a la tracción en ambos sentidos tanto longitudinales como

transversales (Maccaferri, sf, sp). Por lo que mencionaremos primero uno de sus indicadores, como el coeficiente LCR, el cual va a ser el aporte que se le va a sumar a la estructura del pavimento (Tolentino, 2020, p.13). Por último, la dureza longitudinal y transversal, así como sus propiedades físicas de cada uno de ellos. En cuanto a la escala de medición, esta actual investigación es cuantitativa de tipo razón; por lo que, se puede realizar cualquier operación aritmética. Las herramientas que utilizamos en la presente investigación para la recolección de datos fueron Las fichas técnicas de las geomallas biaxiales tanto de Mac Grid EGB20 y Mac Grid EGB30. En el Procedimiento se debió emparejar y compactar el suelo por medio de equipos de compactación adecuado, seguidamente se desenrolla la geomalla en la dirección en la cual se distribuirá el agregado haciendo el traslape de los rollos en la dirección opuesta de la colocación del relleno para que el agregado no se deslice por debajo del traslape, tercero, anclar la geomalla antes de desenrollar por completo la geomalla para eliminar arrugas u holguras, cuarto, descargar y distribuir el relleno directamente sobre la geomalla y por último la compactación del agregado sobre la geomalla para finalmente proceder con la instalación del asfalto o concreto.

Pavimento flexible (variable dependiente), es un tipo de pavimento que tiene un asfalto en su superficie el cual lo hace más flexible evitando que su estructura se dañe (Medina y De la cruz,2015, p.11). Llamado también pavimento asfáltico conformada por un manto de asfalto sobre la base y sub base y que en conjunto reposan sobre la subrasante compactada, con un periodo de vida de 10 a 15 años con continuos mantenimientos (Cuba,2017, p.21), entre sus principales propiedades es que el asfalto es un material aglomerante, fuerte, muy pegajoso, elevadamente impermeable y perdurable; capaz de soportar elevadas cargas permanente y fluir bajo acción de calor; su componente natural en mayor parte es la del petróleo; es una sustancia plástica el cual brinda flexibilidad. Se caracteriza porque su estructura está compuesta por varias capas, en las cuales cuando recibe una carga se desplaza simultáneamente por todas ellas; por lo que, la capa inferior de la estructura del pavimento recibe menos carga, sus años de vida útil varían entre los 10 a 15 años con una superficie uniforme e impermeable, fuerte a las constantes cargas y al cambio climático. Las Ventajas

del pavimento flexible es que presentan una mayor drenabilidad y un mejor confort; ya que, por ser más flexible tiende a ser mucho más placentero para las personas que transiten con su vehículo sobre este pavimento (Pavimentos Urbanos,2018, sp). Entre sus desventajas está que se necesita un mantenimiento continuo para cumplir con su vida útil, no es recomendable para elevadas cargas vehiculares, es menos durable, mantenimientos constantes y es un pavimento que tiene menor capacidad portante que un pavimento rígido (Espinoza,2021, p.2). Sus dimensiones capacidad portante, estructura del pavimento, método aashto. sus indicadores, CBR; espesor del pavimento con el uso de geomallas y sin geomallas; tránsito de diseño vehicular. En cuanto a la escala de medición, está actual investigación es cuantitativa de tipo razón; ya que, se puede realizar cualquier operación aritmética. Las herramientas que utilizamos en la presente investigación para la obtención de parámetros fueron los resultados obtenidos mediante los experimentos de laboratorio utilizándose valores referenciales, así mismo se empleara fichas de recolección de datos que serán un documento que servirá para contabilizar el tránsito vehicular en la calle Miguel Grau. En el procedimiento se realizaron ensayos por medio de calicatas en la calle Miguel Grau mercado la Cumbre Carabayllo para definir las propiedades físicas de la sub rasante como son la catalogación de suelos según el método AASHTO y SUCS (ASTM D 422), experimentos de los límites de Atterberg (limite líquido, limite plástico e índice plasticidad) (ASTM D 4318), Proctor modificado (ASTM D 1557), California Bearing Ratio CBR (ASTM D 1883); seguidamente se realizó el cálculo del ESAL mediante el conteo vehicular en la calle Miguel Grau mercado La Cumbre Carabayllo.



## CAPÍTULO III

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación

**Tipo de investigación:**

investigación aplicada; ya que, mantiene como estudio a un problema que afecta a la sociedad, dándole una solución, en este caso implementándose geomallas biaxiales en pavimentos flexible para mejorar sus propiedades (Baena,2014, p.11)

**Diseño de la investigación:**

la presente investigación es experimental pura; debido a que se incluye una o más variables independiente y dependientes, en este caso, se evaluarán los efectos que la geomalla biaxial (variable independiente) provoca en el pavimento flexible (variable dependiente), distinguiendo así las consecuencias que la variable independiente genera sobre la variable dependiente (Hernández, sf, p.129).

**Nivel de estudio:**

la presenta investigación es de nivel aplicativo; ya que, se proyecta mejorar la estructura de un pavimento flexible buscando mejorar su eficiencia estructural (Bunge, sf, sp).

**Enfoque de investigación:**

la presente investigación es cuantitativa; debido a que, por sus características se utilizará la medición numérica (Dzul, sf, p.7).

#### 3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: geomallas biaxiales

Variable dependiente: pavimento flexible

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **Población:**

la población para esta actual investigación está ubicada en la calle Miguel Grau mercado La Cumbre, Carabayllo.

#### **Muestra:**

la muestra para esta investigación está conformada por el tramo ubicado desde la losa deportiva Cesar Ureta hasta la avenida principal Tupac Amaru; ya que, este tramo presenta grandes problemas en la capa superficial del pavimento.

#### **Muestreo:**

se eligió la técnica no probabilística, debido a que la elección de la muestra será elegida de una manera subjetiva a decisión propia del autor para la investigación (Robles,2018, p.46).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos**

#### **Técnicas de investigación:**

La actual investigación optó por las fichas técnicas de recolección de datos en el laboratorio a través de los ensayos.

#### **El instrumento de recolección de datos:**

se realizó ensayos en el laboratorio al suelo natural para la obtención de datos numéricos, los cuales fueron: Análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado, California Bearing Ratio (CBR).

**Validez:**

para la presente investigación, la autenticidad del instrumento será evaluado por expertos en mecánica de suelos a través de los experimentos en los laboratorios.

**Confiabilidad:**

La confiabilidad de esta investigación está garantizada por ingenieros especialistas en mecánica de suelos a través de los resultados obtenidos en los experimentos de laboratorio. Por lo que, los datos obtenidos serán confiables.

**3.5. Procedimiento**

Se recogieron muestras de la subrasante por medio de calicatas en la calle Miguel Grau Mercado la Cumbre, Carabayllo, las cuales se llevaron al laboratorio para hacer las pruebas de ensayo de mecánica de suelos para decretar las propiedades físicas del suelo natural

- Clasificación de suelos según métodos AASHTO y SUCS
- Ensayos de los límites de Atterberg (Limite líquido, Limite plástico e índice plasticidad)
- Proctor modificado
- California Bearing Ratio CBR

Seguidamente de haber obtenido los resultados de los ensayos del laboratorio de mecánica de suelos se procedió a calcular el ESAL a través del conteo vehicular en la calle Miguel Grau mercado la Cumbre Carabayllo, para lo cual se requirió de una cédula de recolección de datos. Posteriormente se realizó el diseño clásico de una vía flexible mediante el método AASHTO 93 y otro mediante el apoyo del software MACREAD 2.0 con la implementación de refuerzos o geomallas para finalmente analizarlos y optar por el más beneficioso.

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

El método de análisis de datos que se utilizó en la actual investigación fueron los experimentos de mecánica de suelos que se realizaron de las pruebas alcanzadas de las calicatas en la calle Miguel Grau Mercado la Cumbre, Carabayllo, con lo cual se obtuvo el CBR de la subrasante y seguidamente se procedió a realizar el diseño de pavimento flexible sin refuerzo mediante el sistema tradicional AASHTO 93. Posteriormente se realizó el diseño de pavimento flexible con la implementación de refuerzos o geosintéticos de tipos Mac Grid EGB20 y Mac Grid EGB30 mediante el Software MACREAD 2.0.

### **3.7. Aspectos éticos**

La actual investigación se desarrolló bajo rigurosos principios éticos siendo todos los datos mostrados reales y verídicos que ayudaran para futuras investigaciones.

## IV. RESULTADOS

### PROCEDIMIENTOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEVIBLE

Para el desarrollo de la actual investigación, inicialmente se realizó el estudio de tráfico a lo largo de la calle Miguel Grau que consiste en el conteo vehicular, para posteriormente descubrir el Índice Medio Diario Anual (IMDA) de vehículos que transitan sobre dicha calle; el cual es una calzada de doble sentido con un carril por sentido; ya que, este estudio es importante para realizar la excavación de nuestras calcatas, diseñar el esqueleto estructural de la vía y determinar el tipo de carretera sobre el que nos encontramos para ejecutar el diseño del esqueleto estructural del pavimento flexible.

#### Estudio de tránsito

se ejecutó el conteo de tráfico por siete días desde el domingo 1 de mayo hasta el sábado 7 de mayo para poder descubrir el índice medio diario semanal (IMDS), que arrojaría un promedio total de vehículos que transitaron por nuestra vía.

$$IMDS = \sum \frac{Vi}{7}$$

Vi: volumen vehicular diario por cada clase de vehículo durante los 7 días

Para el presente proyecto se obtuvo un IMDS de 859.7143

Cálculo del índice medio diario anual (IMDA)

Para poder hallar el índice medio diario anual (IMDA), que es la cantidad de vehículos que pasan diariamente por nuestra vía, se obtiene de la multiplicación del IMDS con el factor de Corrección Estacional (FC); ya sea, para vehículos livianos y/o pesados de acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y del peaje más próximo a nuestro campo de estudio siendo este el peaje variante de Pasamayito, que para el presente diseño utilizaremos un FC para vehículos livianos de 1.0835 y para vehículos pesados de 1.0175.

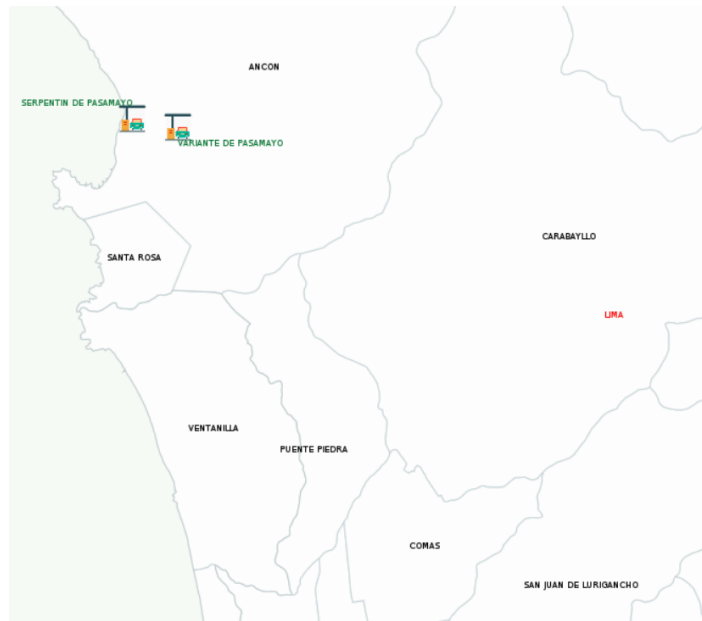


Figura N° 1

**Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)**

FORMATO N° 1.1 A

N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC
57	POZO REDONDO	0.9235	0.8562	1.0219	1.0652	1.1022	1.0689	1.0385	1.0403	1.1089	1.0396	1.0522	0.8472	1.0000
58	PUNTA PERDIDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2158	1.4581	1.4051	0.8099	0.5874	1.1694	1.0552	1.2693	1.0738	1.0000
59	QUIULLA	1.1371	1.1635	1.2501	1.0385	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9850	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000
60	RUMICHACA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8578	1.2202	1.1942	0.8757	0.8975	1.0348	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000
61	SAN ANTON								1.1261	1.0559	0.9635	1.0337	0.8809	1.0000
62	SAN GABAN	1.0500	0.9816	1.0785	1.0904	1.1222	1.0984	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9675	0.8185	1.0000
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0535	1.1195	1.1258	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7603	1.0670	1.0127	1.0654	0.8428	1.0000
65	SAYLLA	1.0247	0.9848	1.1232	1.0935	1.0634	1.0650	0.9819	0.9125	0.9189	0.9852	0.9876	0.9300	1.0000
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000
67	SICUYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0855	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0685	1.1855	1.0308	1.0000
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0904	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1058	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0252	0.8999	0.9612	0.8933	1.0000
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.0103	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000
73	UTCUBAMBA	1.2615	1.0304	1.0861	1.0897	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9666	0.9829	0.7404	1.0000
74	VARIANTE DE PASAMAYO	0.9446	0.9314	1.0413	0.9953	1.0835	1.1120	0.9454	0.9962	1.0777	0.9899	1.0378	0.7725	1.0000
75	VARIANTE DE UCHUMAYO	0.7271	0.6706	1.0249	1.1471	1.1965	1.1952	1.1283	1.0842	1.1307	1.1457	1.1340	0.8249	1.0000
76	VESIQUE	0.8541	0.8934	1.0456	1.0853	1.1403	1.1558	1.0155	1.0827	1.1187	1.0027	1.0222	0.6992	1.0000
77	VIRU	1.0216	0.9810	1.0936	1.0639	1.1199	1.1221	0.9508	1.0231	1.0946	0.9528	0.9888	0.6731	1.0000
78	YAUCA	0.8963	0.8050	1.0503	1.0220	1.1199	1.1231	0.9580	0.9940	1.0611	1.0581	1.1286	0.9101	1.0000

Tabla N° 1: Factores de correccion de vehiculos ligeros (Formato N°1.1 A)

**Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)**

**FORMATO N° 1.1 B**

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
59	QUIULLA	1.1612	1.0951	1.0804	0.9231	0.9335	0.9738	0.9523	0.9509	0.9766	0.9979	1.1258	0.9757	1.0000	
60	RUMICHACA	1.0818	1.0268	1.0299	1.0168	1.0400	0.9999	0.9651	0.9211	0.9717	0.9617	1.0142	1.0086	1.0000	
61	SAN ANTON								1.0513	1.0045	0.9507	1.0325	0.9682	1.0000	
62	SAN GABAN	1.0987	1.0538	1.1783	1.1125	1.1375	1.0887	1.2293	0.8892	0.8511	0.8426	0.9370	0.8556	1.0000	
63	SAN LORENZO	1.4046	1.3695	1.3441	1.2260	1.1596	1.0369	0.9617	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7406	1.0000	
64	SANTA LUCIA	1.0470	1.0248	1.0863	1.0801	1.0723	1.0987	1.0265	0.9249	0.9396	0.9085	0.9206	0.7987	1.0000	
65	SAYLLA	1.0655	1.0234	1.0782	1.0621	1.0384	1.0339	0.9836	0.9496	0.9489	0.9527	0.9402	0.9677	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMA	1.0230	1.0047	1.0391	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000	
67	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000	
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9551	0.9911	0.9563	1.0190	0.9775	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.9981	0.7330	1.1320	1.4600	1.4249	1.2833	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996	0.8396	1.0000	
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9359	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221	1.0081	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0556	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732	0.7871	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9488	0.9731	0.9745	0.8352	1.0000	
74	VARIANTE DE PASAMA	0.9987	0.9310	0.9776	1.0407	1.0175	0.9947	1.0313	1.0007	1.0627	1.0236	0.9889	0.8481	1.0000	
75	VARIANTE DE UCHUMA	1.0098	0.9718	1.0488	1.0730	1.0687	1.0488	1.0203	0.9727	0.9680	0.9544	0.9535	0.8176	1.0000	
76	VESIQUE	1.0350	0.9958	1.0528	1.0910	1.0936	1.0812	1.0585	1.0182	1.0308	0.9303	0.9137	0.7587	1.0000	
77	VIRU	1.0480	1.0102	1.0629	1.0926	1.0942	1.0887	1.0686	1.0210	1.0220	0.9200	0.8925	0.7637	1.0000	
78	YALCA	1.0357	0.9909	1.0322	1.0391	1.0358	1.0435	1.0345	0.9875	0.9833	0.9602	0.9350	0.9457	1.0000	

**Tabla N° 2: Factores de correccion de vehiculos ligeros (Formato N°1.1 B)**

$$IMDA(2022) = IMDS * FC$$

Obteniendo un índice medio diario anual de IMDA (2022) = 930.1333

Para el presente diseño trabajaremos con un IMDA (2026) considerando que si se realiza el proyecto se deberá hacer la licitación y construcción.

$$IMDA (2026) = IMDA (2022) * (1 + r)^{(n-1)}$$

r = tasa de crecimiento vehículos livianos = 1.45%

r = tasa de crecimiento vehículos pesados = 3.69%

n = periodo = 4 años

dichos datos son obtenidos de acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones para cada tipo de vehículo y al mes correspondiente de mayo.

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%
Arequipa.	1.07%	Arequipa.	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	0.57%	Cajamarca.	1.29%
Callao	1.56%	Cusco.	4.43%
Cusco.	0.75%	Huancavelica.	2.33%
Huancavelica.	0.83%	Huánuco.	3.85%
Huánuco.	0.91%	Ica.	3.54%
Ica.	1.15%	Junín.	3.90%
Junín.	0.77%	La Libertad	2.83%
La Libertad	1.26%	Lambayeque.	3.45%
Lambayeque.	0.97%	Callao	3.41%
Lima Provincia	1.45%	Lima Provincia	3.07%
Lima.	1.45%	Lima.	3.69%
Loreto.	1.30%	Loreto.	1.29%
Madre de Dios	2.58%	Madre de Dios	1.98%
Moquegua	1.08%	Moquegua	0.27%
Pasco.	0.84%	Pasco.	0.36%
Piura.	0.87%	Piura.	3.23%
Puno.	0.92%	Puno.	3.21%
San Martín.	1.49%	San Martín.	3.84%
Tacna.	1.50%	Tacna.	2.88%
Tumbes.	1.58%	Tumbes.	2.60%
Ucayali	1.51%	Ucayali	2.77%

Tabla N° 3: Tasa de crecimiento de vehiculos ligeros y pesados

TIPO DE VEHICULO	IMDA 2026
AUTO	308.04
STATION WAGON	245.01
PICK UP	242.91
PANEL	115.39
COMBI RURAL	36.2
2E	8.91
2T2	14.58
IMDA 2026	971.04

Tabla N° 4: Tipo de vehículos



Obteniendo un IMDA (2026) = 971.04; por lo que, nuestra cantidad de vehículos que pasan diariamente tienen un incremento del 4.2% (40.8767) vehículos al año 2026. Por lo que, de acuerdo a la norma de carreteras nuestra calle pertenecería a una carretera de segunda clase con un IMDA comprendido entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

**Tabla N° 5: Tipo de carretera**

Según la norma de carreteras se llevaron a cabo la excavación de 3 calicatas de acuerdo a nuestro IMDA calculado, como se evidencia en las siguientes imágenes fotográficas.



**Figura N° 2: Calicata N°1**



**Figura N° 3: Calicata N°2**



**Figura N° 4: Calicata N°3**

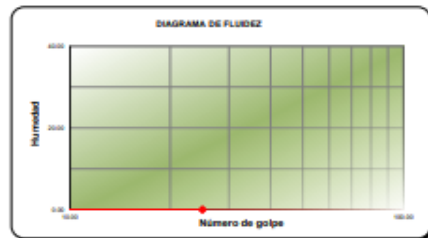
**ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN  
(ASTM D2216, ASTM D6913, ASTM D4318, ASTM D2487)**

**PROYECTO :** "Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabaylo – 2021"  
**SOLICITANTE :** Culcapuza Talpe, Jhonatan Ssteller  
**UBICACIÓN :** Calle Almirante Miguel Grau - El Progreso - Carabaylo - Lima  
**Zona / Sector :** Calle Almirante Miguel Grau N° 213  
**Sondaje :** C - 2  
**Muestra :** Afrmado  
**Profundidad (m) :** Base  
**Fecha de emisión :** 05/05/2022  
**Fecha de recepción :** 28/04/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, ASTM - D 6913-17			
POR CENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		
	N°	Abertura (mm)	
	3 "	75.000	100.0
	2 "	50.000	100.0
	1 1/2 "	37.500	99.2
	1 "	25.000	90.5
	3/4 "	19.000	81.8
	3/8 "	9.500	61.6
	N° 4	4.750	46.7
	N° 10	2.000	36.9
	N° 20	0.850	27.9
	N° 40	0.425	20.5
	N° 60	0.250	16.4
	N° 140	0.106	10.2
	N° 200	0.075	6.7

Contenido de Humedad, ASTM - D 2216	
Contenido de Humedad (%)	2.7

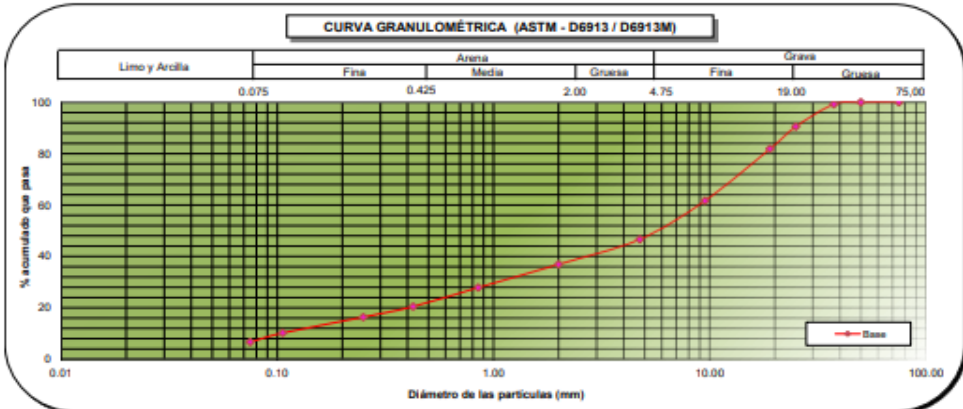
Límites de Consistencia, ASTM - D 4318	
Límite Líquido (LL) (%)	NP
Límite Plástico (LP) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	NP



Distribución Granulométrica			
% Grava	GG%	18.2	53.3
	GF%	35.1	
% Arena	AG%	9.8	40.0
	AM%	16.4	
	AF%	13.8	
% Finos			6.7

Clasificación ASTM - D 2487 / D 3282	
Clasificación (SUCS)	GW - GM
Clasificación (AASHTO)	A-1-a
Índice de Grupo	0
Nombre de Grupo (SUCS)	
Grava bien graduada con limo y arena	

Porcentaje retenido en la 3 pulg (%)	0
Coefficiente de Curvatura (CC)	1.18
Coefficiente de Uniformidad (CU)	84.86



Observaciones : ---

Referencias :	ASTM D2216-19	Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
	ASTM D4318-17e1	Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
	ASTM D6913 / D6913M	Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
	ASTM D2487 - 17e1	Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



GMIG S.A.C. Laboratorio Geotécnico y de Concreto  
 Av. Santa Rosa, Mz. E Lt. 13 - SMP - Lima - Perú  
 Teléfono Of. Lima: (01) 6206981 / 969625105  
 E-mail: info@gmigingenieros.com / www.gmigingenieros.com

*Carlos Enrique Tito Silva*  
**CARLOS ENRIQUE TITO SILVA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

Figura N° 4

**ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN**  
(ASTM D2216, ASTM D6913, ASTM D4318, ASTM D2487)

**PROYECTO** : \*Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabayllo – 2021\*

**SOLICITANTE** : Culcapuza Talpe, Jhonatan Steiter

**UBICACIÓN** : Calle Almirante Miguel Grau - El Progreso - Carabayllo - Lima

**Zona / Sector** : Calle Almirante Miguel Grau N° 213

**Sondaje** : C - 2

**Muestra** : Afrmado

**Profundidad (m)** : Sub base

**Fecha de emisión** : 05/05/2022  
**Fecha de recepción** : 28/04/2022

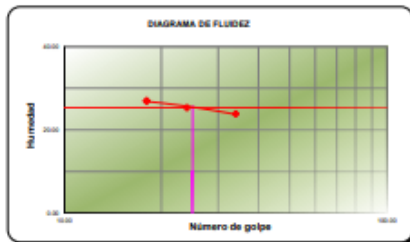
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, ASTM - D 6913-17			
Malla	Malla		
	N°	Abertura (mm)	
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	75.000	100.0
	2"	50.000	100.0
	1 1/2"	37.500	100.0
	1"	25.000	92.2
	3/4"	19.000	86.7
	3/8"	9.500	66.2
	N° 4	4.750	48.6
	N° 10	2.000	38.4
	N° 20	0.850	30.9
	N° 40	0.425	25.9
	N° 60	0.250	23.3
	N° 140	0.106	18.5
	N° 200	0.075	17.1

Distribución Granulométrica			
% Grava	GG%	13.3	51.4
	GF%	36.1	
	AG%	10.2	
% Arena	AM%	12.5	31.5
	AF%	8.8	
	% Finos		

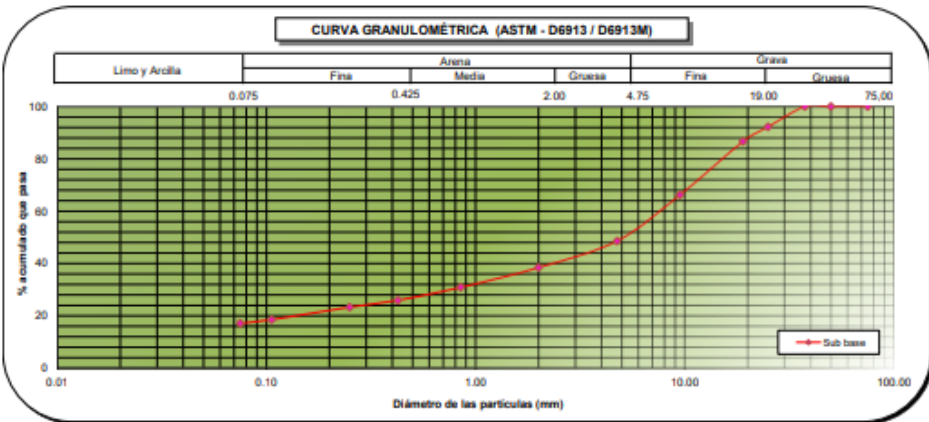
Porcentaje retenido en la 3 pulg (%)	0
Coefficiente de Curvatura (CC)	---
Coefficiente de Uniformidad (CU)	---

Contenido de Humedad, ASTM - D 2216	
Contenido de Humedad (%)	3.7

Límites de Consistencia, ASTM - D 4318	
Límite Líquido (LL) (%)	25
Límite Plástico (LP) (%)	19
Índice Plástico (IP) (%)	6



Clasificación ASTM - D 2487 / D 3282	
Clasificación (SUCS)	GC - GM
Clasificación (AASHTO)	A-1-b
Índice de Grupo	0
<b>Nombre de Grupo (SUCS)</b>	
Grava limosa arcillosa con arena	



Observaciones : ---

Referencias :	ASTM D2216-19	Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
	ASTM D4318-17a1	Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
	ASTM D6913 / D6913M	Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
	ASTM D2487 - 17a1	Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



GMIG S.A.C. Laboratorio Geotécnico y de Concreto  
Av. Santa Rosa, Mz. E Lt. 13 - SMP - Lima - Perú  
Teléfono Of. Lima: (01) 6208081 / 999625105  
E-mail: info@gmigingenieros.com / www.gmigingenieros.com

*Carlos Enrique Tito Silva*  
**CARLOS ENRIQUE TITO SILVA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 76173

