



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Implementación de geomalla triaxial para mejorar un suelo  
blando arcillo-limoso cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett,  
2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Alarcón Pumapillo Richard (ORCID: 0000-0001-7695-380X)

Quispe Quispe, Dan Albino (ORCID: 0000-0002-4968-6061)

**ASESOR:**

Dr. Alzamora Román, Hermer Ernesto (ORCID: 0000-0002-2634-7710)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A Dios por guiar mis pasos y protegerme en todo momento. A mis amados padres, por ser los pilares más importantes para poder lograr uno de mis principales objetivos, por enseñarme el significado de perseverancia y sobre todas las cosas por ser mi ejemplo constante como persona a seguir.

A aquellas personas que, sin pertenecer a mi familia, se han comportado como tal, apoyándome de distintas maneras, contribuyendo con mi crecimiento personal y profesional y en memoria de mi entrañable compañero de carrera, C. A. W. Q.

Richard Alarcón Pumapillo

A Lucy Angélica, mi esposa ser el pilar de mi hogar, la fuerza que me impulsa cada día a seguir adelante, porque sin ella no hubiese empezado esta etapa de mi vida y sin ella no hubiese logrado culminarla.

A Albino y Aurora, mis padres quienes estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y fortaleza para el logro de mis objetivos. A mis hermanas Ann, Edny y Mariella, Así mismo a mis sobrinos.

Dan Albino Quispe Quispe

## **Agradecimiento**

A mi asesor de tesis Hermer Ernesto, Alzamora Román, por su experiencia científica para la formulación de la tesis, sus críticas constructivas y seguimiento constante. Agradezco a la Universidad César Vallejo por la formación integral a lo largo del desempeño académico de la carrera, a los catedráticos que con su experiencia contribuyeron a fortalecer las competencias de ingeniero y de forma muy especial a los asesores

Richard Alarcón Pumapillo

Agradezco a Dios por guiarme siempre por el camino correcto y haberme brindado los conocimientos necesarios para poder concluir esta etapa de mi formación profesional

Agradezco, la Universidad Cesar Vallejo por haberme acogido en sus aulas durante toda la etapa de mi formación académica, impartíendome a través de sus docentes los conocimientos, experiencias y valores que harán de mi persona un hombre de bien y un profesional exitoso, asimismo agradecer a mi asesor por su aporte significativo en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

Dan Albino Quispe Quispe

## Índice de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de figuras .....	v
Índice de tablas.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO.....	9
III. MÉTODOLOGIA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización .....	16
3.3. Población, muestra y muestreo .....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimientos.....	18
3.6. Método de análisis de datos .....	18
3.7. Aspectos éticos .....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN .....	65
VI. CONCLUSIONES .....	66
VII. RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS .....	69
ANEXOS.....	72

## Índice de figuras

Figura 1. Propiedades de una geomalla triaxial.....	16
Figura 2. Mapa de clasificación de suelos.....	12
Figura 3. Ubicación del cruce Av. canta calla y Elmer Faucett .....	17
Figura 4. Ubicación de la zona de estudio Av. Canta Callao con Av. Elmer Faucett.....	19
Figura 5. Curva Granulométrica C-01 - Muestra M1 .....	23
Figura 6. Curva Granulométrica C-01 - Muestra M2.....	24
Figura 7. Curva Granulométrica C-01 - Muestra M3.....	25
Figura 8. Curva Granulométrica C-02 - Muestra M1 .....	26
Figura 9. Curva Granulométrica C-02 - Muestra M2.....	27
Figura 10. Clasificación SUCS .....	31
Figura 11. Clasificación AASTHO .....	32
Figura 12. Relación Densidad Seca y Humedad C01 - M3 .....	33
Figura 13. Curva de CBR C02 - M2 .....	34
Figura 14. Estructura de Pavimento .....	52
Figura 15. Confinamiento Lateral generado por la geomalla .....	54
Figura 16. Mejoramiento de la Capacidad Portante .....	54
Figura 17. Efecto de membrana tensionada.....	55
Figura 18. Estructura de las geomallas triaxiales .....	56
Figura 19. Vía utilizada para el ensayo .....	56
Figura 20. Incremento del valor del trafico Vs CBR.....	57
Figura 21. Relación entre LCR y el CBR.....	58
Figura 22. Estructura de Pavimento con refuerzo de Geomalla .....	63

## Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	6
Tabla 2. Resumen de los datos técnicos de la ubicación de las calicatas .....	20
Tabla 3. Cuadro Resumen de la Calicata N° 01 .....	21
Tabla 4. Cuadro Resumen de la Calicata N° 02 .....	22
Tabla 5. Granulometría de Calicata C-01 - Muestra M1 .....	23
Tabla 6. Granulometría de Calicata C-01 - Muestra M2 .....	24
Tabla 7. Granulometría de Calicata C-01 - Muestra M3 .....	25
Tabla 8. Granulometría de Calicata C-02 - Muestra M1 .....	26
Tabla 9. Granulometría de Calicata C-02 - Muestra M2 .....	27
Tabla 10. Límites de Calicata C-01 - Muestra M1 .....	28
Tabla 11. Límites de Calicata C-01 - Muestra M3.....	28
Tabla 12. Límites de Calicata C-02 - Muestra M2.....	28
Tabla 13. Contenido de Humedad Calicata C-01 .....	29
Tabla 14. Contenido de Humedad Calicata C-02 .....	29
Tabla 15. Proctor modificado Calicata C01 - M3 .....	33
Tabla 16. Penetración Calicata C02 - M2 .....	34
Tabla 17. Periodo de conteo de Trafico.....	35
Tabla 18. Conteo y Clasificación Vehicular .....	36
Tabla 19. Índice Medio Diario Anual.....	37
Tabla 20. Factor Direccional y Factor de Carril.....	38
Tabla 21. Ejes Equivalentes .....	39
Tabla 22. Ejes Equivalentes .....	40
Tabla 23. Diseño ESAL .....	41
Tabla 24. Numero de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes .....	43
Tabla 25. Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad .....	44
Tabla 26. Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal.....	45
Tabla 27. Índice de Serviciabilidad Inicial Según Rango de Tráfico.....	46
Tabla 28. Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico .....	47
Tabla 29. Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI) Según Rango de Trafico .....	48
Tabla 30. Calculo del SN.....	49
Tabla 31. Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a <sub>j</sub> .....	50

Tabla 32. Calculo para los espesores de las capas .....	51
Tabla 33. LCR Vs. CBR de la Subrasante.....	60
Tabla 34. Diferencia de Espesores del Material Granular .....	63
Tabla 38. Costo de Pavimento Flexible con Geomalla .....	64
Tabla 39. Costo de Pavimento Flexible sin Geomalla .....	64

## Resumen

La presente investigación titulada Implementación de geomalla triaxial para mejorar un suelo blando arcillo-limoso cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, 2020. Tiene como objetivo principal determinar el resultado de la implementación de una geomalla triaxial en un suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett. Para lograr los objetivos trazados se usó un tipo de investigación de tipo aplicada con un nivel descriptivo y enfoque cuantitativo. Entre los principales resultados se tiene Según la clasificación del suelo de AASTHO y SUSC en las tres muestras de la C-01 se catalogan respectivamente como SC (Arena Arcillosa) y A-6(3); ML (limo inorgánico de baja plasticidad) y A-4(4) y CL (Arcilla inorgánico de baja plasticidad) y A-6(4) se consideran un tipo de terrenos normal. En el caso de la calicata 02 son dos muestras SM (Arena Limosa) y A-4(2) y CL-ML (Arcilla limosa de baja plasticidad) y A-4(4), el cual obtuvo un resultado del ensayo del CBR al 100% de la MSD (%) de 17.2% y el CBR al 95% de la MSD (%) de 12.6%. En correspondencia con el Manual de Carreteras (MTC) para el año 2014 se obtuvieron luego de los cálculos los valores arrojados para el cálculo de los espesores de capas se tiene como d1 10 cm de capa superficial, d2 22cm de base y d3 70 cm Sub-Base cumpliendo el condicional que refiere  $SNR(\text{resultado}) > SNR(\text{requerido})$  ya que los valores son  $6.18 > 6.119$ . En definitiva, La estructura de pavimento con refuerzo de Geomalla permitió una reducción de espesor total de 22cm. Además, otra ventaja según el comparativo de precios se observa más costoso el pavimento flexible sin geomalla en relación al que emplea la geomalla.

**Palabras clave:** Geomalla triaxial, suelo blando, pavimento flexible.

## Abstract

The present investigation entitled Implementation of a triaxial geogrid to improve a soft clay-silty soil crossing Av. Canta Callao and Elmer Faucett, 2020. Its main objective is to determine the result of the implementation of a triaxial geogrid in a soft clay-silty soil in the crossing Av. Canta Callao and Elmer Faucett. To achieve the objectives set, a type of applied research was used with a descriptive level and a quantitative approach. Among the main results are, According to the AASTHO and SUSC soil classification, the three samples of C-01 are cataloged respectively as SC (Arena Arcillosa) and A-6 (3); ML (low plasticity inorganic silt) and A-4 (4) and CL (low plasticity inorganic clay) and A-6 (4) are considered a normal soil type. In the case of pit 02, there are two samples SM (Silty Sand) and A-4 (2) and CL-ML (Low plasticity silty clay) and A-4 (4), which obtained a result of the CBR test at 100% of the MSD (%) of 17.2% and the CBR at 95% of the MSD (%) of 12.6%. In correspondence with the Highway Manual (MTC) for the year 2014, after the calculations, the values returned for the calculation of the layer thicknesses were obtained as d1 10 cm of surface layer, d2 22 cm of base and d3 70 cm Sub -Base fulfilling the conditional that refers  $SNR (result) > SNR (required)$  since the values are  $6.18 > 6.119$ . In short, the pavement structure with Geogrid reinforcement includes a reduction in total thickness of 22cm. In addition, another advantage according to the price comparison is that flexible pavement without geogrid is more expensive compared to that used with geogrid.

Keywords: Triaxial geogrid, soft soil, flexible pavement.

# I. INTRODUCCIÓN

## Realidad Problemática

El suelo es un material donde coexisten tres fases: sólida, líquida y gaseosa, además presentan partículas con una variabilidad en tamaños y una organización diferente. [1]

En la ingeniería civil, el suelo es uno de los principales materiales de construcción porque permitirá el soporte a múltiples estructuras [como edificios, puentes, carreteras, etc.]. Esta condición exige que se realicen estudios experimentales de cada una de sus propiedades. En circunstancias los suelos en estado natural no cumplen o no poseen las aptitudes requeridas por el diseño geotécnico, lo anterior da la necesidad e inicio a poder utilizar diversas metodologías de mejoras a las propiedades geomecánicas y geohidráulicas de este para aumentar la resistencia como también disminuir su nivel de deformabilidad. [2]

Existen diversos modos de estabilización de suelos de subrasante, tales como: la mecánica, con aditivos químicos y mediante geotextiles y geosintéticos. [1]

La demanda de obra pública en el Perú, principalmente de obras de infraestructura vial para pavimentos se relacionan con: el asfaltado de vías principales y de rutas secundarias, restauración de calles primordiales y calles secundarias, pistas y terminales de difusión de camiones de carga, entre otros.

Esta problemática es el resultado de carencia en conocimientos y de diseños para apoyos de taludes, de desmontes y estabilidad de caminos, el cual fijaran los requerimientos y los distintos materiales.

Por ello, la presente tesis tiene como objetivo principal evaluar el mejoramiento del suelo blando arcillo-limoso con la implementación de una geomalla Triaxial en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, 2020, a fin de presentar un estudio diagnóstico que consolide los problemas de la zona en cuestión; por ende, al considerar a este grupo de personas.

## Trabajos Previos

A continuación, se muestran investigaciones de tesis similares internacionales y nacionales.

### Antecedentes Nacionales

**López (2019)** en su tesis *“Evaluar la construcción de un pavimento rígido empleando una geomalla triaxial para su viabilidad técnica, económica e impacto ambiental en la av. circunvalación Túpac Amaru -Chaupimarca –Pasco”*, tuvo como objetivo valorar la obra de un Asfalto rígido por medio de una geomalla triaxial Tx-140 para su posibilidad técnica, monetaria e impacto climático en la Av. Circunvalación Túpac Amaru. [4]

En dicha investigación uso la técnica AASHTO-93 y la inventiva Giroud Hand; empleo el Análisis de Precios Unitarios para precisar el precio total de la obra del pavimento con y sin refuerzo, por último, empleo el “Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental”. La **metodología** tipo de averiguación utilizada en esta tesis, es aplicada, explicativo, cuantitativa y descriptiva. Para el método transversal y diseño transversal correlacional. Algunas conclusiones fueron:

- La viabilidad técnica, económica e impacto ambiental obtenido al usar una geomalla triaxial en la obra de un Pavimento rígido.
- Los costos se reducen al usar una geomalla triaxial en la obra de un pavimento rígido sobre suelos de baja calidad.

Los hallazgos de la tesis resulto que usando la “geomalla triaxial Tx-140” otorga mejorías estructurales al pavimento, ya que permite recluir el

material granular sobre la subrasante e incrementar la capacidad portante, por último, reducir los costos e impactos ambientales.

Es preferible que la geomalla triaxial se masifique debido a que brinda a las carreteras impactos positivos, se aplica de manera sencilla, se ejecuta en tiempos cortos, es viable económicamente.

**Anyaipoma (2019)** en su tesis **“Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019”**, propuso como objetivo aplicar la geomalla para disminuir el espesor y aumentar la tenacidad de suelos maleables en el km. 24 puente Capelo- Chanchamayo, 2019. [5]

Desarrollo dos diseños a partir de las “geomalla biaxial 1100” y “geomalla triaxial” 140, con el fin de obtener diferentes espesores de diseño, también elaboro los metrados de cada diseño. Empleó la “metodología Giroud– Han” para confrontar los valores de los espesores y ver el cambio entre ellos. La **metodología** fue de diseño experimental, con un enfoque cuantitativo y la investigación fue de tipo aplicada. Algunas conclusiones fueron:

- El pavimento reforzado con “geomalla biaxial” disminuye el espesor de la capa base en 28.57% y en 21.05% de la capa sub-base respecto al pavimento convencional.

- La máxima resistencia se obtuvo con el uso de la “geomalla triaxial”, en un 52.06 %, con respecto al pavimento sin reforzamiento.

La “geomalla biaxial” aminora el costo en un 6.62% con respecto al costo de un pavimento sin refuerzo.

Es necesario destacar que la geomalla en la interface base, sub-base se le adiciona a la estructura restricciones en cuanto al material base granular, por ende, mejora sus propiedades en resistencia, asimismo ayuda a la distribución de las cargas, en consecuencia se obtendrá mayores resultados al colocarla debajo de la capa base.

**Vera (2019)** en su tesis **“Sistema de reforzamiento de geomallas y geotextiles anclados para mejorar la estabilidad del talud en la carretera Sayán – Churín - Lima 2019”**, tuvo como objetivo evaluar el sistema de reforzamiento de Geomallas y Geotextiles anclados para obtener mayor estabilidad del talud en la carretera Sayán – Churín - Lima 2019. [6]

Para la investigación estudió dos tramos de la carretera Sayán – Churín, el primero es el KM 64+600 con geomallas ancladas y el segundo es el KM 79+530 con geotextiles anclados.

En el primer tramo se logró una mejora del factor de seguridad de 61.45%, en cambio para el segundo tramo se obtuvo una mejora de factor de seguridad de 66.37 %, ambos hallados por el método de Spencer. Con estos resultados obtuvo un factor de seguridad mayor a 1.25 en condiciones sísmicas según la norma Peruana CE-020.

De acuerdo a la **metodología** fue de tipo aplicada y el nivel de investigación es explicativa causal con un diseño de investigación experimental. Algunas conclusiones fueron:

Evaluó el efecto del tipo de falla plana del talud en las geomallas y geotextiles anclados para la estabilidad del talud. La falla plana fue realizada para el control de erosiones.

El hallazgo principal indica que las geomallas y geotextiles anclados son aceptables para la inestabilidad del talud de los tramos KM 64+600 y 79+530, en la carretera Sayán – Churín.

Es importante señalar que la evaluación de factor de seguridad con métodos diferentes para poder hacer comparaciones y determinar una efectividad de la evaluación y así obtener un factor de seguridad adecuado para la estabilidad de un talud.

**Núñez (2016)** en su tesis **“Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geo-Sintéticos”**, tuvo como objetivo calcular el grosor de la base y sub-base de una vía con el uso de

geosintéticos, identificando sus propiedades físico-mecánicas, y así mejorar el precio, el período de obra, examinando las consecuencias que se generará con el tiempo. [7]

Realizo 3 CBR con “Geomalla biaxial” de la sub-base a diferentes alturas: a 2.5 cm, a 5 cm, a 7.5 cm y a 10 cm. Comprobó en laboratorio que la “Geomalla biaxial” incrementa el CBR. En relación a la **metodología** fue de tipo cuantitativo explicativo experimental correlacional, como muestra la vía Arapa – Chupa (PU114) - Dv. Huancané. Algunas conclusiones fueron:

- La aplicación de la “Geomalla biaxial MacGrid EGB 40” permite una disminución en los espesores del pavimento sobre un terrenal de subrasante de CBR del 10%.

- La “Geomalla biaxial MacGrid EGB 40” redujo los espesores de 20cm a 5cm (economizando un 75% en material granular de sub-base), permitiendo la optimización del coste en 22.15% (ahorro de 672,245.93 soles).

El hallazgo principal demuestra que la aplicación de “Geomalla biaxial MacGrid EGB 40” permite un ahorro de 75.7 % en la explotación de canteras, dando un ahorro de 57,656.68 m<sup>3</sup> de material sub-base.

El Perú no presenta un reglamento en geomallas, a parte que hay bibliografía del tema, que no es viable para el estudio, por ello, se indica que el tema continúe en estudio con otros tipos de suelos.

**Díaz (2018)** en la tesis **“Técnicas de bioingeniería y biotecnología en taludes del cerro de La Picota - Huamanga – Ayacucho”**, tuvo como objetivo identificar el riesgo de erosionabilidad y deslizamientos en el “Cerro de la Picota” que afectarían a gran parte del Distrito de Ayacucho y proteger los taludes con la bioingeniería y biotecnología. Dicha investigación se basa en un enfoque de investigación descriptiva y es aplicativo. [8]

El estudio de la inmovilidad del desnivel se realiza con el software Geostudio, para los datos de sus parámetros de entrada se hizo un calicata en el lugar de López Pampa que delimita por el norte con Cruz Pata, por el sur Pueblo Libre y por el oeste con Puca Puca, también podemos mencionar

que se encuentra en la parte superior que forma la microcuenca del Jr. San Martín del Distrito de Ayacucho, de este calicata se toma la muestra del suelo para luego hacer los ensayos de corte directo en un laboratorio de mecánica de suelos para obtener los datos del peso específico, ángulo de roce y la unión. La **metodología** de investigación estuvo enmarcada GeoStudio 2012 que es un software de análisis en 2D. Algunas conclusiones fueron:

- Los arboles disminuyen los deslizamientos profundos o superficiales, debido, a la acción de las raíces que actúan como sistemas de refuerzo e incrementando la tenacidad al corte del suelo.

- El control de erosión y la infiltración de aguas por la presencia de las precipitaciones máximas se evitará con las geomallas y con el cultivo de gras natural o como ichu que son plantas oriundas de la zona.

El hallazgo principal es que la acción de las raíces, el control de erosión y sedimentos, son métodos para la estabilidad del talud del Cerro de la Picota.

Es importante que la vegetación se deba de dar las medidas de mitigación con el conocimiento de que la estabilidad va a mejorarse y así evitar los riesgos ante efectos de precipitaciones o sismos.

### **Antecedentes internacionales**

**Almendarez, Reyes y Moncada (2017)** en la investigación titulada **“Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras”**, tuvo como objetivo utilizar un diseño para el uso de “geomallas triaxiales”, aplicado en pavimentos flexibles en Honduras. [9]

Plantearon un diseño reforzado con “geomallas triaxiales” para una base sin pavimento, y otro sin el refuerzo; esta aplicación significa la disminución de espesores mayores al 60%. Emplearon el “método Giroud-

Han”, para centrarse en las deformaciones del pavimento y el interlocking para disminuir estas deformaciones.