Figura N° 5

**ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN**  
(ASTM D2216, ASTM D6913, ASTM D4318, ASTM D2487)

**PROYECTO** : \*Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabayllo – 2021\*

**SOLICITANTE** : Culicapuza Talpe, Jhonatan Sleiter

**UBICACIÓN** : Calle Almirante Miguel Grau - El Progreso - Carabayllo - Lima

**Zona / Sector** : Calle Almirante Miguel Grau N° 213

**Sondaje** : C - 2

**Muestra** : M - 1

**Profundidad (m)** : 0.30 - 1.20 (Subrasante)

**Fecha de emisión** : 05/05/2022  
**Fecha de recepción** : 28/04/2022

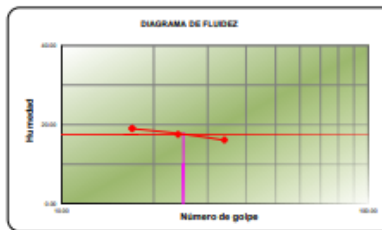
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, ASTM - D 6913-17			
Malla	Malla		
	N°	Abertura (mm)	
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	75.000	100.0
	2"	50.000	100.0
	1 1/2"	37.500	100.0
	1"	25.000	100.0
	3/4"	19.000	100.0
	3/8"	9.500	100.0
	N° 4	4.750	100.0
	N° 10	2.000	96.8
	N° 20	0.850	93.2
	N° 40	0.425	88.6
	N° 60	0.250	82.8
	N° 140	0.106	68.0
N° 200	0.075	61.6	

Distribución Granulométrica			
% Grava	GG%	0.0	0.0
	GF%	0.0	0.0
% Arena	AG%	3.2	38.4
	AM%	8.2	
	AF%	27.0	
% Finos		61.6	

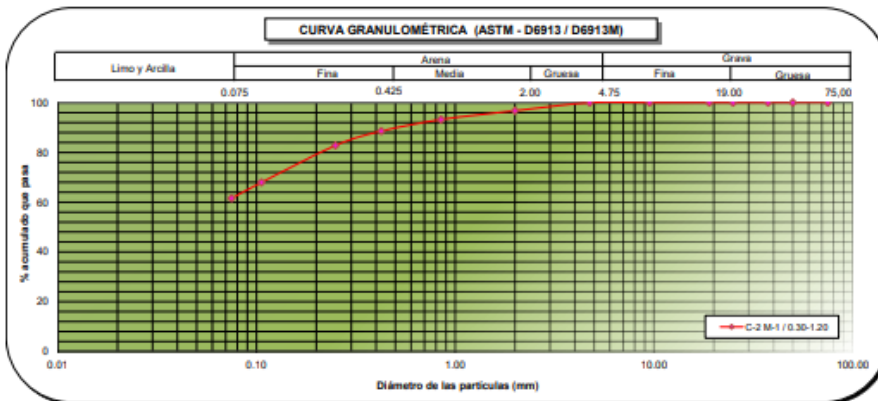
Porcentaje retenido en la 3 pulg (%)	0
Coefficiente de Curvatura (CC)	---
Coefficiente de Uniformidad (CU)	---

Contenido de Humedad, ASTM - D 2216	
Contenido de Humedad (%)	6.7

Límites de Consistencia, ASTM - D 4318	
Límite Líquido (LL) (%)	17
Límite Plástico (LP) (%)	12
Índice Plástico (IP) (%)	5



Clasificación ASTM - D 2487 / D 3282	
Clasificación (SUCS)	CL - ML
Clasificación (AASHTO)	A-4
Índice de Grupo	5
Nombre de Grupo (SUCS)	
Arcilla limo - arenosa	



Observaciones : ---

**Referencias** : ASTM D2216-19 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass  
 ASTM D4318-17a1 Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils  
 ASTM D6913 / D6913M Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis  
 ASTM D2487 - 17a1 Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



GMIG S.A.C. Laboratorio Geotécnico y de Concreto  
 Av. Santa Rosa, Mz. E.Lt. 13 - SMP - Lima - Perú  
 Teléfono Of. Lima: (01) 6206981 / 969625105  
 E-mail: info@gmigingenieros.com / www.gmigingenieros.com

*Carlos Enrique Tito Silva*  
**CARLOS ENRIQUE TITO SILVA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

Figura N° 6

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883**

**Proyecto:** "Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabaylo - 2021"

**Solicitante:** Cuicapuza Taipe, Jhonatan Sleiter

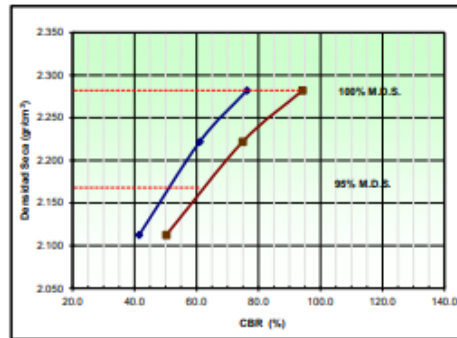
**Fecha de emisión :** 05/05/2022

**Ubicación:** Calle Almirante Miguel Grau - El Progreso - Carabaylo - Lima

**Fecha de recepción :** 28/04/2022

Ensayo	Método
California Bearing Ratio (CBR)	ASTM D1883 - 07x2 Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils
California Bearing Ratio (CBR)	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

<b>Código :</b> ---	<b>Sondeo :</b> C - 2	<b>Muestra :</b> Afirmado
<b>Profundidad (m):</b> Base	<b>Progresiva :</b> ---	<b>Tipo de Material :</b> Suelo
<b>Zona / Sector:</b> Calle Almirante Miguel Grau N° 213		<b>Condición de la muestra :</b> Muestra Alterada

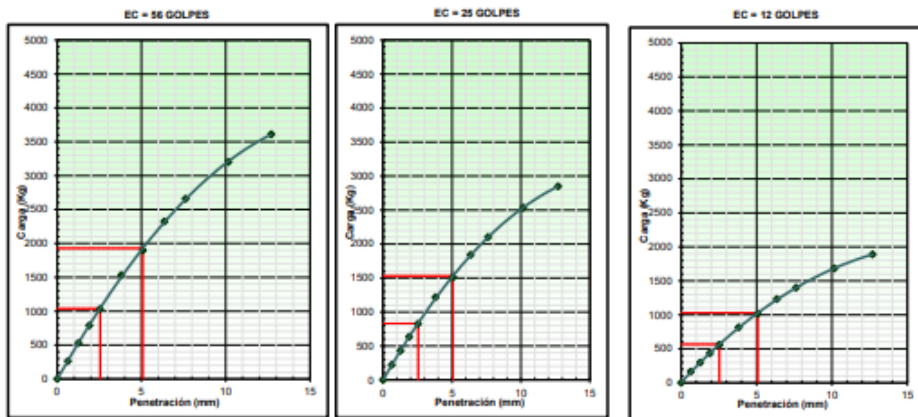


**Datos de la Muestra:**

Clasificación SUCS :	GP-GM
Clasificación AASHTO :	A-1-a (0)
Método de compactación :	ASTM D1557
Máxima densidad seca (g/cm³)	2.282
Óptimo contenido de humedad (%)	5.49
95% Máxima densidad seca (g/cm³)	2.168

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	6.1"	76.2	6.2"	94.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	6.1"	50.0	6.2"	61.0

**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 76.2 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 50.0 (%)



**Observaciones:** ---

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio Geotécnico y de Concreto.



Av. Santa Rosa, Mz. E Lt. 13 - SMP - Lima - Perú  
 Teléfono Of. Lima: (01) 6206981 / 969625105  
 E-mail: info@gmigingenieros.com / www.gmigingenieros.com

*Carlos Enrique Tito Silva*  
**CARLOS ENRIQUE TITO SILVA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**Figura N° 7**

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883**

**Proyecto:** "Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabaylo - 2021"

**Solicitante:** Culcapuza Taipei, Jhonatan Steiler **Fecha de emisión:** 05/05/2022

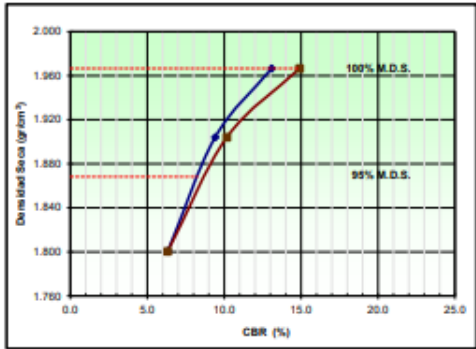
**Ubicación:** Calle Almirante Miguel Grau - El Progreso - Carabaylo - Lima **Fecha de recepción:** 28/04/2022

Ensayo	Método
California Bearing Ratio (CBR)	ASTM D1883 - 07x2 Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils
California Bearing Ratio (CBR)	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

**Código:** --- **Sondeo:** C - 2 **Muestra:** M - 1

**Profundidad (m):** 0.30 - 1.20 (Subrasante) **Progresiva:** --- **Tipo de Material:** Suelo

**Zona / Sector:** Calle Almirante Miguel Grau N° 213 **Condición de la muestra:** Muestra Alterada



**Datos de la Muestra:**

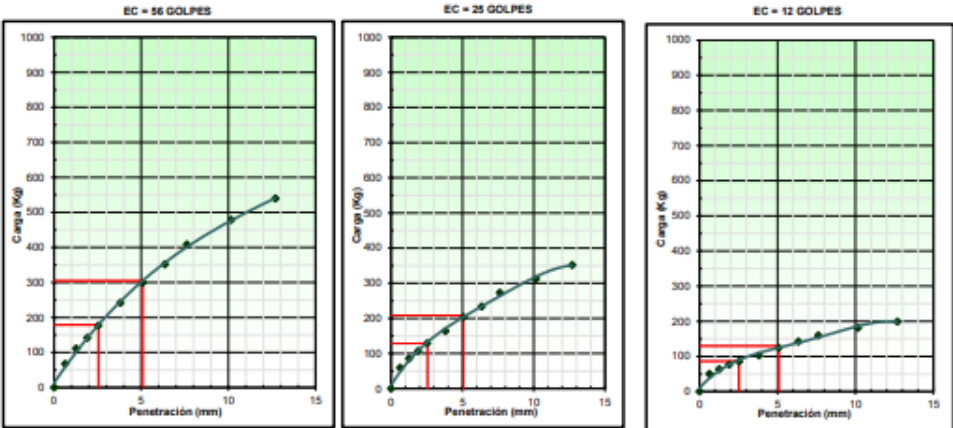
Clasificación SUCS:	CL-ML
Clasificación AASHTO:	A-4 (5)
Método de compactación:	ASTM D1557
Máxima densidad seca (g/cm³):	1.967
Óptimo contenido de humedad (%):	10.01
95% Máxima densidad seca (g/cm³):	1.868

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 13.1	0.2": 14.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 7.9	0.2": 8.3

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 13.1 (%)

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 7.9 (%)



**Observaciones:** ---

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio Geotécnico y de Concreto.



Av. Santa Rosa, Mz. E Lt. 13 - SMP - Lima - Perú  
 Telefono Of. Lima: (01) 6206981 / 969625105  
 E-mail: info@gmigingenieros.com / www.gmigingenieros.com

*Carlos Enrique Tito Silva*  
**CARLOS ENRIQUE TITO SILVA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**Figura N° 8**



**PRÓCTOR MODIFICADO  
ASTM D 1557**

**PROYECTO** : Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabaylo – 2021

**SOLICITANTE** : Cuicapuza Taipa, Jhonatan Sleiter

**UBICACIÓN** : Calle Almirante Miguel Grau - El Progreso - Carabaylo - Lima

**Fecha de emisión** : 05/04/2022

**Fecha de recepción** : 28/04/2022

**Zona / Sector** : Calle Almirante Miguel Grau N° 213

**Clasificación SUCS** : GW-GM

**Clasificación AASHTO** : A-1-a (0)

**Sondaje** : C - 2

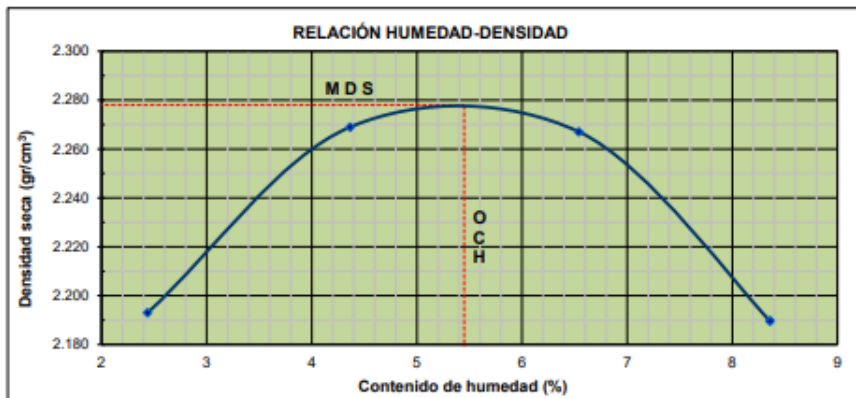
**Método de compactación** : C

**Muestra** : Afirmado

**Prof. (m)** : Base

**Método de preparación** : Húmeda **Retenidos** 3/4 : 18.16  
**Contenido de Humedad recibido (%)** : --- 3/8 : 20.20  
**Descripción del pisón** : Manual N°4 : 14.99  
**Gravedad específica** : ---

Peso suelo compactado + molde (g)	11408.00	11865.00	11785.00	11675.00	
Peso molde (g)	8659.00	8659.00	8659.00	8659.00	
Peso suelo húmedo compactado (g)	4749.00	5006.00	5106.00	5016.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2114.00	2114.00	2114.00	2114.00	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.25	2.37	2.42	2.37	
Recipiente N°	J16	6G	A01	L11	
Peso muestra húmeda + tara (g)	752.80	652.80	691.80	777.80	
Peso muestra seca + tara (g)	738.50	631.80	658.50	729.10	
Peso de tara (g)	151.80	150.70	152.40	146.50	
Peso de agua (g)	14.30	21.00	33.10	48.70	
Peso de la muestra seca (g)	586.70	481.10	506.10	582.60	
Contenido de humedad (%)	2.4	4.4	6.5	8.4	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.193	2.269	2.267	2.190	
<b>Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>)</b>				<b>2.278</b>	
<b>Humedad óptima (%)</b>				<b>5.45</b>	



**Observaciones:** ---

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.



Av. Santa Rosa, Mz. E Lt. 13 - SMP - Lima - Perú  
 Teléfono Of. Lima: (01) 6206981 / 969625105  
 E-mail: info@gmigingenieros.com / www.gmigingenieros.com

*Carlos Enrique Tito Silva*  
**CARLOS ENRIQUE TITO SILVA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**Figura N° 9**

**PRÓCTOR MODIFICADO  
ASTM D 1557**

**PROYECTO** : Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabaylo – 2021"

**SOLICITANTE** : Cuicapuza Taipe, Jhonatan Sleiter

**UBICACIÓN** : Calle Almirante Miguel Grau - El Progreso - Carabaylo - Lima

**Fecha de emisión** : 05/04/2022  
**Fecha de recepción** : 29/04/2022

**Zona / Sector** : Calle Almirante Miguel Grau N° 213

**Clasificación SUCS** : GC-GM  
**Clasificación AASHTO** : A-1-b (0)  
**Método de compactación** : C

**Sondaje** : C - 2

**Muestra** : Afirmado

**Prof. (m)** : Sub base

**Método de preparación** : Húmeda

**Retenidos 3/4** : 13.34

**Contenido de Humedad recibido (%)** : ---

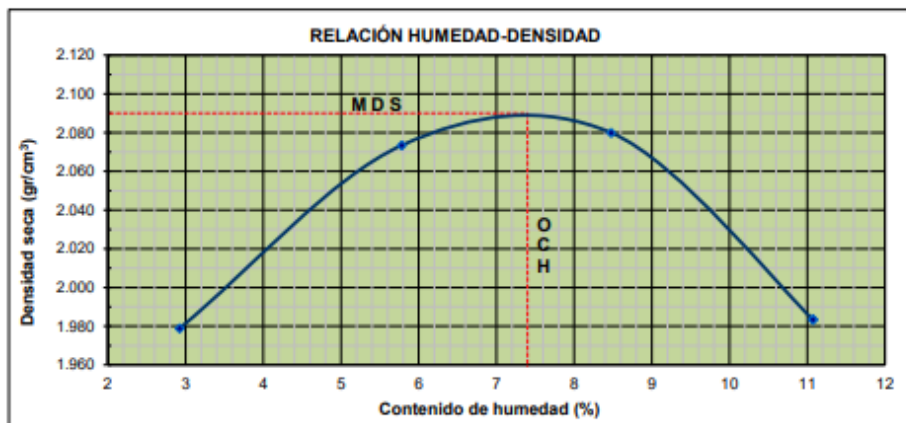
**3/8** : 20.41

**Descripción del pisón** : Manual

**Nº4** : 17.62

**Gravedad específica** : ---

Peso suelo compactado + molde (g)	8290.00	8626.00	8761.00	8647.00	
Peso molde (g)	3920.00	3920.00	3920.00	3920.00	
Peso suelo húmedo compactado (g)	4370.00	4706.00	4841.00	4727.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2145.60	2145.60	2145.60	2145.60	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.19	2.26	2.20	
Recipiente N°	F15	Z02	A03	A11	
Peso muestra húmeda + tara (g)	678.20	587.16	713.28	650.35	
Peso muestra seca + tara (g)	663.28	564.16	609.11	601.72	
Peso de tara (g)	152.71	166.37	148.09	162.60	
Peso de agua (g)	14.92	23.00	44.17	48.63	
Peso de la muestra seca (g)	510.57	397.79	521.02	439.12	
Contenido de humedad (%)	2.9	5.8	8.5	11.1	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.979	2.073	2.080	1.983	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>				<b>2.090</b>	
<b>Humedad óptima (%)</b>				<b>7.40</b>	



**Observaciones:** ---

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.



Av. Santa Rosa, Mz. E.L1. 13 - SMP - Lima - Perú  
Teléfono Of. Lima: (01) 6206981 / 969525105  
E-mail: info@gmigingenieros.com / www.gmigingenieros.com

*Carlos Enrique Tito Silva*  
CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 76173

Figura N° 10

**PRÓCTOR MODIFICADO  
ASTM D 1557**

**PROYECTO** : Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabaylo – 2021

**SOLICITANTE** : Cuicapuza Tape, Jhonatan Sleiter

**UBICACIÓN** : Calle Almirante Miguel Grau - El Progreso - Carabaylo - Lima

**Fecha de emisión** : 05/04/2022  
**Fecha de recepción** : 29/04/2022

**Zona / Sector** : Calle Almirante Miguel Grau N° 213

**Clasificación SUCS** : CL-ML

**Sondaje** : C - 1

**Clasificación AASHTO** : A-4 (5)

**Muestra** : M - 2

**Método de compactación** : A

**Prof. (m)** : 0.30 - 1.20 (Subrasante)

**Método de preparación** : Húmeda

**Retenidos** 3/4 : ---

**Contenido de Humedad recibido (%)** : ---

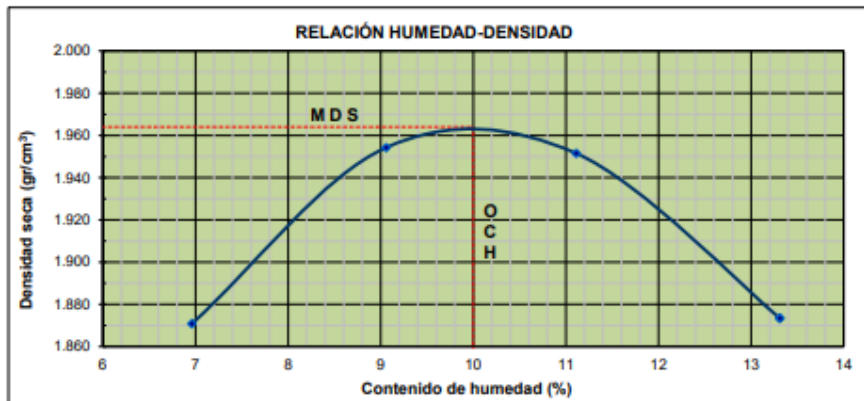
3/8 : ---

**Descripción del pisón** : Manual

Nº4 : ---

**Gravedad específica** : ---

Peso suelo compactado + molde (g)	5925.00	6048.00	6083.00	6040.00	
Peso molde (g)	4035.00	4035.00	4035.00	4035.00	
Peso suelo húmedo compactado (g)	1890.00	2013.00	2048.00	2005.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	944.50	944.50	944.50	944.50	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.00	2.13	2.17	2.12	
Recipiente N°	A12	G15	A02	02D	
Peso muestra húmeda + tara (g)	586.70	645.30	582.30	659.80	
Peso muestra seca + tara (g)	558.30	604.30	538.90	600.20	
Peso de tara (g)	150.30	151.70	148.30	152.40	
Peso de agua (g)	28.40	41.00	43.40	59.60	
Peso de la muestra seca (g)	408.00	452.60	390.60	447.80	
Contenido de humedad (%)	7.0	9.1	11.1	13.3	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.871	1.954	1.952	1.873	
<b>Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>)</b>				<b>1.964</b>	
<b>Humedad óptima (%)</b>				<b>10.00</b>	



**Observaciones:** ---

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.



Av. Santa Rosa, Mz. E Lt. 13 - SMP - Lima - Perú  
Teléfono Of. Lima: (01) 6206981 / 969625105  
E-mail: info@gmigingenieros.com / www.gmigingenieros.com

*Carlos Enrique Tito Silva*  
**CARLOS ENRIQUE TITO SILVA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 76173

**Figura N° 11**

## CÁLCULO DE ESAL DE DISEÑO

Una vez encontrados los valores mencionados anteriormente y el IMDA 2026, se determina al cálculo del ESAL de diseño.

$$ESAL = (\sum F \cdot IMDA) * Fd * Fc * 365 \left( \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)$$

Para el actual estudio, elegiremos los siguientes parámetros

Pavimento Flexible		
tasa anual de crecimiento vehículo pesado	r	0.0369
tiempo de vida útil de pavimento (años)	n	20
Factor Fca vehículos pesados  Factor Fca = $\frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca	28.83826852
N° de calzadas , sentidos y carriles por sentido		1 carril, 2 sentidos, 1 carril por sentido
Factor direccional * Factor carril (Fd*Fc)	Fd*Fc	0.5
Número de ejes equivalentes (ESAL)  # EE = 365 * ( $\sum F \cdot IMDA$ ) * Fd * Fc * Fca	ESAL	1059327.587

**Tabla N° 6: Parámetros de pavimento flexible**

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

**Tabla N° 7: Numero de calzadas**

Relación de cargas por ejes para determinar los ejes equivalentes para pavimentos flexibles

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8,2 tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = [ P / 6.6 ]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = [ P / 8.2 ]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = [ P / 14.8 ]^{4.0}$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = [ P / 15.1 ]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [ P / 20.7 ]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [ P / 21.8 ]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

**Tabla N° 8: Tipos de eje**

Configuración de ejes de acuerdo a manual de carreteras del ministerio de transportes y comunicaciones.



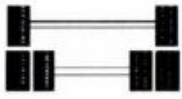
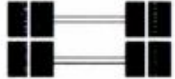
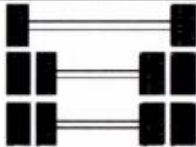
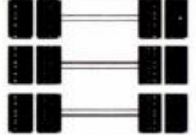
Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Grafico
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Simple)	1RS	02	
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Doble)	1RD	04	
<b>EJE TANDEM</b> (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
<b>EJE TANDEM</b> (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
<b>EJE TRIDEM</b> (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
<b>EJE TRIDEM</b> (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Tabla N° 9: Conjunto de eje (x)

TIPO DE VEHICULO	IMDA 2026	EJES DESCARGA	FACTOR EQUIVALENCIA	F.IMDA FLEXIBLE
AUTO	308.0419941	1	0.000527017	0.162343231
	308.0419941	1	0.000527017	0.162343231
STATION WAGON	245.0113657	1	0.000527017	0.129125046
	245.0113657	1	0.000527017	0.129125046
PICK UP	242.9103447	1	0.000527017	0.128017773
	242.9103447	1	0.000527017	0.128017773
PANEL	115.394535	1	0.000527017	0.06081483
	115.394535	1	0.000527017	0.06081483
COMBI RURAL	36.20220707	1	0.000527017	0.019079162
	36.20220707	1	0.000527017	0.019079162
2E	8.912708257	7,0	1.265366749	11.27784467
	8.912708257	11,0	3.238286961	28.86190693
2T2	14.58443169	7,0	1.265366749	18.45465492
	14.58443169	11,0	3.238286961	47.22857498
	14.58443169	11,0	3.238286961	47.22857498
	14.58443169	11,0	3.238286961	47.22857498
			<b>ΣF.IMDA</b>	<b>201.2788916</b>

Tabla N° 10: Tipo de vehículo

Obteniendo el siguiente Esal = 1059327.587

Por lo que nuestro tipo de tráfico pesado correspondería a un tipo5, de acuerdo a nuestro Esal calculado y según el manual de carreteras.

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T <sub>P0</sub>	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T <sub>P1</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T <sub>P2</sub>	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T <sub>P3</sub>	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T <sub>P4</sub>	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T <sub>P5</sub>	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T <sub>P6</sub>	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T <sub>P7</sub>	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T <sub>P8</sub>	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T <sub>P9</sub>	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T <sub>P10</sub>	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE

**Tabla N° 11: Tipos tráfico pesado expresado en EE**

diseño de pavimento flexible según AASHTO 93

DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE						
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento					ESAL(W18)	1059327.587
suelo de la subrasante					CBR	7.9
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times CBR^{0.64}$				MR (psi)	9591.184446
Tipo de tráfico					TIPO	TP5
Número de etapas					Etapas	1
Nivel de confiabilidad					Conf.	85%
Coficiente estadístico de desviación estandar normal					ZR	-1.036
Desviación estandar combinado					So	0.45
Indice de serviciabilidad inicial según rango de tráfico					Pi	4
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico					Pt	2.5
diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico					ΔPSI	1.5

**Tabla N° 12: Diseño pavimento flexible**

Categorías de Sub rasante	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

**Tabla N° 13: Categoría de sub rasante**

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con CBR igual o mayor al 6% según norma de carreteras.

Cálculo del Número Estructural Requerido (SN)

Representa el grosor total de la estructura del pavimento a implementar y debe ser distribuido a cada capa que conforma este pavimento; es decir, a la carpeta asfáltica, capa base y capa sub base.

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

Dicho cálculo se realizó de tres maneras: empíricamente, con el apoyo del software Aastho 93 y del software Macread 2.0 Obteniéndose como resultado un SN = 3.12 como se puede apreciar en los siguientes resultados con el apoyo de los softwares mencionados líneas arriba.