Algunas conclusiones fueron:

- Establecer un diseño para pavimentos flexibles, para eliminar la confusión al momento de dar mejoramientos del suelo.

- El “método Giroud-Han” se fundamenta en el confinamiento realizado por las “geomallas triaxiales” para ejecutar el diseño del pavimento.

El hallazgo principal fue que el “método Giroud-Han” disminuyó el grosor del manto granular mediante la “geomalla triaxial”, en más del 60%.

Encomendaron que la producción de “geomallas triaxiales”, no se encuentra normalizada a nivel mundial, es por ello que deberían validar estos productos con ensayos de laboratorio.

**Cóndor y Oñate (2019)** en su tesis ***“Influencia de la disposición de Geomallas en la resistencia del suelo granular sujeto a la aplicación de una carga axial”***, tuvo como objetivo determinar la resistencia a la carga uniaxial en un suelo granular con geomallas. Realizaron una pre-investigación mediante los ensayos de compresión simple y obtuvieron los materiales con el cual se va a trabajar. Aparte, identificaron la forma de cómo hacer la compactación en los moldes para los ensayos de carga axial para luego analizarlos. [10]

Emplearon la capacidad de carga última para suelo no saturado, para un “modelo suelo-geomalla” y la capacidad de carga del suelo debido a las geomallas distribuidas. Algunas conclusiones fueron:

- Determinaron que el material es Arena Pobrementemente Gradada con Limo (SP-SM), constituida de un 1% de grava, un 89% de arena y un 10% de finos (limos).

- Emplearon las geomallas de polipropileno del tipo biaxial y multiaxial, con el fin de otorgar confinamiento a las partículas del suelo.

El hallazgo principal fue que los suelos con geomallas fueron desarrollados para cimentaciones superficiales.

En esta tesis da un modelo a las cargas máximas que se emplearon al suelo. En ese caso, se podrá elaborar un molde seguro, para evitar grietas en las conexiones y poder prevenir que los materiales sean perjudicados por la fatiga durante el ensayo.

**Alvarez y Bermúdez (2020)** en su tesis “**Análisis comparativo del uso de geomallas biaxiales como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles**”, tuvo como objetivo analizar y comparar los diseños con un material tipo geosintético (Geomallas), el cual, este material ofrece mejoras en las estructuras de pavimentos flexibles. [11]

Analizaron el aporte de las Geomallas biaxiales en la obra de pavimentos flexibles. En relación a la **metodología** se utilizó el método AASHTO-93, es decir, uno es convencional y el otro con un elemento de refuerzo tipo Geomalla biaxial. Algunas conclusiones fueron:

- Analizaron un modelo de pavimento flexible con el empleo de Geomallas biaxiales, para señalar su importancia en la construcción de estos pavimentos.

- Obtuvieron que la estructura total del convencional evidenciada fue de 62,5Cm y de la estructura con el elemento de refuerzo fue de 45,5Cm, debido a la Geomalla que posee una optimización en la estructura de 17Cm.

El principal hallazgo señala las aportaciones de las Geomallas biaxiales en la edificación de pavimentos flexibles, como el incremento de resistencia y la disipación de carga generada en su capa de rodadura.

Por lo tanto, en el diseño del pavimento flexible convencional y el del reforzamiento con la utilización de la Geomalla biaxial favorecen al diseño, debido a que disminuyen las capas granulares de esta forma aporta a su resistencia.

## II. MARCO TEORICO

### Teorías Relacionadas al Tema

Es útil comprender algunos conceptos básicos acerca de la implementación de geomallas triaxiales y el suelo blando arcillo-limoso, para tener una idea clara sobre el tema de investigación.

En relación a las geomallas triaxiales, su conformación de malla formada, producida de polipropileno invulnerable a la tensión con peso atómico y algunas propiedades, parten de los ensayos: GRI-GG2-87, ASTM D5732-95, ASTM D5818, ASTM D6637, EPA 9090 de la norma americana. [12]

Las geomallas triaxiales que tengan oberturas triangulares, permiten a sus propiedades multidireccionales otorgar un gran nivel de rigidez. [13]

Las geomallas triaxiales de polipropileno son aplicadas a la estabilización y refuerzo de suelos. Su implementación otorga mejoramiento a la capacidad portante en pavimentos, es decir reducen los espesores de las capas con un material que permite sostener la carga del tráfico, es lo más apropiado para suelos con baja resistencia. Esta técnica otorga ventajas monetarias y en el tiempo durante la construcción.

El refuerzo de geomallas en un manto asegurada mecánicamente debe poseer una gran rigidez radial, es decir, a 360 grados. [14]

Acerca de las propiedades multidireccionales, las geomallas biaxiales presentan mayor resistencia a tracción en dos direcciones.

Las geomallas triaxiales tienen tres direcciones de rigidez, por su forma triangular. Aparte, permite otorgar una mayor rigidez en el plano. Esta forma

triangular enlazada con las costillas y las juntas, es una opción de mejora a los materiales para el sector construcción.

Para un diseño sostenible, las geomallas triaxiales permiten aminorar: el volumen de los mantos de áridos, las cuantías de áridos manejados y el grosor de material a excavar y llevar a colector. Por consecuencia, esto servirá de gran apoyo para los técnicos, sobre todo en ejecutar proyectos medioambientalmente sostenibles. [14] Estos se elaboran de una lámina de polipropileno extruido, en la cual se producen agujeros y se estira para conseguir la estructura.

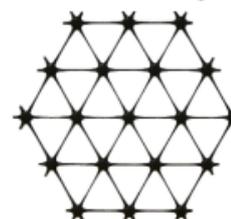
Esta fabricación, junto con las uniones, se obtiene un producto de gran rigidez y de resistencia en las uniones monolíticas. [14]



## Especificación de Producto – Geomalla TriAx® TX160

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

Tensar TriAx® Geogrid



### General

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

Propiedades Índice	Longitudinal	Diagonal	Transversal	General
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Distancia entre costillas paralelas<sup>(2)</sup>, mm (pulg)</li> <li>▪ Profundidad a mitad de costilla<sup>(2)</sup>, mm (pulg)</li> <li>▪ Ancho a mitad de costilla<sup>(2)</sup>, mm (pulg)</li> <li>▪ Forma de costilla</li> <li>▪ Forma de apertura</li> </ul>	<p>40 (1.60)</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>40 (1.60)</p> <p>1.6 (0.06)</p> <p>1.0 (0.04)</p>	<p>-</p> <p>1.4 (0.06)</p> <p>1.2 (0.05)</p>	<p>rectangular</p> <p>triangular</p>
<b>Integridad Estructural</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eficiencia en unión<sup>(3)</sup>, %</li> <li>▪ Estabilidad de apertura<sup>(4)</sup>, kg-cm/grad @ 5.0kg-cm<sup>(2)</sup></li> <li>▪ Rigidez radial a baja deformación<sup>(5)</sup>, kN/m @ 0.5% deformación (lb/ft @ 0.5% deformación)</li> </ul>				<p>93</p> <p>3.6</p> <p>300</p> <p>(20,580)</p>
<b>Durabilidad</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resistencia a degradación química<sup>(6)</sup></li> <li>▪ Resistencia a luz ultravioleta e intemperismo<sup>(7)</sup></li> </ul>				<p>100%</p> <p>100%</p>

Figura 1. Propiedades de una geomalla triaxial (Fuente Tensar)

Los suelos blandos son reconocidos como suelos deficientes o que normalmente presentan dificultades en el periodo de empleo. A medida que el proceso industrial acrecienta, se crea una petición de estructuras cargadas en partes de terreno blando. Estos tipos de suelo contienen mantos de arcilla blanda por debajo de los grupos de pilotes, causando sobreesfuerzo, por eso se recurre a realizar una verificación (fricción, distribución, resistencia, entre otros). [15]

Los suelos arcillosos son aquellos que son pesados e impermeables al aire y agua, estructura laminar con la carencia de agua se contraen y resquebrajan, tendencia a volverse pegajosos con inclusión de agua, almacenan nutrimentos, entre otros. [16] En cuanto a los suelos limosos, menciona que son aquellos que presentan riqueza en humus, detienen de forma efectiva el agua, el aire, el calor y los nutrimentos, se desmenuzan entre los dedos y poseen una estructura migajonosa, entre otros aspectos. [16]

Para el mejoramiento suelo blando arcilloso-limoso se realiza la estabilización que es un proceso que consiste en combinar materiales con el suelo para enriquecer sus propiedades. La combinación entre diversos suelos permite adquirir una proporción esperada o la composición del suelo con aditivos, y con ello aumentar la graduación, textura o plasticidad. [17]

Un proyecto de pavimentos flexibles aplicando las geomallas trata de corregir las dificultades que aparecen por construir vías sobre subrasante de baja calidad. Ahora, esta optimización se logrará trasladando la superficie de falla del método de la subrasante blanda hacia el manto granular de mucha más firmeza. [12]

Con respecto a lo manifestado en la Resolución Directoral del "Ministerio de Transporte y Comunicaciones" la Subrasante es la superficie finalizada de la carretera a nivel de movimiento de tierras [corte y relleno], sobre la cual se sitúa la estructura del pavimento. [18]

La subrasante trata principalmente de evaluar esta capa, pues se emplea bajo las cargas de tránsito un porte de apoyo por esfuerzo cortante. [12]

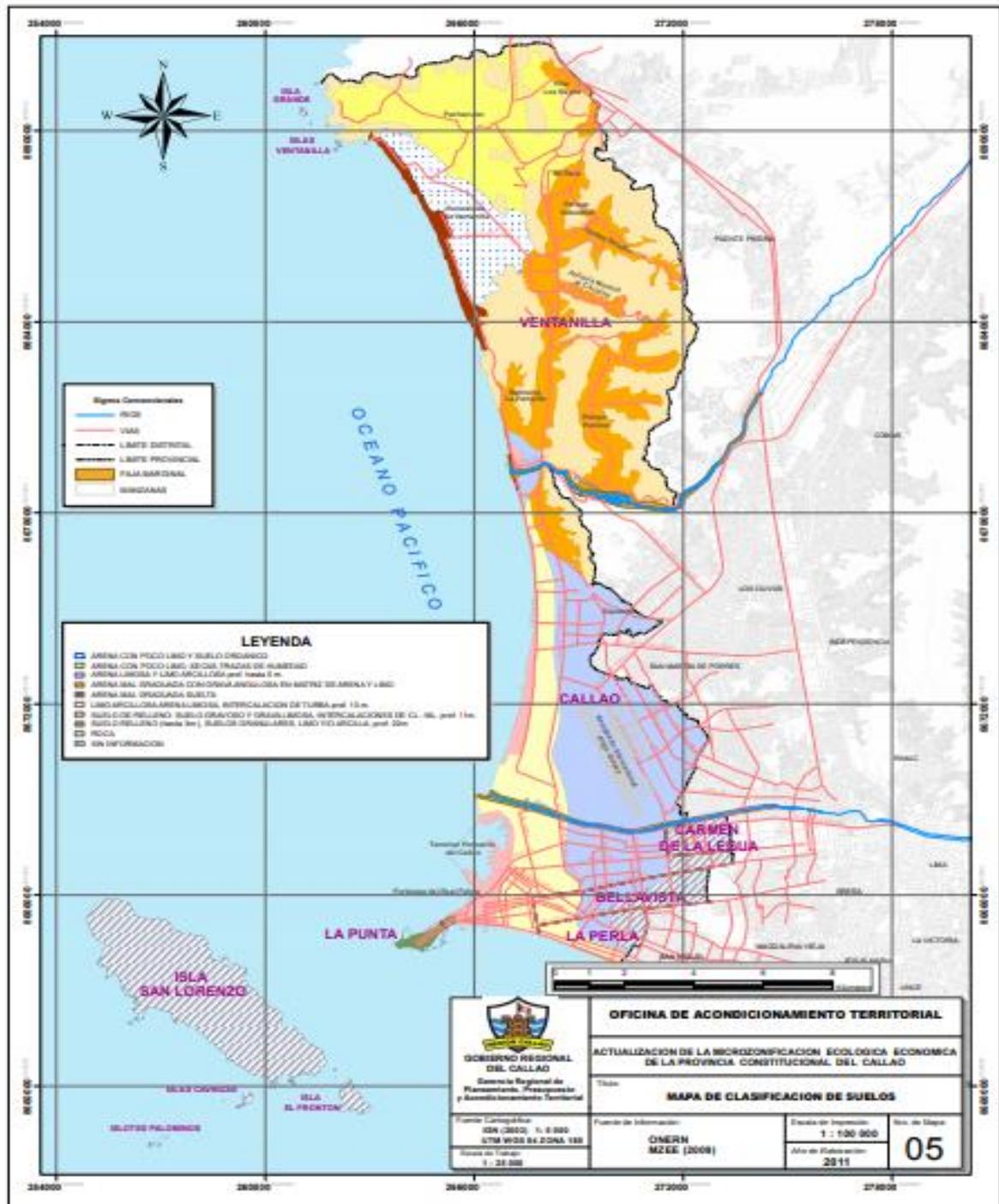


Figura 2. Mapa de clasificaión de suelos (Fuente:Gobierno regional del Callao)

## **Formulación del problema**

### Problema general

¿Cuál es el resultado de la implementación de una geomalla triaxial en un suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett?

### Problemas específicos

¿Cuáles son las propiedades físicas mecánicas del suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett?

¿Cuál es el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett sin utilización de geomalla triaxiales?

¿Cuál es el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, utilizando las geomalla triaxiales?

## **Justificación del estudio**

El presente estudio tiene la finalidad de brindar soluciones en un aspecto social porque beneficiará a un área determinada en el transporte urbano, otorgando un provecho a la calidad de vida a nivel individual y empresarial, siendo esto una buena inversión que permitirá gastos menores al municipio provincial del Callao, además dará una solución al sector transporte en beneficio de todos.

En esta tesis empleando el conocimiento y de la experiencia obtenida, permitió una estabilización en los suelos blandos por medio de las “geomallas triaxiales”, con el fin de mejorar la zona de estudio.

## **Hipótesis**

### Hipótesis general

La implementación de una geomalla triaxial mejora el suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.

### Hipotesis específicos

la implementación de una geomalla triaxial influirá en las propiedades físicas mecánicas del suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.

la implementación de una geomalla triaxial determinara el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett sin la utilización de geomalla triaxial.

la implementación de una geomalla triaxial determinara el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett utilizando la geomalla triaxial.

## **Objetivos**

### Objetivo general

Determinar el resultado de la implementación de una geomalla triaxial en un suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.

### Objetivos específicos

Determinar cuáles son las propiedades físicas mecánicas del suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.

Determinar el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett sin la utilización de geomalla triaxial

Determinar el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, utilizando la geomalla triaxial.

### III. METODOLOGIA

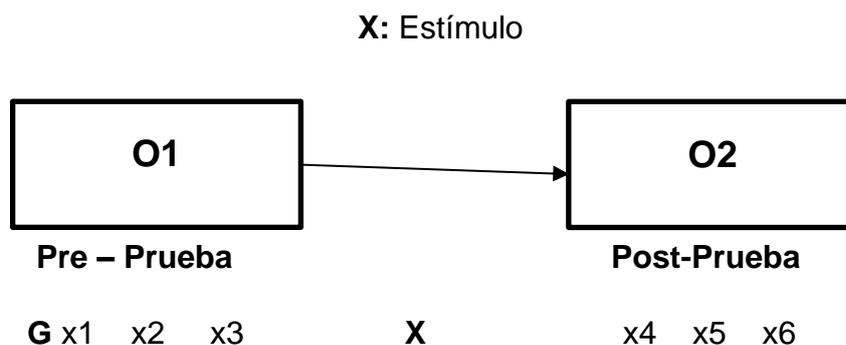
#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Este estudio reúne las características metodológicas de una investigación de tipo aplicada. Esta puede ser conocida como utilitaria, debido a que analiza problemas concretos que necesitan soluciones inmediatas. [19] Esto explica la aplicación de nuevas tecnologías para así conocer las consecuencias de su implementación.

El enfoque es cuantitativo, esto se basan en la medida numérica, el conteo y el uso de la estadística para crear modelos de comportamiento en una población. [20]

El nivel es Descriptivo. Un estudio descriptivo tiene como fin la descripción del contexto del objeto de estudio, las partes que lo componen, las clases, las categorías o los vínculos que se establezcan entre distintos objetos. Todas estas acciones se llevan a cabo para encontrar una verdad, comprobar un enunciado o una hipótesis. [21]

El diseño de la presente investigación es cuasi experimental. Este tipo de diseños manipulan por lo menos una sola variable con la finalidad de analizar los efectos en alguna de las variables. [21]



En este diseño, donde existe solo un grupo de control previa [antes] y postrero [después] de la variable dependiente, pero sin conjunto control.

Dónde: X: variable independiente (“geomalla triaxial”).

X1, x2, x3: medidas antepuestas (antes de la aplicación de la “geomalla triaxial”) de la variable dependiente (suelo blando arcillo-limoso)

X4, x5, x6: medida postrera (después de la aplicación de la “geomalla triaxial”) de la variable dependiente (suelo blando arcillo-limoso)

### 3.2. Variables y operacionalización

**Tabla 1. Operacionalización de variables.**

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de Medición
GEOMALLA TRIAXIAL	Son empleados en problemas de estabilización de suelos debido a que los materiales granulares quedan interbloqueados de forma muy eficaz. Cuando estos materiales se compactan sobre las geomallas, da como resultado una capa muy dura. [Santillana, 2010, p.12]	Para medir la geomalla como reforzamiento se realiza mediante sus propiedades físicas, dadas por las especificaciones técnicas del producto geomalla triaxial.	Propiedades Físicas	Tamaño de apertura (mm)	Ficha Técnica Especificaciones del Producto	Nominal
				Espesor de costillas (mm)		Nominal
				Capacidad de tensión		Nominal
				Rigidez		Nominal
MEJORAMIENTO DEL SUELO BLANDO ARCILLOSO-LIMOSO	La estabilización es el proceso de combinar materiales con el suelo con el fin de enriquecer sus propiedades. [Elizondo & Sibaja, 2008]	Para medir la capacidad de soporte del suelo se realizarán ensayos de laboratorio siguiendo las normas ASSHTO, Asimismo para la reducción del espesor de las capas granulares se realiza mediante el diseño bajo la norma ASSHTO 93	Estudio de Mecánica de Suelos	Análisis Granulométrico Norma ASTM D 422	Ensayos de Laboratorio	Nominal
				Clasificación de Suelos Norma ASTM D2487		Nominal
				Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad Norma ASTM D4318 - 84		Nominal
				CBR Norma ASTM D 1883-07		Nominal
			Reducción de Espesores	Diseño Mal Cálculo de ESALS	Norma ASSHTO 93	Nominal
				Diseño de Pavimentos metodología ASSHTO		Nominal

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

“Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” [21]

En esta tesis, la población fue constituida por los suelos blandos en el cruce de las Av. Canta Callao y Elmer Faucett, conformada por 1304,04 metros cuadrados.

La muestra es un subgrupo de la población. [21] En esta tesis se empleó el tipo de muestra probabilística.

Por eso se tomó una muestra igual a la población, en el cruce de las Av. Canta Callao y Elmer Faucett, conformada por 1304,04 metros cuadrados.