**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 85 % Zr=-1.037 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 9591.1844 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)   
 Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)   
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 1059327.587**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 3.12**

Calcular Salir

Figura N° 12

**MACREAD 2.0 AASHTO**

Archivo Project Herramientas Ayuda

Region: 990 Ex

**Input**

Capa Superficial  
 Base de Rodadura  
 Nivel de Sub-base  
 Subrasante

Dato de Tráfico

Fiabilidad  
 Nivel de confiabilidad R 85  
 Error combinado estándar So 0.45

Serviciabilidad  
 Índice Inicial de servicio po  
 Índice Terminal de superficie pt 2.5

ESAL, W18  
 Automatic 9,395,483.519 **Diseño de Tráfico**  
 Manual 1,059,327.59

Número Estructural S.M.  
 Error in getmsg 3.12  
 Error in getmsg 0.079

Por defecto Ok

**Results**

mode: Error in getmsg

Error in getmsg

No Reforzado

1.5

0.05

Base Course  
 Subbase Course

d1 = 0.1 m  
 d2 = 0.2 m  
 d3 = 0.15 m

Figura N° 13

Número Estructural Resultado (SNR)

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

Mediante apoyo de los ábacos del manual de carreteras se determinó los coeficientes estructurales de cada capa que integran la estructura del pavimento, obteniéndose como resultado:

- $a_1 = 0.324$
- $a_2 = 0.134$
- $a_3 = 0.124$

$a_1$ , función del módulo elástico del concreto asfaltico

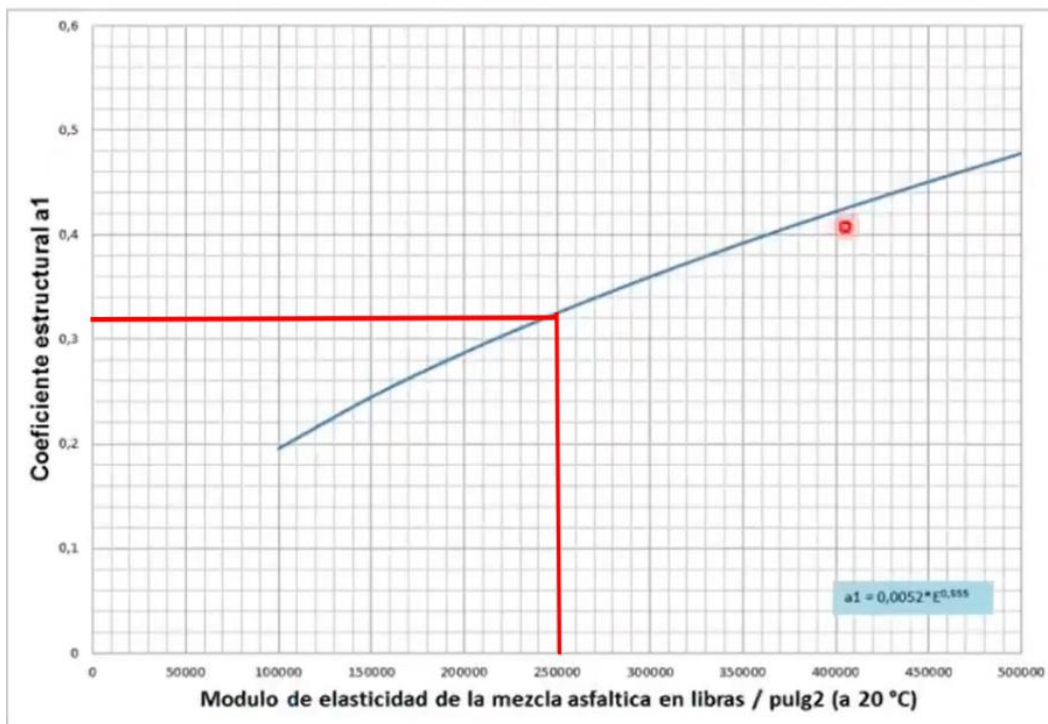


Figura N° 14

a2, coeficiente en bases granulares en función CBR

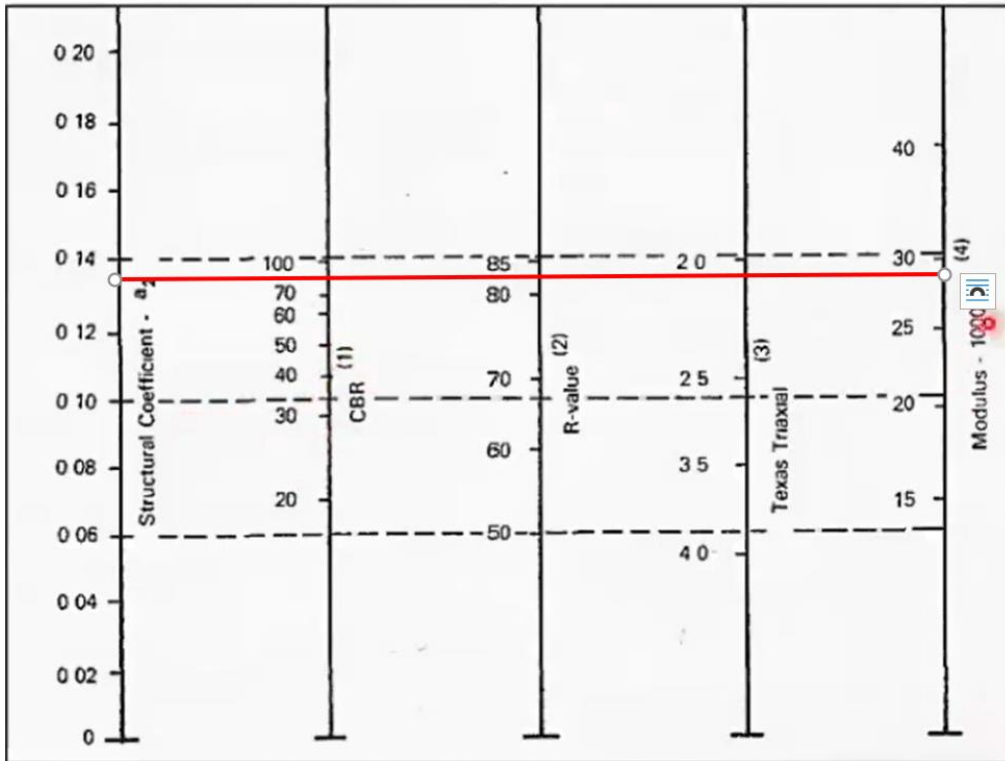


Figura N° 15

a3, coeficiente en subbases granulares en función CBR

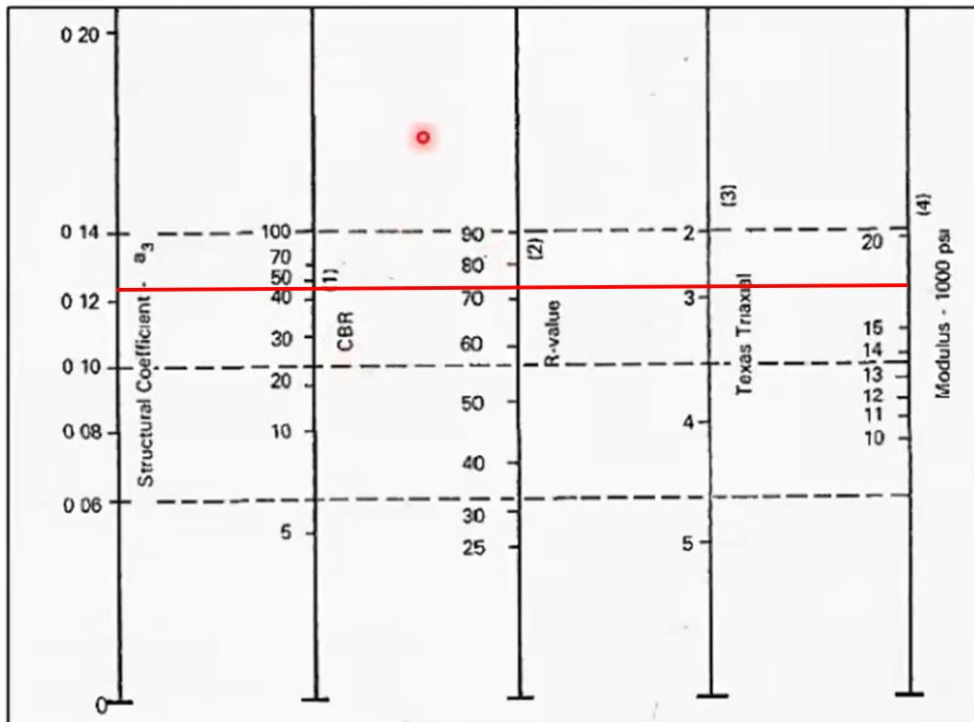


Figura N° 16

para la definición de secciones de estructuras de pavimentos, el manual de carreteras recomienda un coeficiente de drenaje para la base y subbase igual a 1.

- $m_1 = 1$
- $m_2 = 1$

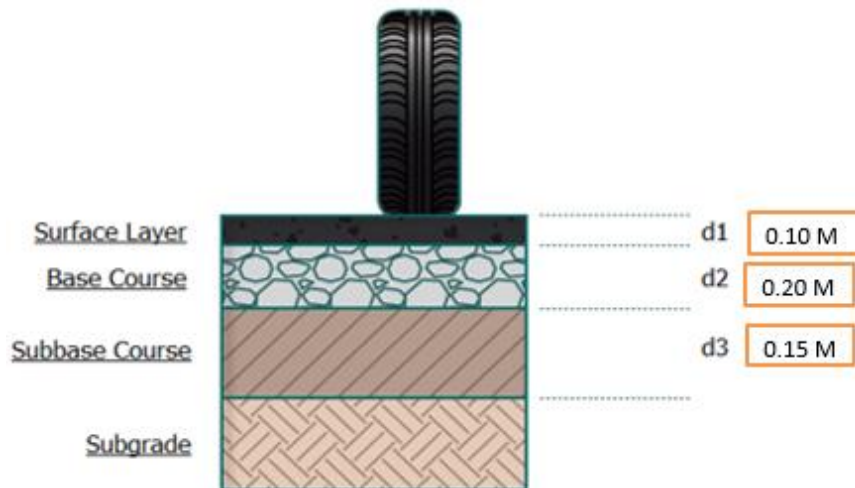
$$SN(res.) = 0.324 * d_1 + 0.134 * d_2 * 1 + 0.124 * d_3 * 1$$

Obteniendo como espesores:

- $d_1 = 0.10 \text{ M}$
- $d_2 = 0.20 \text{ M}$
- $d_3 = 0.15 \text{ M}$
- $SN (res.) = 7.78$

Por lo que, nuestro  $SN (res.) = 7.78 > SN (req.) = 3.12$ ; cumple con las indicaciones del Manual de carreteras.

Diseño con método ashto 93 sin refuerzo.



Cálculo de los espesores con el uso de las Geomallas Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30.

Ficha técnica Mac Grid EG20

# MacGrid® EGB 20S

Geomalla Biaxial Extruida

**Características técnicas**

MacGrid® EGB 20S es una geomalla biaxial extruida de polipropileno, indicada para refuerzo y estabilización de suelos.



Propiedades Físicas	Unidades	Ensayo	EGB 20S
Abertura nominal de la malla longitudinal (MD) <sup>(1)</sup>	mm		38
Abertura nominal de la malla transversal (TD) <sup>(1)</sup>	mm		38
Polímero			Polipropileno
Color			negro

Propiedades Mecánicas	Unidades	Ensayo	EGB 20S
Resistencia longitudinal a la tracción (MD)	kN/m	ASTM D 6637	20.0
Resistencia transversal a la tracción (TD)	kN/m	ASTM D 6637	20.0
Resistencia longitudinal al 2% de deformación (MD)	kN/m	ASTM D 6637	7.0
Resistencia transversal al 2% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	7.0
Resistencia longitudinal al 5% de deformación (MD)	kN/m	ASTM D 6637	14.0
Resistencia transversal al 5% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	14.0
Eficiencia de las juntas	%	GRI GG2	93
Rigidez Flexural	mg-cm	ASTM D 1388	1,000,000
Espesor mínimo de la costilla Longitudinal (MD)	mm	ASTM D 1777	1.30
Espesor mínimo de la costilla Transversal (TD)	mm	ASTM D 1777	1.00
Estabilidad de las Aperturas	m-N/deg	COE Method	0.70

Presentación del Rollo	Unidades	Ensayo	EGB 20S
Ancho del rollo	m		3.95
Largo del rollo	m		50

(1) La tolerancia de las dimensiones de la apertura es de ±2mm.

Los datos técnicos e informaciones indicadas en la presente hoja técnica están basados en la más reciente información disponible y pueden estar sujetas a variaciones, debido a modificaciones de los procesos productivos y de la política comercial.



Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

Sistema de Gestión de Calidad  
Certificado de Conformidad con la  
Norma ISO 9001:2000



Mayo, 2011

Figura N° 17

# MacGrid® EGB 30

Geomalla Biaxial Extruida

## Características técnicas

MacGrid® EGB 30 es una geomalla biaxial extruida de polipropileno, indicada para refuerzo y estabilización de suelos.



Propiedades Físicas	Unidades	Ensayo	EGB 30
Abertura nominal de la malla longitudinal (MD) <sup>(1)</sup>	mm		36
Abertura nominal de la malla transversal (TD) <sup>(1)</sup>	mm		38
Polímero			Polipropileno
Color			negro

Propiedades Mecánicas	Unidades	Ensayo	EGB 30
Resistencia longitudinal a la tracción (MD)	kN/m	ASTM D 6637	30.0
Resistencia transversal a la tracción (TD)	kN/m	ASTM D 6637	30.0
Resistencia longitudinal al 2% de deformación (MD)	kN/m	ASTM D 6637	10.5
Resistencia transversal al 2% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	10.5
Resistencia longitudinal al 5% de deformación (MD)	kN/m	ASTM D 6637	21.0
Resistencia transversal al 5% de deformación (TD)	kN/m	ASTM D 6637	21.0
Eficiencia de las juntas	%	GRI GG2	93
Rigidez Flexural	mg-cm	ASTM D 1388	3,500,000
Espesor mínimo de la costilla Longitudinal (MD)	mm	ASTM D 1777	2.00
Espesor mínimo de la costilla Transversal (TD)	mm	ASTM D 1777	1.50
Estabilidad de las Aperturas	m-N/deg	COE Method	1.40

Presentación del Rollo	Unidades	Ensayo	EGB 30
Ancho del rollo	m		3.95
Largo del rollo	m		50

(1) La tolerancia de las dimensiones de la apertura es de  $\pm 2$ mm.

Los datos técnicos e informaciones indicadas en la presente hoja técnica están basados en la más recientes informaciones disponibles y pueden estar sujetas a variaciones, debido a modificaciones de los procesos productivos y de la política comercial.

**MACCAFERRI**  
AMÉRICA LATINA

Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.

Sistema de Gestión de Calidad  
Certificado de Conformidad con la  
Norma ISO 9001:2000

**ISO 9001**  
Mayo, 2011

Figura N° 18

Al implementarse las geomallas biaxiales a la estructura del pavimento, estas hacen una modificación en la formula del cálculo del Número Estructural del pavimento, incorporando un coeficiente LCR el cual es obtenido a partir de unos ábacos por cada modelo de Geomalla que se incorpore a la estructura del pavimento flexible.