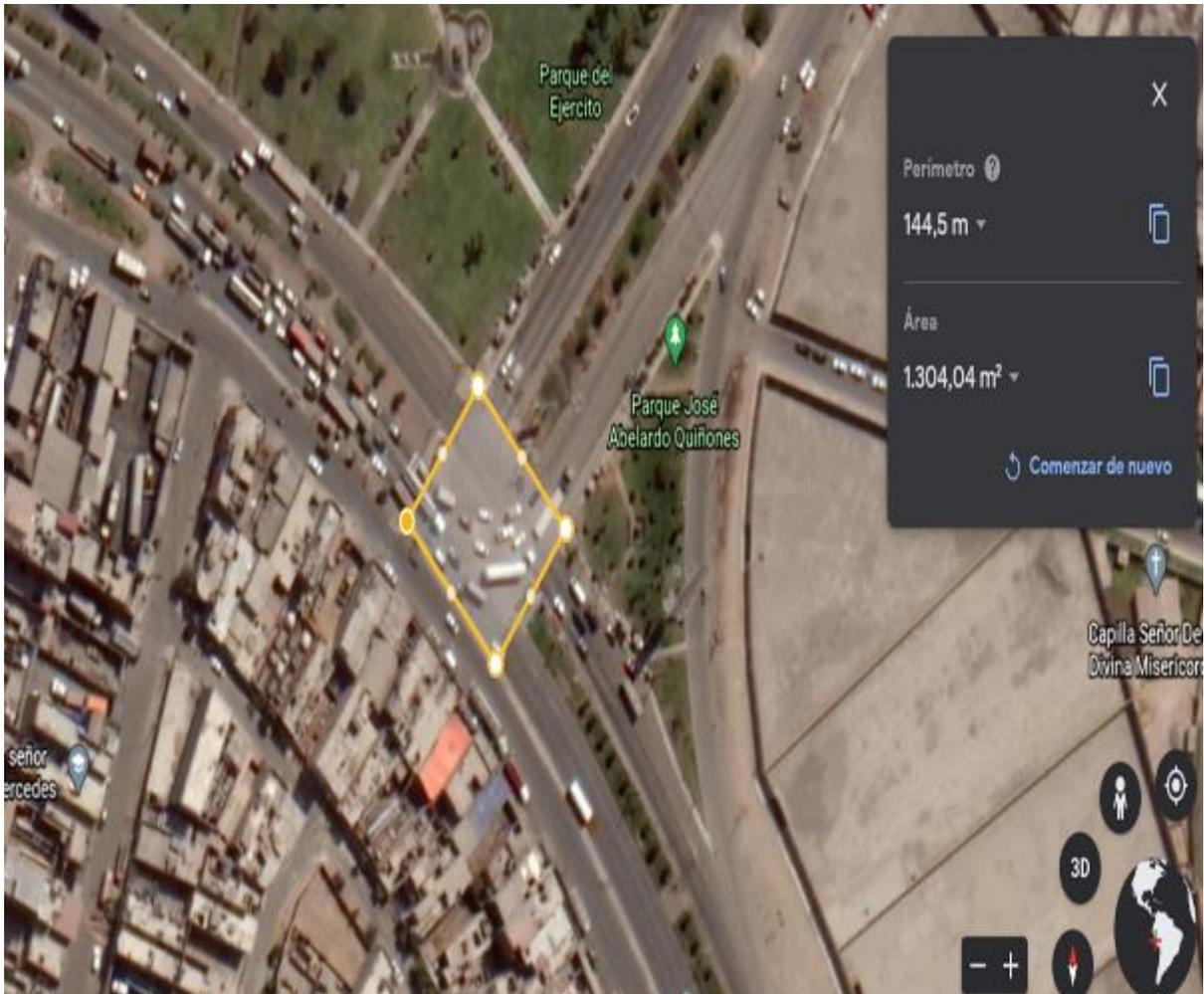


Figura 3. Ubicación del cruce Av. canta calla y Elmer Faucett

Fuente: Google Maps,2020.

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

Se utilizó como técnicas la revisión documental y la observación.

“Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente”. [21]

Se han considerado como instrumentos para la investigación:

- Guía de observación
- Lista de cotejo

### **3.5. Procedimientos**

En primer lugar, se consultó la bibliografía vinculada con la investigación. Dicha información relacionada con las “Normas Técnicas Peruanas” sobre pavimentos y suelos.

A través de la observación directa, el investigador se puso en contacto con el hecho o fenómeno investigado.

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

Por ser la investigación de tipo cuantitativa cuasi - experimental, los resultados fueron expresados numéricamente y con datos estadísticos a través de diagramas, cuadros comparativos y gráficos de barras, los cuales se obtuvieron de las fichas de medición tomadas por los ensayos de laboratorio.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los resultados de la investigación serán veraces y confiables al ser obtenidos después del trabajo en laboratorio. Además, la identidad de las personas que intervienen se mantiene en reserva por respeto. Por último, toda la información plasmada ha sido debidamente referenciada.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de Proyecto

En la actualidad la Avenida Canta Callao y Elmer Faucett (figura 4), evidencia la presencia de un deterioro en su estado de conservación y se acelera con la alta presencia de parque automotor tanto liviano como pesado por conectar hacia el aeropuerto internacional Jorge Chávez y los almacenes industriales de la Av. Néstor Gambeta. Por lo cual, se requiere de una alternativa de solución no superficial. Es por ello, nacen alternativas u opciones como las geomallas para el reforzamiento en pavimentos flexibles. Por consiguiente, en este trabajo de investigación se desarrolló un estudio comparativo entre un pavimento flexible tradicional diseñado bajo las consideraciones de la norma (AASHTO 1993), y otro que considera las geomallas triaxiales como reforzamiento.



Figura 4. Ubicación de la zona de estudio Av. Canta Callao con Av. Elmer Faucett. Fuente: Google Maps, 2020.

El área estudiada se encuentra en la provincia del Callao (Figura 4) tendiendo como acceso principal la Av. Elmer Faucett conectando así con el aeropuerto internacional y la zona portuaria. Esta área cuenta con una superficie de 1304,04 m<sup>2</sup>.

Para dar continuidad al estudio se hace al alcanzar los objetivos:

Para el primer objetivo se tiene la **determinación de las propiedades físicas mecánicas del suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.**

### Investigación de campo

Se realizaron 02 calicatas (exploraciones a cielo abierto) de profundidad de 1.50 m (tabla 2), las excavaciones fueron de forma manual con un muestreo de los extractos del suelo encontrados para los respectivos ensayos de laboratorio y además una clasificación visual del suelo en base a las normas ASTM D-2486.

**Tabla 2.** Resumen de los datos técnicos de la ubicación de las calicatas.

Datos técnicos Ubicación de Calicatas				
Calicatas N°	Profundidad (m)	Nivel Freatico (m)	Coodenadas WGS 84	
			Este (m)	Norte (m)
C-01	1.50	NA	0269564	8672469
C-02	1.50	NA	0269503	8672468

Fuente: elaboración propia.

La finalidad de realizar las exploraciones de cielo abierto (calicatas) fueron:

- Extraer las muestras de los extractos del suelo encontrados para los respectivos ensayos de laboratorios.
- Hacer una clasificación de forma visual y manual de los extractos de los suelos encontrados en base a las normas ASTM D-2486.

## Ensayos de laboratorio

Las muestras extraídas del suelo, fueron debidamente identificadas, embaladas y enviadas al laboratorio para sus respectivos ensayos cumpliendo las normas internacionales vigentes para así obtener resultados confiables. Para lo cual, lo esperado es de conocer sus características físicas y mecánicas del suelo en la zona de estudio.

Los ensayos que fueron realizados de acuerdo a la norma ASTM (American Society For Testing and Materials) fueron:

- ❖ Análisis Granulométrico por Tamizado norma ASTM D-422.
- ❖ Límites de Atterberg norma ASTM D-4318.
- ❖ Ensayo de Contenido de Humedad norma ASTM D-2216.
- ❖ Ensayo de Clasificación de Suelos normas SUSC y AASTHO.
- ❖ Ensayo de Proctor Modificado norma ASTM D-1557
- ❖ Ensayo de CBR California Bearing Ratio norma ASTM D-1883

## Clasificación de los Suelos

Las muestras de las calicatas obtenidas se han clasificado de acuerdo al SUSC (Sistema Unificado de Clasificación), y a la norma AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Por lo cual, permite explicar la estructura y el tamaño de las partículas de un suelo, (tablas 3 y 4).

**Tabla 3.** Cuadro Resumen de la Calicata N° 01.

Calicatas N°	Profundidad (m)	Muestra	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL	IP	Clasificación SUSC	Clasificación AASTHO	Tipo de Terreno
C-01	0.00 - 0.60	M1	2.1	49.8	48.1	28	16	SC	A-6 (3)	Normal
C-01	0.60 - 0.90	M2	0	46.3	53.7	N.P.	N.P.	ML	A-4 (4)	Normal
C-01	0.90 - 1.50	M3	4.0	14.8	81.2	36	2	CL	A-6 (9)	Normal

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4.** Cuadro Resumen de la Calicata N° 02.

Calicatas N°	Profundidad (m)	Muestra	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL	IP	Clasificación SUCS	Clasificación AASTHO	Tipo de Terreno
C-02	0.00-0.60	M1	0	53.1	46.9	N.P.	N.P.	SM	A-4(2)	Normal
C-02	0.60-1.50	M2	1.3	44.0	54.7	25	19	CL-ML	A-4(4)	Normal

Fuente: elaboración propia.

### **Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado Norma ASTM D-422**

De las muestras extraídas de las calicatas C-01 y C-02, con el fin de conocer su clasificación se desarrollaron los ensayos granulométricos por tamizado norma ASTM-D22, cuyo proceso en el laboratorio comprende con la ayuda de tamices estandarizados, se permite conocer las dimensiones de las distintas partículas que componen el suelo.

Los resultados obtenidos de las calicatas fueron:

#### **Calicata 01**

El primer extracto se conforma por arena arcillosa mezclas entre arena-arcilla (SC), cuya granulométrica se clasifica con grava con un 2.1%, arena con 49.8%, y finos con un 48.1, hasta una altura de 0.00 a 0.60m.

Luego se hayo un suelo conformado de limo inorgánico de baja plasticidad (ML), cuya granulométrica se clasifica con grava con un 0%, arena con 46.3%, y finos con un 53.7, hasta una altura de 0.60 a 0.90m.

Subyaciendo se hayo un suelo conformado por arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL), cuya granulométrica se clasifica con grava con un 44.0%, arena con 14.8%, y finos con un 81.2, hasta una profundidad de 0.90 a 1.50m.

#### **Calicata 02**

El primer extracto se conforma por arena limosa mezclas entre arena y limo (SM), cuya granulométrica se clasifica con grava con un 0%, arena con 53.1%, y finos con un 46.9, hasta una altura de 0.00 a 0.60m.

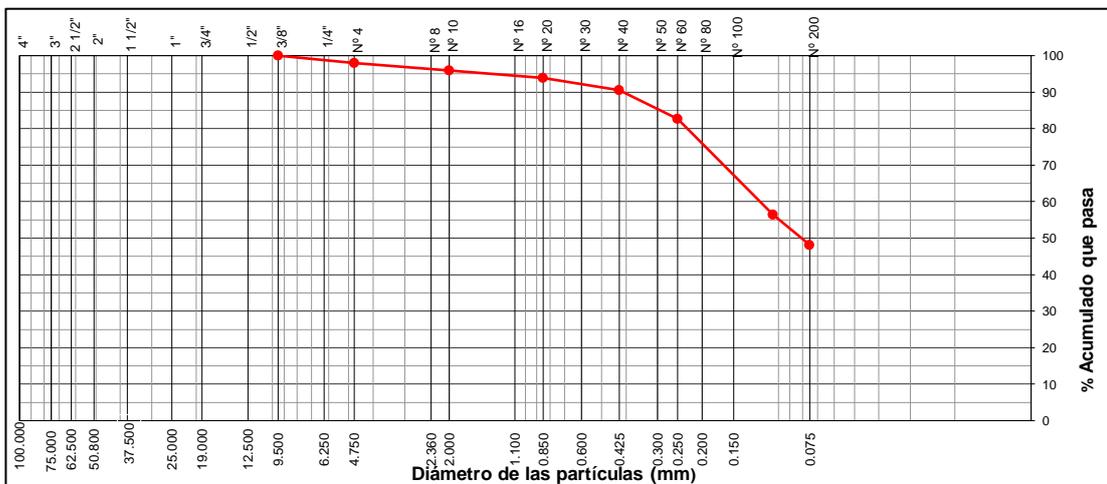
Subyaciendo se hayo un suelo conformado por arcillas y limos inorgánicos de baja plasticidad(CL-ML), cuya granulométrica se clasifica con grava con un 1.3%, arena con 44.0%, y finos con un 54.7, hasta una altura de 0.60 a 1.50m.

Se muestran las granulometrías presentes en las calicatas 01 y 02

**Tabla 5. Granulometría de Calicata C-01 - Muestra M1**

Tamiz	ABERTURA (mm)	% Acumulado que pasa
3/8"	9.500	100.0
Nº 4	4.7500	97.9
Nº 10	2.0000	96.0
Nº 20	0.8500	93.9
Nº 40	0.4250	90.5
Nº 60	0.2500	82.7
Nº 140	0.1050	56.5
Nº 200	0.0750	48.1

Fuente: elaboración propia.



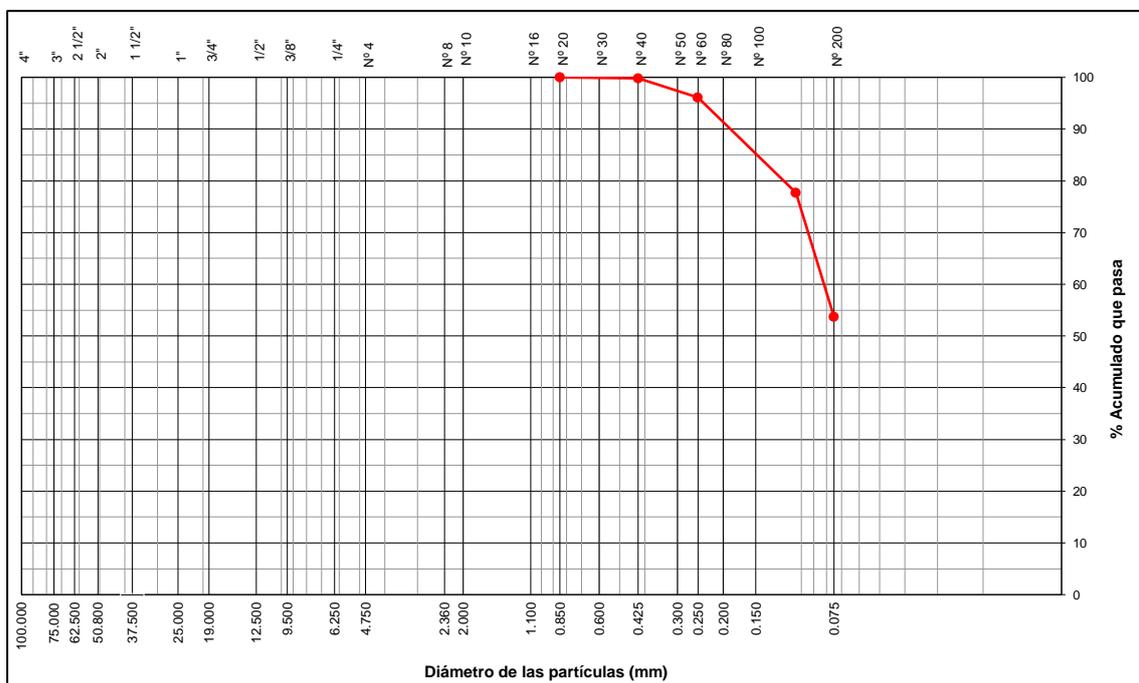
**Figura N° 5. Curva Granulométrica C-01 - M1.**

Fuente: elaboración propia

**Tabla 6. Granulometría de Calicata C-01 - Muestra M2.**

Tamiz	ABERTURA (mm)	% Acumulado que pasa
3/8"	9.500	100.0
Nº 4	4.7500	100.0
Nº 10	2.0000	100.0
Nº 20	0.8500	100.0
Nº 40	0.4250	99.8
Nº 60	0.2500	96.1
Nº 140	0.1050	77.7
Nº 200	0.0750	53.7

Fuente: elaboración propia.



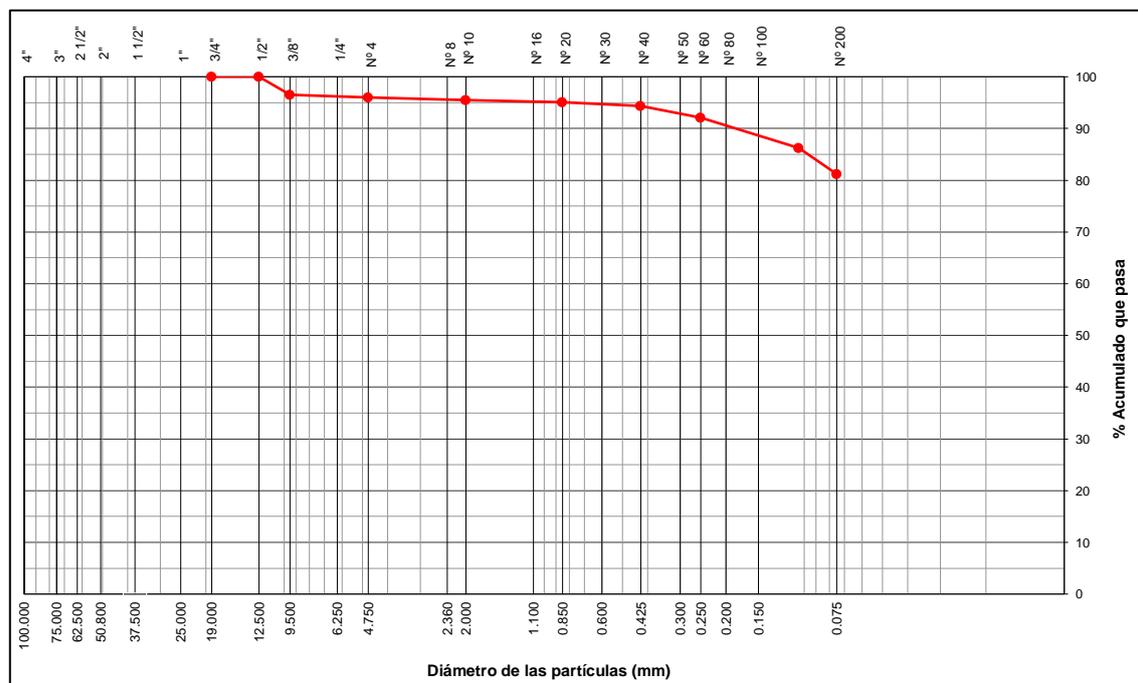
**Figura 6. Curva Granulométrica C-01 - Muestra M2.**

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 7. Granulometría de Calicata C-01 - Muestra M3**

Tamiz	ABERTURA (mm)	% Acumulado que pasa
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	96.5
Nº 4	4.7500	96.0
Nº 10	2.0000	95.5
Nº 20	0.8500	95.1
Nº 40	0.4250	94.3
Nº 60	0.2500	92.1
Nº 140	0.1050	86.2
Nº 200	0.0750	81.2

Fuente: elaboración propia.



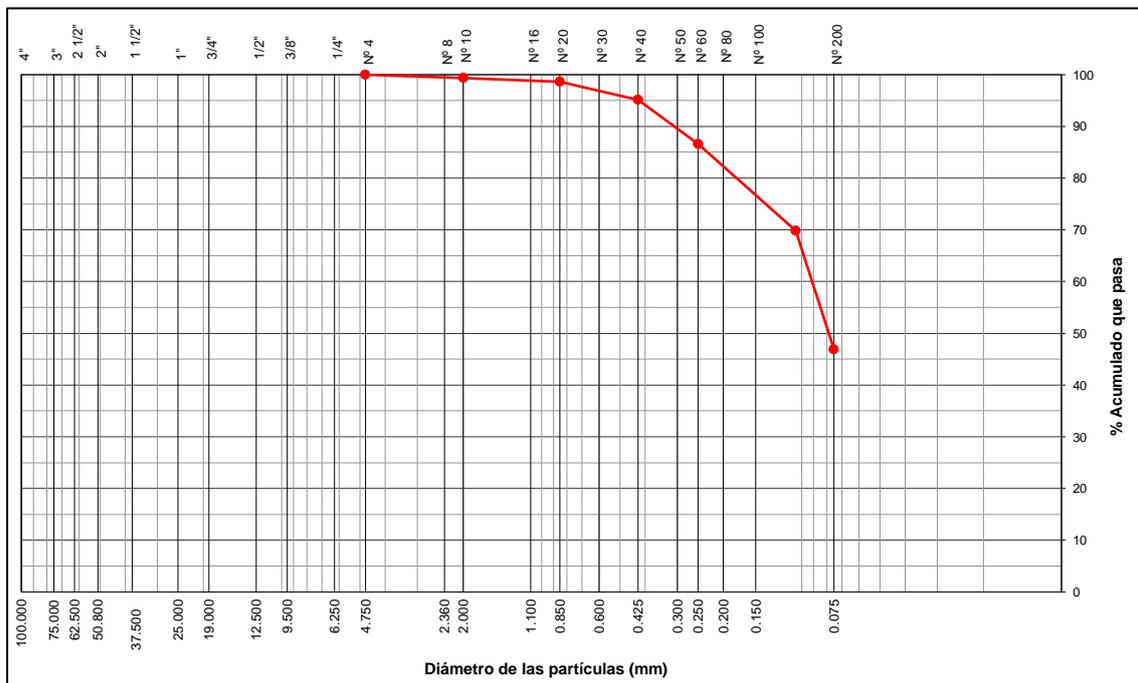
**Figura 7. Curva Granulométrica C-01 - Muestra M3.**

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 8. Granulometría de Calicata C-02 - Muestra M1.**

Tamiz	ABERTURA (mm)	% Acumulado que pasa
3/8"	9.500	100.0
Nº 4	4.7500	100.0
Nº 10	2.0000	99.4
Nº 20	0.8500	98.7
Nº 40	0.4250	95.1
Nº 60	0.2500	86.6
Nº 140	0.1050	69.9
Nº 200	0.0750	46.9

Fuente: elaboración propia.