Por otro lado, cabe mencionar también que el valor del coeficiente LCR va a depender del CBR de la subrasante y el tipo de geomalla a implementarse; ya que, a menor CBR mayor será el valor de la contribución del coeficiente LCR.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 \text{LCR}(D_2) m_2 + a_3 \text{LCR}(D_3) m_3$$

Ábaco Geomalla Mac Grid EGB20

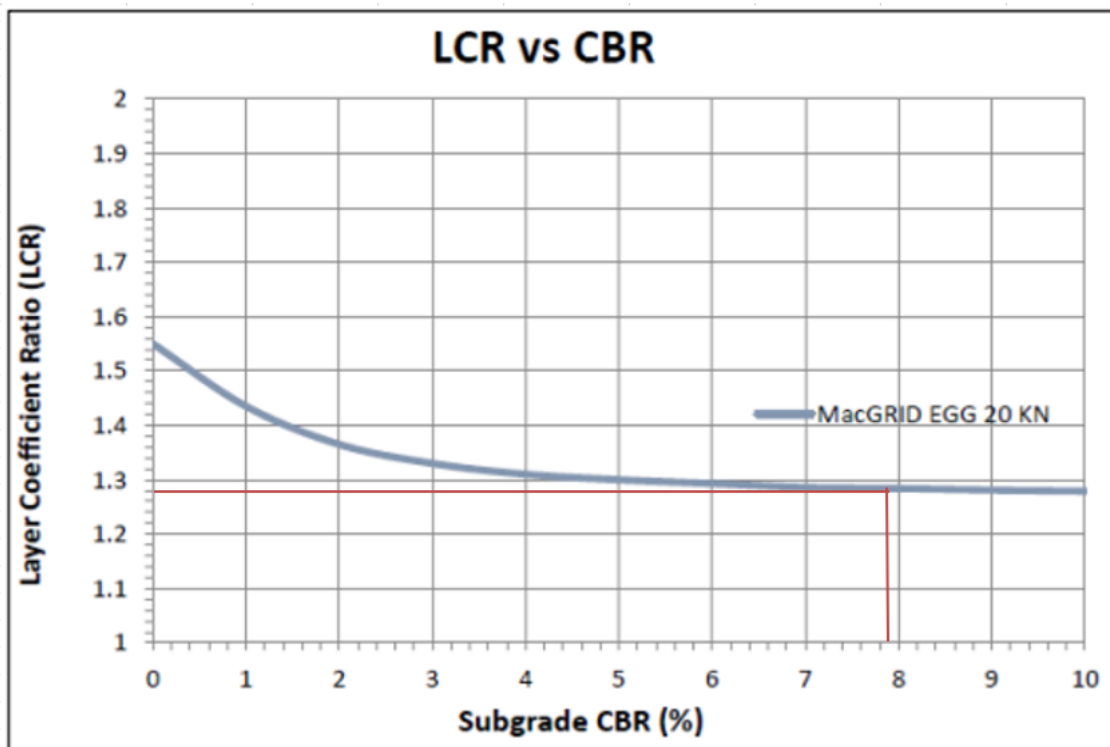


Figura N° 19

- CBR = 7.9%
- LCR = 1.28

## Ábaco Geomalla Mac Grid EGB30

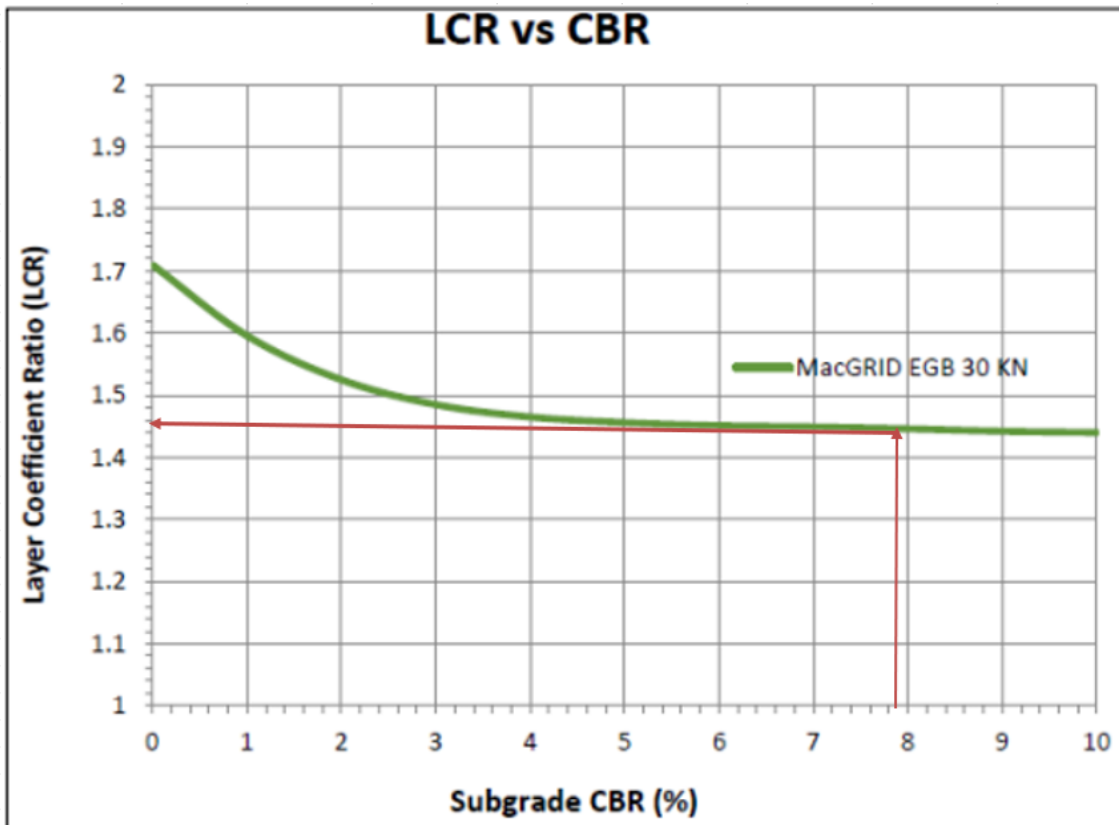


Figura N° 20

- CBR = 7.9%
- LCR = 1.45

De la formula despejamos las letras “D” para obtener los espesores de cada capa de la estructura del pavimento.

$$D1 = \frac{SN - (A2 * LCR * D2 * M2) - (A3 * LCR * D3 * M3)}{A1}$$

$$D2 = \frac{SN - (A1 * D1) - (A3 * D3 * M3)}{A2 * LCR * M2}$$



$$D3 = \frac{SN - (A2 * LCR * D2 * M2) - (A1 * D1)}{A3 * M3}$$

Obteniendo los siguientes espesores del pavimento flexible a través del método ashto 93, apoyo del software macread 2.0 de la empresa maccaferri con la implementación de geomallas Mac Grid EGB20 y Mac Grid EGB30 como se detalla a continuación:

ESPEORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE			
	SIN REFUERZO	LCR (20)	LCR(30)
D1	0.1	0.1	0.1
D2	0.2	0.18	0.15
D3	0.15	0.15	0.15

**Fiabilidad**

Nivel de confiabilidad: R 85

Error combinado estándar: S0 0.45

**Serviciabilidad**

Índice Inicial de servicio: I<sub>si</sub> 4

Índice Terminal de superficie: I<sub>st</sub> 2.5

**ESAL, W18**

Automático 9,395,483.519

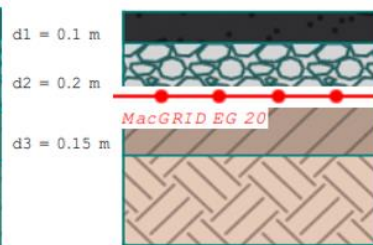
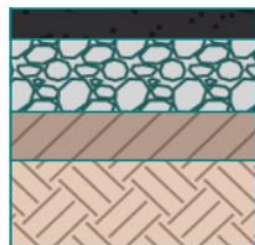
Manual 1,059,327.59

**Número Estructural S.N.**

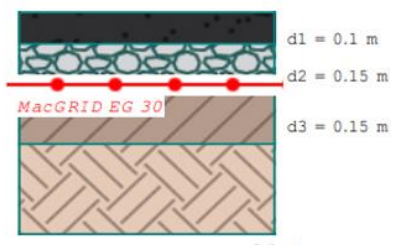
Error in getmsg: 3.12

Error in getmsg: 0.079

Por defecto Ok



ase Course depth reduction: 10 %  
Subbase Course depth reduction: 0.00 %



ase Course depth reduction: 25 %  
Subbase Course depth reduction: 0.00 %  
0  
0

● **Project Information**

Title: IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES	Description: DETERMINAR LOS ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS GEOMALLAS BIAXIALES MAC GRID EGB20 Y MAC GRID EGB30 EN LA CALLE MIGUEL GRAU, CARABAYLLO
Number: 001	
Client: JHONATAN SLEITER CUICAPUZA TAIFE	
Designer: JHONATAN SLEITER CUICAPUZA TAIFE	

● **Input**

**Surface Layer**

Layer Coefficient, a1	0.324
Minimum Depth [m]	

**Base Course**

Layer Coefficient, a2	0.134
Drainage Coefficient, m2	1
Minimum Depth [m]	0.25
CBR [%]	76.2

**Subbase Course**

Layer Coefficient, a3	0.124
Drainage Coefficient, m3	1
Minimum Depth [m]	0.25
CBR [%]	46.7

**Subgrade Course**

CBR [%]	7.9
Effective Roadbed Soil, Mr [kPa]	9591

**Traffic Data**

Reliability level R [%]	85
Combined standard error So	0.45
Initial service index po	4
Terminal surface index pt	2.5

Total ESAL / Day	4,163,594
Total Number of Passes	1,519,711
Compound Traffic Growth Factor	13.546
Total volume of traffic during the analysis period	20,585,664

Total design ESAL, W18	1,059,327
------------------------	-----------

Structural Number, SN	3.12
-----------------------	------

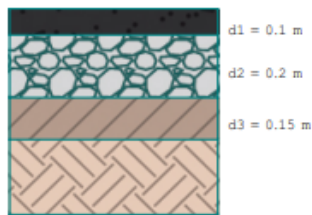
**Reinforcement**

Base Geogrid	MacGRID EG 20
LCR	1.189
Subbase Geogrid	
LCR	

● **Results**

Mode: Custom Layer Design

Unreinforced

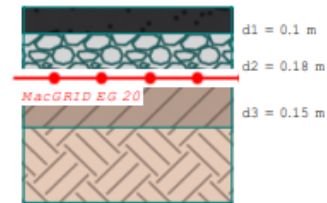


0  
0

0  
0

Reinforced

2. Reduced layer depth



Base Course depth reduction: 10 %  
Subbase Course depth reduction: 0.00 %

0  
0

MACREAD 2.0 | Copyright© Maccaferri 2012-2013 | v2.0.600 | 2012.02.20 | Notice: Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmitted, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the products.

Figura N° 21

● **Project Information**

Title: IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES	Description: DETERMINAR LOS ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS GEOMALLAS BIAXIALES MAC GRID EGB20 Y MAC GRID EGB30 EN LA CALLE MIGUEL GRAU, CARABAYLLO
Number: 001	
Client: JHONATAN SLEITER CUICAPUZA TAÍPE	
Designer: JHONATAN SLEITER CUICAPUZA TAÍPE	

● **Input**

**Surface Layer**

Layer Coefficient, a1	0.324
Minimum Depth [m]	

**Base Course**

Layer Coefficient, a2	0.134
Drainage Coefficient, m2	1
Minimum Depth [m]	0.25
CBR [%]	76.2

**Subbase Course**

Layer Coefficient, a3	0.124
Drainage Coefficient, m3	1
Minimum Depth [m]	0.25
CBR [%]	46.7

**Subgrade Course**

CBR [%]	7.9
Effective Roadbed Soil, Nr [kPa]	9591

**Traffic Data**

Reliability level: R [%]	85
Combined standard error So	0.45
Initial service index po	4
Terminal surface index pt	2.5

Total ESAL / Day	4,163,594
Total Number of Passes	1,519,711
Compound Traffic Growth Factor	13.546
Total volume of traffic during the analysis period	20,585,664

Total design ESAL, W18	1,059,327
------------------------	-----------

Structural Number, SN	3.12
-----------------------	------

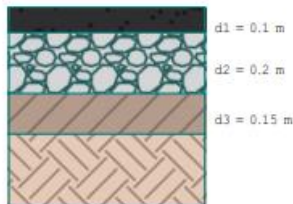
**Reinforcement**

Base Geogrid	MacGRID EG 30
LCR	1.389
Subbase Geogrid	
LCR	

● **Results**

Mode: Custom Layer Design

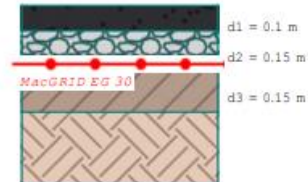
Unreinforced



0 0  
0 0

Reinforced

2. Reduced layer depth



Base Course depth reduction: 25 %  
Subbase Course depth reduction: 0.00 %

0 0  
0 0

MACREAD 2.0 | Copyright © Maccaferri 2012-2013 | v2.0.600 | 2012.02.20 | Notice: Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmitted, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the products.