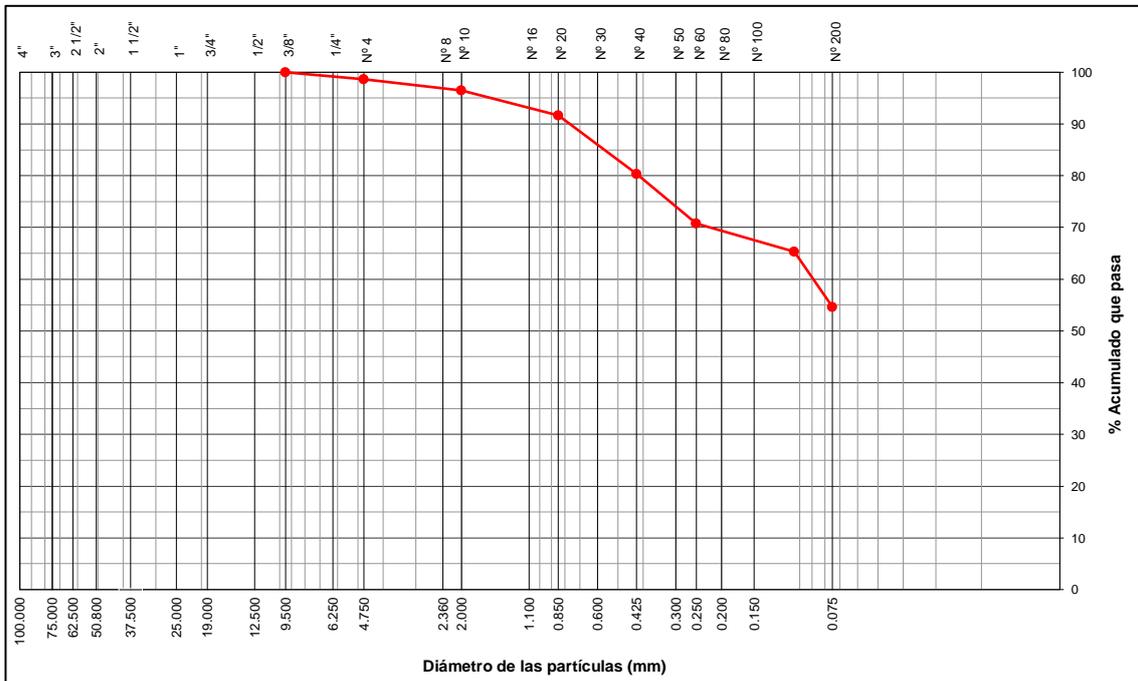
**Figura 8. Curva Granulométrica C-02 - Muestra M1.**

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 9. Granulometría de Calicata C-02 – Muestra M2**

Tamiz	ABERTURA (mm)	% Acumulado que pasa
3/8"	9.5000	100.0
Nº 4	4.7500	98.7
Nº 10	2.0000	96.5
Nº 20	0.8500	91.6
Nº 40	0.4250	80.4
Nº 60	0.2500	70.8
Nº 140	0.1050	65.3
Nº 200	0.0750	54.7

Fuente: elaboración propia.



**Figura 9. Curva Granulométrica C-02 - Muestra M2.**

Fuente: elaboración propia.

### Límites de Atterbergg ASTM D-4318

De las muestras C-01 y C-02, se realizaron los ensayos de Límites de Atterbergg con la finalidad de conocer los valores de los límites líquidos (LI), límites plásticos (LP) e índice de plasticidad (IP), cabe a indicar que de la calicata C-01 muestra M2 y C-02 muestra M1, No presenta Límites.

**Tabla 10. Límites de Calicata C-01 - Muestra M1**

LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLÁSTICO		
Prueba N°	1	2	3	Prueba N°	1	2
Recipiente N°	4	5	6	Recipiente N°	7	8
N° de golpes	18	26	34	Recipiente + Suelo Húmedo	27.99	30.21
Recipiente + Suelo Húmedo	53.64	37.35	51.99	Recipiente + Suelo Seco	26.36	28.56
Recipiente + Suelo Seco	51.15	34.56	49.51	Peso del Agua (gr)	1.63	1.65
Peso del Agua (gr)	2.49	2.79	2.48	Peso de Recipiente	16.21	18.35
Peso de Recipiente	42.47	24.64	40.58	Peso de Suelo Seco (gr)	10.15	10.21
Peso de Suelo Seco (gr)	8.68	9.92	8.93	% de Humedad	16.06	16.16
% de Humedad	28.69	28.13	27.77	% de Humedad Promedio	16	
% de Humedad Promedio	28			INDICE DE PLÁSTICIDAD (IP = LL-LP)	12	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 11. Límites de Calicata C-01 - Muestra M3**

LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLÁSTICO		
Prueba N°	1	2	3	Prueba N°	1	2
Recipiente N°	1	2	3	Recipiente N°	9	10
N° de golpes	20	26	32	Recipiente + Suelo Húmedo	49.17	46.33
Recipiente + Suelo Húmedo	42.00	37.38	41.85	Recipiente + Suelo Seco	47.63	44.87
Recipiente + Suelo Seco	34.75	31.17	34.66	Peso del Agua (gr)	1.54	1.46
Peso del Agua (gr)	7.25	6.21	7.19	Peso de Recipiente	41.15	38.62
Peso de Recipiente	15.27	14.14	14.44	Peso de Suelo Seco (gr)	6.48	6.25
Peso de Suelo Seco (gr)	19.48	17.03	20.22	% de Humedad	23.77	23.36
% de Humedad	37.22	36.47	35.56	% de Humedad Promedio	24	
% de Humedad Promedio	36			INDICE DE PLÁSTICIDAD (IP = LL-LP)	13	

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 12. Límites de Calicata C-02- Muestra M2**

LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLÁSTICO		
Prueba N°	1	2	3	Prueba N°	1	2
Recipiente N°	12	13	14	Recipiente N°	4	5
N° de golpes	34	26	19	Recipiente + Suelo Húmedo	38.59	39.77
Recipiente + Suelo Húmedo	45.63	48.34	48.92	Recipiente + Suelo Seco	37.29	38.54
Recipiente + Suelo Seco	42.53	45.16	45.55	Peso del Agua (gr)	1.30	1.23
Peso del Agua (gr)	3.1	3.18	3.37	Peso de Recipiente	30.81	32.43
Peso de Recipiente	30.22	33.04	33.17	Peso de Suelo Seco (gr)	6.48	6.11
Peso de Suelo Seco (gr)	12.31	12.12	12.38	% de Humedad	20.06	20.13
% de Humedad	25.18	26.24	27.22	% de Humedad Promedio	20	
% de Humedad Promedio	26			INDICE DE PLÁSTICIDAD (IP = LL-LP)	6	

Fuente: Elaboración Propia

## Contenido de Humedad ASTM D-2216

De las calicatas C-01 y C-02, se realizaron los ensayos de Contenido de Humedad indicando el grado de humedad óptima de las muestras obtenidas (tabla 13 y 14).

**Tabla 13.** *Contenido de Humedad Calicata C-01*

Calicata / Muestra	C 01 - M1	C 01 - M2	C 01 - M3
Prueba N°	1	1	1
Recipiente + Suelo Húmedo	839.7	653.2	617.0
Recipiente + Suelo Seco	731.2	576.0	562.6
Peso del Agua (gr)	108.5	77.2	54.4
Peso de Recipiente	0.0	0.0	0.0
Peso de Suelo Seco (gr)	731.2	576.0	562.6
% de Humedad	<b>14.8</b>	<b>13.4</b>	<b>9.7</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 14.** *Contenido de Humedad Calicata C-02*

Calicata / Muestra	C 02 - M1	C 01 - M2
Prueba N°	1	1
Recipiente + Suelo Húmedo	620.0	220.0
Recipiente + Suelo Seco	572.8	195.4
Peso del Agua (gr)	47.2	24.6
Peso de Recipiente	0.0	0.0
Peso de Suelo Seco (gr)	572.8	195.4
% de Humedad	<b>8.2</b>	<b>12.6</b>

Fuente: Elaboración Propia.

## Clasificación de Suelos SUSC y AASTHO

Para realizar la clasificación de suelos se respetó las normas SUSC y AASTHO, de las calicatas obtenidas en la zona de estudio Avenida Canta Callao y Avenida Elmer Faucett.