Figura N° 22

● **Project Information**

Title: IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLAS BIAXIALES	Description: DETERMINAR LOS ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS GEOMALLAS BIAXIALES MAC GRID EGB20 Y MAC GRID EGB30 EN LA CALLE MIGUEL GRAU, CARABAYLLO
Number: 001	
Client: JHONATAN SLEITER CUICAPUZA TAIFE	
Designer: JHONATAN SLEITER CUICAPUZA TAIFE	

● **Input**

**Surface Layer**

Layer Coefficient, a1	0.324
Minimum Depth [m]	

**Base Course**

Layer Coefficient, a2	0.134
Drainage Coefficient, m2	1
Minimum Depth [m]	0.25
CBR [%]	76.2

**Subbase Course**

Layer Coefficient, a3	0.124
Drainage Coefficient, m3	1
Minimum Depth [m]	0.25
CBR [%]	46.7

**Subgrade Course**

CBR [%]	7.9
Effective Roadbed Soil, Mr [kPa]	9591

**Traffic Data**

Reliability level R [%]	85
Combined standard error So	0.45
Initial service index po	4
Terminal surface index pt	2.5

Total ESAL / Day	4,163,594
Total Number of Passes	1,519,711
Compound Traffic Growth Factor	13.546
Total volume of traffic during the analysis period	20,585,664

Total design ESAL, W18	1,059,327
Structural Number, SN	3.12

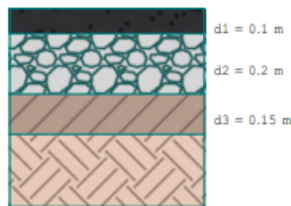
**Reinforcement**

Base Geogrid	MacGRID EG 30
LCR	1.389
Subbase Geogrid	MacGRID EG 20
LCR	1.24

● **Results**

Mode: Custom Layer Design

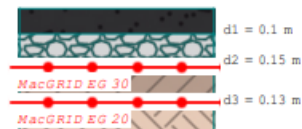
Unreinforced



0 0  
0 0

Reinforced

2. Reduced layer depth



use Course depth reduction: 25 %  
Subbase Course depth reduction: 13 %

0 0  
0 0

MACREAD 2.0 | Copyright © Maccaferri: 2010-2013 | v2.0.609 | 2012.02.20 | Notice: Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmitted, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the products.

**Figura N° 23**

**Table 5**  
**Reinforced Bearing Capacity Factors,  $N_c^1$ , for Aggregate-Surfaced Pavements**

**Step 1: Determine Design Subgrade Soil Strength and Geosynthetic Applicability**

CBR $\leq$ 0.5	0.5 < CBR $\leq$ 2.0			2.0 < CBR $\leq$ 4.0		CBR > 4.0
Use a geotextile and a geogrid at subgrade-base interface. No aggregate thickness reduction recommended. Use TM 5-822-12 for thickness design	Both a geogrid and a geotextile are recommended. Use this design procedure for aggregate thickness reduction.			A geotextile is required for fine-grained subgrades. A geogrid may also be cost-effective. Perform a life cycle cost analysis.		Perform a cost analysis. Consider "hidden" benefits. Inadequate data is available to determine bearing
	<u>Geotextile</u>	<u>Geogrid</u>	<u>Both</u> <sup>2</sup>	<u>Geotextile</u>	<u>Geogrid</u>	<u>Both</u>
	5.0 <sup>3</sup>	5.8	5.8	5.0 <sup>3</sup>	5.8	5.8

<sup>1</sup>The unreinforced bearing capacity factor,  $N_c$ , is 2.8.

<sup>2</sup>Both a geotextile and a geogrid are recommended. The geotextile serves primarily as a separation fabric.

<sup>3</sup>Use a factor of 3.6 for conservative geotextile-reinforced pavement designs.

Fuente: U.S. Army Corps of Engineers Washington. D.C 20014-1000

**Figura N° 24**

Cabe indicar también, que el cuerpo de ingenieros de los estados unidos en su publicación 20014-1000 refiera que, si el CBR de la subrasante es mayor a 4% la geomalla ya no trabaja como un refuerzo de la sub rasante; sino más bien como un refuerzo de la capa base o de lo que va encima de la sub rasante.

Costo del pavimento flexible a implementar en la calle Miguel Grau, Carabayllo 2022

ESTRUCUTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO FLEXIBLE TRADICIONAL SEGÚN AASTHO 93			PAVIMENTO FLEXIBLE REFORZADO CON GEOMALLA MAC GRID EGB20			PAVIMENTO FLEXIBLE REFORZADO CON GEOMALLA MAC GRID EGB30		
	ESPESOR (M)	PRECIO (M2)	METRADO (M2)	ESPESOR (M)	PRECIO (M2)	METRADO (M2)	ESPESOR (M)	PRECIO (M2)	METRADO (M2)
CARPETA ASFÁLTICA	0.1	60.48	2704.7	0.1	60.48	2704.7	0.1	60.48	2704.7
BASE	0.2	35.77	2704.7	0.18	30.41	2704.7	0.15	26.85	2704.7
SUB BASE	0.15	15.92	2704.7	0.15	15.92	2704.7	0.15	15.92	2704.7
TOTAL COSTO (S/.)			303386.199			288889.007			279260.275

**Tabla N° 14: Estructura del pavimento flexible**

Como podemos apreciar en la siguiente tabla, el costo del diseño del pavimento flexible tradicional es S/. 303386.199 (trescientos tres mil trescientos ochenta y seis nuevos soles), el costo del pavimento con la Geomalla Mac Grid EG20 es S/. 288889.007 (doscientos ochenta y ocho mil ochocientos ochenta y nueve nuevos soles), y el costo del pavimento con la Geomalla Mac Grid EG30 es S/. 279260.275 (doscientos setenta y nueve mil doscientos sesenta nuevos soles). Por lo que, se concluye que el costo del pavimento con la implementación de las Geomallas EGB20 y EGB30 se reducen en un 4.778% y 7.952 respectivamente al costo inicial del pavimento tradicional o sin refuerzo.



Figura N° 25

## V. DISCUSIÓN

### Discusión N°1

#### Objetivo General

**Evaluar la implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabayllo**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que a través de la implementación de las geomallas biaxiales tanto MacGrid EGB20 Y Mac Grid EGB30, aumenta el ESAI de diseño, por lo que también aumenta la capacidad de carga, por ser estos directamente proporcionales al sufrir un cambio o modificación. Esta conclusión guarda sentido con el resultado obtenido por Orejon en su tesis, Propuesta del mejoramiento de la subrasante de pavimentos flexibles usando las geomallas biaxiales en suelos de bajo valor de Soporte de California – distrito de Ahuac, donde obtuvo un CBR DE 3% y adiciona un realce de subrasante mediante geomallas biaxiales MacGrid EGB20 Y Mac Grid EGB30

### Discusión N°2

#### Objetivo Específico 1

**Determinar cuánto se incrementa la capacidad de carga de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo.**

A través de la implementación de las geomallas Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30 el número estructural SN se ha triplicado; por lo que, el volumen de tránsito o ESAL de nuestra carretera se ha expandido para cada tipo de geomalla biaxial a implementársele; ya que, con el uso de las geomallas biaxiales tanto Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30, al aumentar el volumen de tránsito o ESAL, aumenta también la capacidad de carga o capacidad portante de la estructura de nuestro pavimento; ya que, ambos coeficientes son directamente proporcionales.

Esta conclusión guarda sentido con Tapia, Barona e Inga, en su tesis, Diseño de un Pavimento utilizando Geomallas en tramo de la carretera bajada de Chanduy –

Aguas Verdes – Pocito, en el cual indican que la utilización de subrasantes mejoradas con geomallas o geosintéticos ocasionan un incremento en la resistencia o capacidad portante de la subrasante en la estructura del pavimento, puesto que se expande el SN o número estructural.

### **Discusión N°3**

#### **Objetivo Específico N°2**

**Determinar si incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabaylo.**

A través de la implementación de las geomallas Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30, se eleva o expande la capacidad de carga o capacidad portante de nuestra estructura del pavimento; por lo que, al aumentar este valor también aumentará la vida útil de nuestro pavimento; ya que, ambos factores son directamente proporcionales al cambio. Esta conclusión guarda sentido con Arévalo en su tesis, Utilización de la Geomalla Biaxial en diseño de Pavimento Flexible de la Carretera Pedro Carbo – La Estacada, cuando menciona que la adición de geomallas en el esqueleto estructural de la vía flexible es gratificante; ya que, evita la migración del material granular a las otras capas evitando contaminar el material de cada sub capa y así ayuda a optimizar el ciclo de vida de la vía.



## **Discusión N°4**

### **Objetivo Específico 3**

**Determinar cuánto se reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo.**

A través de la implementación de las geomallas Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30 a la capa base de nuestra estructura del pavimento flexible, dicha capa disminuye en un 10% y 25% respectivamente al diseño inicial o tradicional sin refuerzo; por lo que, se confirma que con el uso de geomallas los espesores se reducen. Esta conclusión guarda sentido con Arévalo en su tesis, Utilización de la Geomalla Biaxial en diseño de Pavimento Flexible de la Carretera Pedro Carbo – La Estacada, donde obtuvo una disminución del grosor del pavimento en la capa de base y sub-base en 5 cm y 15 cm respectivamente, dando un total de 20 cm de ahorro en sus capas granulares.

## **Discusión N°5**

**En cuanto a la reducción de costos a través de la adición de geomallas biaxiales en pavimentos flexibles.**

A través de la implementación de las geomallas biaxiales tanto Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30 a la capa de la base de nuestra estructura del pavimento flexible, el costo del diseño de nuestro pavimento flexible tradicional es de s/. 303386.199 nuevos soles, el costo del pavimento con la geomalla Mac Grid EG20 es s/. 288889.007 nuevos soles, y el costo del pavimento con la geomalla Mac Grid EG30 es s/. 279260.275 nuevos soles. Por lo que, se confirma que con el uso de las geomallas el costo, a la hora de la ejecución de pavimentos flexibles, con la implementación de geomallas biaxiales tanto Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30 se reducen en un 4.778 % y 7.952 % respectivamente respecto al costo inicial o tradicional. Esta conclusión guarda relación con Tolentino en su tesis, Geomallas biaxiales para mejorar la subrasante de bajo valor de soporte califonia de un pavimento flexible, Pucusana, 2020, donde obtuvo un ahorro en costos de 10% y

13% con respecto al costo de diseño de un pavimento flexible tradicional o sin refuerzos. Así mismo, estas afirmaciones guardan sentido con Tapia, Barona e Inga quienes, en su tesis, diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de Chanduy – aguas verdes – pocito, indica que con la implementación de geomallas garantizan un ahorro en materiales, mano de obra y de materiales así mismo la reducción del tiempo.

## VI. CONCLUSIONES

### Conclusión N°1

#### Objetivo General

**Evaluar la implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabaylo,** al implementar las geomallas Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30 a la estructura del pavimento flexible se eleva el volumen de tránsito o ESAL; ya que, estos geosintéticos actúan principalmente como un agente de refuerzo al esqueleto estructural del pavimento; por lo que, **se concluye** que al expandirse este coeficiente también se expande la capacidad de carga del pavimento flexible.

### Conclusión N°2

#### Objetivo Específico 1

**Determinar cuánto se incrementa la capacidad de carga de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabaylo.** De los resultados podemos afirmar, que a través de la implementación de las geomallas Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30 el número estructural SN se ha triplicado; por lo que, el volumen de tránsito o ESAL de nuestra carretera se ha elevado para cada tipo de geomalla biaxial a implementársele.

Visto esto, **se concluye** que con el uso de las geomallas biaxiales tanto Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30, al aumentar el volumen de tránsito o ESAL, aumenta también la capacidad de carga o capacidad portante de la estructura de nuestro pavimento; ya que, ambos coeficientes son directamente proporcionales.

### **Conclusión N°3**

#### **Objetivo Específico 2**

**Determinar si incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo.** De los resultados **se concluye** que, a través de la implementación de las geomallas Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30, se eleva la capacidad de carga o capacidad portante de nuestra estructura del pavimento; por lo que, al aumentar este valor también aumenta la vida útil de nuestro pavimento; ya que, ambos factores son directamente proporcionales al cambio.

### **Conclusión N°4**

#### **Objetivo Específico N°3**

**Determinar cuánto se reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo.** De los resultados **se concluye** que, a través de la implementación de las geomallas Mac Grid EGB20 Y Mac Grid EGB30 a la capa base de nuestra estructura del pavimento flexible, disminuye en un 10% y 25% respectivamente al diseño inicial o tradicional sin refuerzo; por lo que, se confirma que con el uso de geomallas los espesores se reducen.

### **Conclusión N°5**

Como podemos apreciar en la figura N°40 el costo del diseño del pavimento flexible tradicional es S/. 303386.199 (trescientos tres mil trescientos ochenta y seis nuevos soles), el costo del pavimento con la Geomalla Mac Grid EG20 es S/. 288889.007 (doscientos ochenta y ocho mil ochocientos ochenta y nueve nuevos soles), y el costo del pavimento con la Geomalla Mac Grid EG30 es S/. 279260.275 (doscientos setenta y nueve mil doscientos sesenta nuevos soles). Por lo que, **se concluye** que el costo del pavimento con la implementación de las Geomallas EGB20 y EGB30 se reducen en un 4.778% y 7.952% respectivamente al costo inicial del pavimento tradicional o sin refuerzo.

### **Conclusión N°6**

Desarrollado el presente trabajo de investigación **se concluye** que, si el CBR de la subrasante es mayor al 4%, la geomalla trabaja como un refuerzo para el material de la base.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se evidencia que con el uso de las Geomallas Biaxiales tanto Mac Grid EGB20 y Mac Grid EGB30 se evita la migración del material granular a la capa de la subrasante evitando así la contaminación de la misma funcionando también como un separador; por lo que, se recomienda el uso de estos geosintéticos para el mantenimiento de la resistencia del terreno natural.
2. La transmisión de esfuerzos transmitida por los vehículos sobre el pavimento flexible genera esfuerzos de compresión encima de la subrasante, y si la subrasante no es lo suficientemente rígida para aguantar estos esfuerzos de compresión, provocará que la subrasante se deforme trayendo como consecuencia las fallas estructurales; por lo que, se recomienda el uso de estos geosintéticos para contrarrestar la distribución de estos esfuerzos de una mejor manera.
3. Cuando se produce la transmisión de esfuerzos del paquete estructural a la subrasante, lo que va a hacer la geomalla es restringir el movimiento lateral, esta restricción del movimiento lateral genera un confinamiento lateral y por lo tanto rigidiza la estructura del pavimento.
4. El cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos recomienda un traslape mínimo de 1 pie o 0.30m para un CBR de subrasante mayor al 4%.
5. Se recomienda que durante la instalación de las geomallas biaxiales, no se permita la circulación de vehículos pesados sobre ella, tales como las orugas; ya que, estos podrían dañar a la geomalla evitando así que estos geosintéticos desarrollen adecuadamente sus propiedades.
6. Se recomienda la utilización de estos geosintéticos para climas de bajas temperaturas; ya que son resistentes a los cambios de clima y a los rayos ultravioletas. Cabe indicar también que tienen una gran facilidad a la hora de su instalación.

## REFERENCIAS

BRAVO, Brian. Diseño de un pavimento flexible utilizando geomallas en suelos arenosos en el AA.HH. Virgen de las Mercedes-Ventanilla 2020. Tesis (título profesional en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020. 58 pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50324>

TOLENTINO, Katherin. Geomallas biaxiales para mejorar la subrasante de bajo valor de soporte california de un pavimento flexible, Pucusana, 2020. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020. 219 pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59725>

AREVALO, Freddy. Utilización de la geomalla Biaxial en el diseño de pavimento flexible de la carretera Pedro Carbo – La Estacada. Tesis ( título profesional en ingeniería Civil). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2016. 68pp.

Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15332>

JORDAN, Carlos Y SUAREZ, Jefferson. Diseño de pavimento flexible con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado en las vías de acceso a la ciudadela la Milina del Cantón Salinas. Tesis ( título profesional en ingeniería Civil). Santa Elena: Universidad estatal Península de Santa Elena, 2017. 147pp.

Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/4098>

BUSTAMANTE, Andres. Evaluación en el Nivel de Resistencia de una subrasante con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2016. 159pp.

Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25429>

SUDARSANAN, Nithin. Investigations on the control of reflective cracking in flexible pavements using geosynthetics. Tesis (Doctorado en Filosofía). Australia: Universidad Tecnológica de Winburne, 2018. 288pp.

Disponible en: [https://researchbank.swinburne.edu.au/file/c2f016f8-74fb-4f66-b99a-19ec49088945/1/nithin\\_sudarsanan\\_thesis.pdf](https://researchbank.swinburne.edu.au/file/c2f016f8-74fb-4f66-b99a-19ec49088945/1/nithin_sudarsanan_thesis.pdf)

KIPTOO, Dennis. An investigation of the effect of Dynamic and static loading to geosynthetic reinforced pavements overlying a soft subgrade. Tesis (Máster en ingeniería). Ciudad del Cabo: Universidad de Ciudad del Cabo, 2016. 185pp.

Disponible en: <https://open.uct.ac.za/handle/11427/20923>

ZORNBERG, Jorge. Geosynthetic reinforced Pavement Systems. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Texas: Universidad de Texas, 2013. 21pp.

Disponible en:

[https://www.caee.utexas.edu/prof/zornberg/pdfs/AJ/Zornberg\\_2013d.pdf](https://www.caee.utexas.edu/prof/zornberg/pdfs/AJ/Zornberg_2013d.pdf)

OREJON, Edward. Propuesta del mejoramiento de la subrasante de pavimentos flexibles usando las geomallas biaxiales en suelos de bajo valor de Soporte California- distrito de Ahuac. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Continental, 2018. 135pp.

Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5165>

MIRANDA, Eddy. Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba-Oncon Provincia de Pataz, La Libertad. Tesis (Maestro en transportes y conservación vial). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2019. 94pp.

Disponible en: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5061>

ALMENDAREZ, Nicole y REYES, Juan. Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de aplicación de Honduras. Honduras: Universidad Tecnológica Centroamericana, 2017. 10pp.

Disponible en: [http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/student\\_Papers/SP495.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/student_Papers/SP495.pdf)

VARGAS, J. MONCAYO, M. CORDOVA, J. MAZA, C. BARZOLA, Z. VELASCO, C. SALCEDO, I. GUZHÑAY, J y LUCIO, S. La Geomalla como elemento de refuerzo en Pavimentos Flexibles. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2017. 9pp.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46752305006.pdf>



GEOSISTEMAS Pavco. Manual de Diseño con Geosintéticos [en línea]. 9na edición. Colombia: 2012 [ fecha de consulta: 15 setiembre de 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/350665707/Manual-de-Geosinteticos-Pavco>

TEXDELTA. Geomallas para el refuerzo de pavimentos [en línea]. España [fecha de consulta: 15 setiembre de 2021]. Disponible en: <https://texdelta.com/>

MACCAFERRI. Refuerzo de suelos con geomallas biaxiales [en línea]. Perú [fecha de consulta: 16 setiembre de 2021]. Disponible en: [https://www.maccaferri.com/br/es/peru/?gclid=CjwKCAiA7dKMBhBCEiwAO\\_crFEujWP9Y6N2TFzOqnfF1oV9GzkwFfcPm4j1BkITD731pK16VDhcK-xoCrFcQAvD\\_BwE](https://www.maccaferri.com/br/es/peru/?gclid=CjwKCAiA7dKMBhBCEiwAO_crFEujWP9Y6N2TFzOqnfF1oV9GzkwFfcPm4j1BkITD731pK16VDhcK-xoCrFcQAvD_BwE)

MEDINA, Armando y DE LA CRUZ, Marcos. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015. 135pp.

Disponible en: [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina\\_PA.pdf;jsessionid=4FE4841AA0739D556FAFD40FE0FD718B?sequence=1](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina_PA.pdf;jsessionid=4FE4841AA0739D556FAFD40FE0FD718B?sequence=1)

CUBA, Williams. Evaluación superficial del pavimento flexible aplicando el método del PCI en un tramo de la Av. Republica de Polonia-distrito de San Juan de Lurigancho. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 160pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22384>

BAENA, Guillermina. Metodología de la Investigación [en línea]. 3era ed. Mexico, 2017 [fecha de consulta: 16 setiembre de 2021].

Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abu\\_so/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abu_so/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)

ISBN: 9786077447481

HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ta ed. Mexico,[fecha de consulta:16 setiembre de 2021].

Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

ISBN: 9781456223960

ROBLES, Luis. Geomalla Biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 133pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24979>

AGUILAR, Alisson Y ARIANA, Gabriela. Análisis del comportamiento de la geomalla incorporada en un suelo granular a nivel de subbase para un pavimento. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, 2020. 38pp.

Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654488>

RAMÍREZ, José. Análisis del terreno natural – aplicando material geosintético mejorando su resistencia para la base granular de la carretera de Yangas. Tesis ( título profesional en ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 120pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26893>

GUILLERMO, Julio. Aplicación de geosintéticos para mejorar la capacidad portante de la carretera Ninacaca – Huachón, , 2018. Tesis ( título profesional en ingeniería Civil). Pasco: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 97pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38383>

TAPIA, Andres. BARONA, Fabricio. INGA, Luis y SANTOS, Eduardo. Diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de Chanduy – aguas verdes – Potoci. Tesina (título profesional en ingeniería Civil). Ecuador: Universidad de Guayaquil. 8pp.

Disponible

en:

[https://www.academia.edu/10343238/DISE%C3%91O\\_DE\\_UN\\_PAVIMENTO\\_UTILIZANDO\\_GEOMALLAS\\_EN\\_TRAMO\\_DE\\_LA\\_CARRETERA\\_BAJADA\\_DE\\_CHANDUY\\_AGUAS\\_VERDES\\_POCITO\\_ABSC\\_2\\_900\\_HASTA\\_ABSC\\_3\\_600](https://www.academia.edu/10343238/DISE%C3%91O_DE_UN_PAVIMENTO_UTILIZANDO_GEOMALLAS_EN_TRAMO_DE_LA_CARRETERA_BAJADA_DE_CHANDUY_AGUAS_VERDES_POCITO_ABSC_2_900_HASTA_ABSC_3_600)

SALDARRIAGA, Marco. Diseño y análisis comparativo de costos de un pavimento flexible según metodología del aashto 93, y otro con geomallas biaxiales en el sector los Laureles del distrito del Porvenir – Trujillo – La Libertad. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2016. 88pp.

Disponible en: <https://1library.co/document/ykrpvz-analisis-comparativo-pavimento-metodologia-laureles-porvenir-trujillo-libertad.html>

CARHUAMACA, Cesar. Estabilización de la subrasante con el uso de geomallas biaxiales en la avenida Piura en la localidad de Tunal, provincia de Huancabamba – Piura – 2019. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 95pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52317>

MERA, Marco. Evaluación técnico-económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera santa Cruz – Bellavista, distrito Bellavista-Jaén-Cajamarca. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. 97pp.

Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1060>

ANYAIPOMA, Mirkareny. Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles en el km. 24 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 155pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47205>

SILVA, Mayra. Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle Alemania- la molina- Cajamarca 2016. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016. 96pp.

Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10543>

AYALA, Sandy. Propuesta técnico-económico de un diseño con pavimento reforzado con geomalla para garantizar estabilidad y transitabilidad vehicular en suelos tropicales tramos villa el pescador Masisea- Coronel Portillo- Ucayali. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Ucayali: Universidad San Ignacio De Loyola, 2021. 146pp.

Disponible en: [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/11570/3/2021\\_Ayala%20Salvador.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/11570/3/2021_Ayala%20Salvador.pdf)

BARRIOS, José. Geomallas biaxiales para mejorar la capacidad estructural del pavimento flexible tramo Km 00+000 – Km 36+850 de la carretera Imperial Pampas-Huancayo 217. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Alas Peruanas, 2017. 139pp.

Disponible en: <https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/handle/20.500.12990/2656>

ALVAREZ, Luis y BERMUDEZ, Windy. Análisis comparativo del uso de geomallas como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. Tesis (título profesional en ingeniería Civil). Colombia: Universidad Piloto De Colombia, 2020. 81pp.

Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9344>

## ANEXOS

Tabla N° 15: Matriz de operacionalización de variables

Título: "Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabaylo – 2022"

Autor: Cuicapuza Taipe, Jhonatan Sleiter

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE					
TÍTULO:	implementacion de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau,Carabaylo				
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
<b>VI: Geomalla Biaxial</b>	Las geomallas biaxiales son soportes direccionales, tanto longitudinales como transversales. Su estructura esta compuesta por una o más capas de mallas biorientadas de polipropileno, producidas por un proceso de extrusión, presentan una elevada resistencia a la tensión así como a daños y desgastes (Tolentino,2020,p.12).	las geomallas biaxiales hacen que el peso provocado por los diferentes vehiculos que transiten por la superficie del pavimento se distribuyan de una manera menos dañina para las diferentes capas en la estructura de la red vial	<b>refuerzo estructural</b>	coeficiente LCR	Razón
			<b>Mac Grid EGB20</b>	dureza longitudinal	
				dureza transversal	
				propiedades fisicas	
			<b>Mac Grid EGB30</b>	dureza longitudinal	
				dureza transversal	
propiedades fisicas					
<b>VD: Pavimento Flexible</b>	el pavimento flexible es llamado tambien pavimento asfáltico conformada por un manto de asfalto sobre la base y sub base y que en conjunto reposan sobre la subrasante compactada, con un periodo de vida de 10 a 15 años con continuos mantenimientos (Cuba,2017,p.21).	es un tipo de pavimento con asfalto en la parte superficial lo cual lo hace mas flexible evitando que su estructura se dañe.	<b>capacidad portante</b>	CBR	Razón
			<b>estructura de pavimento</b>	espesor del pavimento con geomalla	
				espesor del pavimento sin geomalla	
			<b>metodo aashto</b>	transito de diseño vehicular	

Tabla N°16: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
TÍTULO:	Implementacion de Geomallas Biaxiales para aumentar la capacidad de carga del Pavimento Flexible en la Calle Miguel Grau,Carabayllo						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b> ¿ De qué manera la implementacion de Geomallas Biaxiales determinará la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabayllo?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Evaluar la implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabayllo</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> La implementación de geomallas biaxiales determina la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau, Carabayllo.</p>	<p><b>VI: Geomalla Biaxial</b></p>	<p><b>refuerzo estructural</b></p>	<p>coeficiente LCR</p>	<p>abacos MACCAFERRI</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada <b>Nivel de investigación:</b> Aplicativo <b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Diseño de investigación:</b> experimental pura <b>Población:</b> calle Miguel Grua mercado la Cumbre, Carabayllo <b>Muestreo:</b> No probabilístico <b>Muestra:</b> tramo ubicado desde la losa deportiva Cesar Ureta hasta la avenida principal Tupac Amaru <b>Técnica:</b> Fichas técnicas de recolección de datos en el laboratorio a través de los ensayos <b>Instrumento de investigación:</b> se realizó ensayos de laboratorio al suelo natural para la obtención de datos numéricos, los cuales fueron: Análisis granulométrico Límites de consistencia Proctor modificado California Bearing Ratio (CBR).</p>
				<p><b>Mac Grid EGB20</b></p>	<p>dureza longitudinal</p>	<p>ficha tecnica</p>	
					<p>dureza transversal</p>		
					<p>propiedades físicas</p>		
				<p><b>Mac Grid EGB30</b></p>	<p>dureza longitudinal</p>	<p>ficha tecnica</p>	
					<p>dureza transversal</p>		
<p>propiedades físicas</p>							
<p><b>Problemas Específicos:</b> 1.¿Cómo se incrementará la capacidad de carga de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo? 2.¿Cómo se incrementará el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo? 3.¿Cómo se reducirá el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle</p>	<p><b>Objetivos Específicos:</b> 1.Determinar cuanto se incrementa la capacidad de carga de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo. 2.Determinar si incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la calle Miguel Grau, Carabayllo. 3.Determinar cuanto se reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado con geomallas biaxiales en la Calle Miguel Grau, Carabayllo.</p>	<p>1.La implementación de geomallas biaxiales incrementa la capacidad de carga de un pavimento flexible reforzado en la calle Miguel Grau, Carabayllo. 2.La implementación de geomallas biaxiales incrementa el periodo de vida de un pavimento flexible reforzado en la calle Miguel Grau, Carabayllo. 3.La implementación de geomallas biaxiales reduce el espesor de la estructura de un pavimento flexible reforzado en la calle Miguel Grau, Carabayllo.</p>	<p><b>VD: Pavimento Flexible</b></p>	<p><b>capacidad portante</b></p>	<p>CBR</p>	<p>ensayo ASTM D 1883</p>	
				<p><b>estructura de pavimento</b></p>	<p>espesor del pavimento con geomalla</p>	<p>software Macread 2.0</p>	
					<p>espesor del pavimento sin geomalla</p>		
				<p><b>metodo aashto</b></p>	<p>transito de diseño vehicular</p>	<p>manual de carreteras MTC</p>	

Fuente: Elaboración propia.