## **Calicata C-01**

Muestra M1, se determinó su clasificación:

- Grava %: 2.05
- Arena %: 49.81
- Limos y Arcillas %: 48.14
- Clasificación SUCS: SC
- Clasificación AASHTO: A-6 (3)

Muestra M2, se determinó su clasificación:

- Grava %: -
- Arena %: 46.32
- Limos y Arcillas %: 53.68
- Clasificación SUCS: ML
- Clasificación AASHTO: A-4 (4)

Muestra M3, se determinó su clasificación:

- Grava %: 4.03
- Arena %: 14.78
- Limos y Arcillas %: 81.19
- Clasificación SUCS: CL
- Clasificación AASHTO: A-6 (9)

## **Calicata C-02**

Muestra M1, se determinó su clasificación:

- Grava %: -
- Arena %: 53.08
- Limos y Arcillas %: 46.92
- Clasificación SUCS: SM
- Clasificación AASHTO: A-4 (2)

Muestra M2, se determinó su clasificación:

- Grava %: 1.3
- Arena %: 44.04
- Limos y Arcillas %: 54.66
- Clasificación SUCS: ML-CL
- Clasificación AASHTO: A-4 (4)

	Gravas bien graduadas, grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares.	SM	Mezclas finas en plasticidad o con plasticidad muy baja.
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco nada de material fino.	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillosas.
	Gravas limosas, mezcla de grava-arena limosa.	ML	Limos orgánicas y arenas muy finas, poco de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limas arcillosas con ligra plasticidad.
	Gravas arcillosas, mezcla de grava-arena-arcilla grava con material fino cantidad apreciable de material fino.	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a mediana, arcillas gruesas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas negras.
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arenas limosas poco o nada, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaño intermedios.	OL	Limos orgánicas y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.	MH	Limo inorgánicas suelos finos gruesos o limosa, arcillas o dolomitas, limas silíceas.

	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas.
	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limas orgánicas.
	Turba, suelos considerablemente orgánicos.

Figura 10. Clasificación SUCS

Fuente: MTC, sección suelos y pavimentos, 2014.

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Figura 11. Clasificación AASTHO.

Fuente: MTC, sección suelos y pavimentos, 2014.

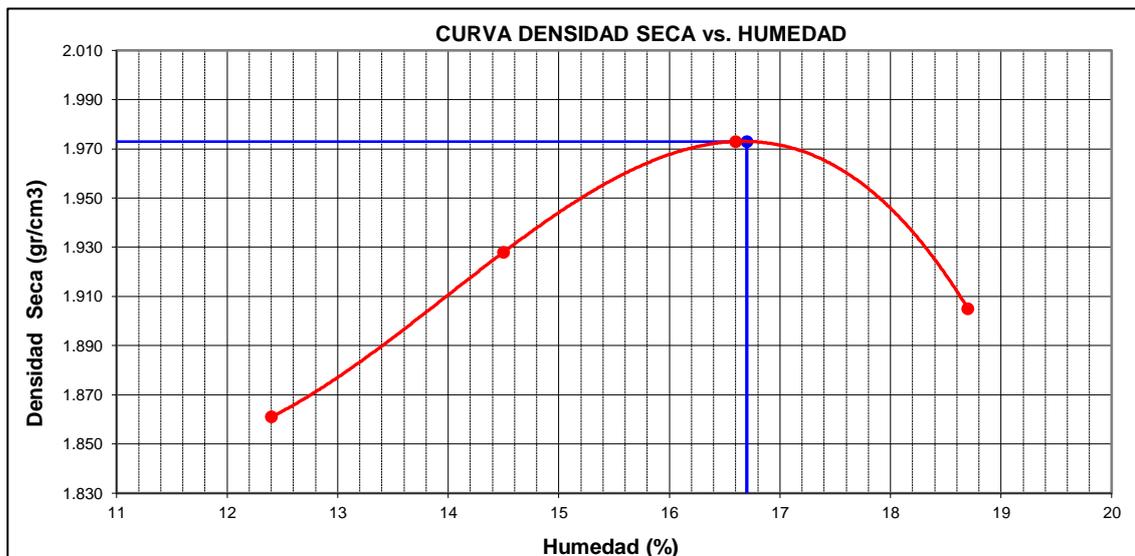
### Protocolo Modificado ASTM D-1557

De los ensayos realizados del Protocolo Modificado utilizando energía modificada se obtuvo su máxima densidad y su humedad óptima de las muestras ensayadas en el laboratorio Calicata 01 – muestra M3, Calicata 02 – muestra M2.

**Tabla 15. Proctor modificado Calicata C01 - M3**

C O M P A C T A C I O N				
Prueba N°	1	2	3	4
N° de capas	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	56	56	56
Peso del Molde + Suelo Compactado (gr.)	10839	11081	11279	11195
Peso del Molde (gr.)	6435	6435	6435	6435
Peso del Suelo Compactado (gr.)	4404	4646	4844	4760
Volumen del Molde (cm³)	2105	2105	2105	2105
Densidad Húmeda (gr/cm³)	2.092	2.207	2.301	2.261
C O N T E N I D O D E H U M E D A D				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + Suelo Húmedo (gr.)	579.1	689.5	611.8	639.3
Tara + Suelo Seco (gr.)	515.2	602.1	524.7	538.6
Peso del Agua (gr.)	63.9	87.4	87.1	100.7
Peso de Tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de Suelo Seco (gr.)	515.2	602.1	524.7	538.6
Contenido de Humedad (%)	12.4	14.5	16.6	18.7
Densidad Seca (gr/cm³)	1.861	1.928	1.973	1.905
	<b>Densidad maxima (gr/cm3)</b>			<b>1.973</b>
	<b>Humedad óptima (%)</b>			<b>16.7</b>

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 12. Relación Densidad Seca y Humedad C01 - M3.*

Fuente: Elaboración Propia.

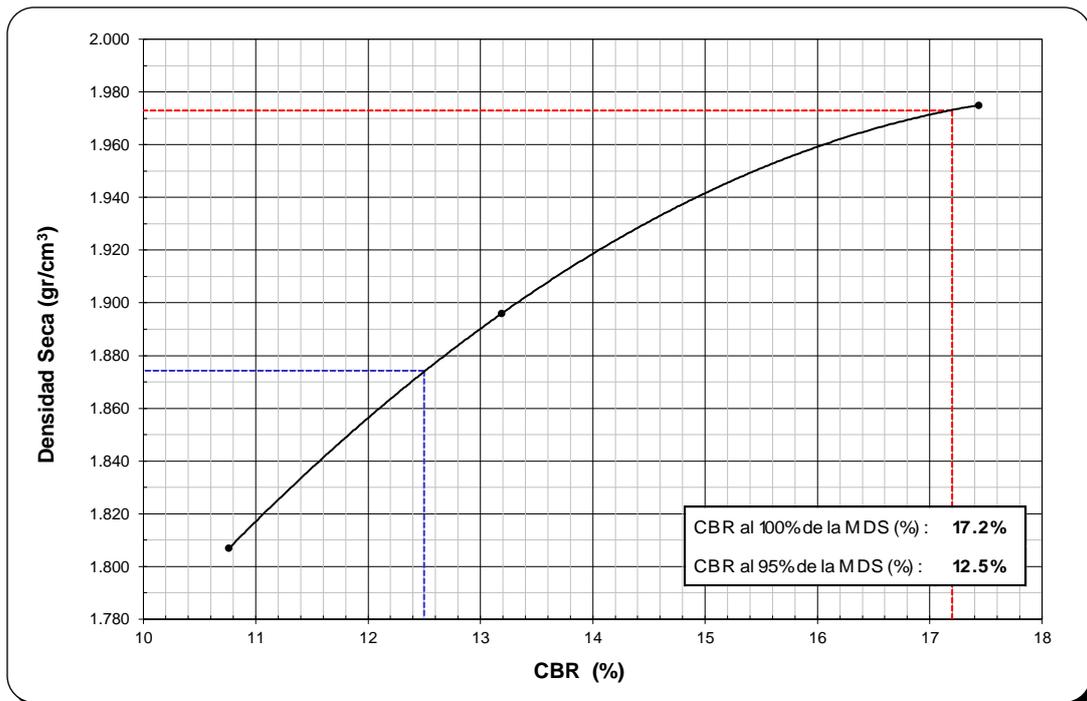
## CBR (California Bearing Ratio) Norma ASTM D-1883

Asimismo, para realizar el ensayo de California Bearing Ratio (CBR), con el fin de obtener la capacidad portante del terreno. Por ser materiales semejantes entre las muestras C01 y C02, se tomó la muestra de la Calicata C02 - M2.

**Tabla 16. Penetración Calicata C02 - M2**

PENETRACIÓN EN MILÍMETROS	PRESIÓN PATRÓN	MOLDE 1				MOLDE 2				MOLDE 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		DIAL	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	DIAL	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	DIAL	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.635		25.6	1.3			20.8	1.1			16.9	0.9		
1.270		85.2	4.4			64.4	3.3			52.3	2.7		
1.905		117.1	6.1			88.5	4.6			71.9	3.7		
2.540	70.5	167.6	9.7	12.3	17.4	141.8	7.4	9.3	13.2	115.2	6.0	7.6	10.8
3.810		271.6	14.1			205.3	10.7			166.8	8.7		
5.080	105.7	416.1	21.6			314.5	16.3			255.5	13.3		
6.350		510.5	26.5			385.9	20.1			312.5	16.2		
7.620		626.3	32.5			473.4	24.6			384.6	20.0		
10.160		849.6	44.1			642.2	33.4			521.7	27.1		
12.700		1011.8	52.6			764.8	39.7			621.3	32.3		

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 13. Curva de CBR C02 - M2.**

Fuente: elaboración propia.

## Estudio de Tráfico Vehicular

Para realizar el estudio de conteo y clasificación vehicular se tuvo que ir a la zona de estudio Av. Canta Callao y Av. Elmer Faucett, se efectuó el conteo de los vehículos de acuerdo al formato del MTC durante una semana desde las 7:00 am hasta 7:00 pm, como se muestra en el siguiente tabla:

**Tabla 17.** *Periodo de conteo de Trafico*

PERIODO	HORARIO DE CONTEO
domingo 9 de Mayo de 2021	7:00 am a 7:00 pm
lunes 10 de Mayo de 2021	7:00 am a 7:00 pm
martes 11 de Mayo de 2021	7:00 am a 7:00 pm
miércoles 12 de Mayo de 2021	7:00 am a 7:00 pm
jueves 13 de Mayo de 2021	7:00 am a 7:00 pm
viernes 14 de Mayo de 2021	7:00 am a 7:00 pm
sábado 15 de Mayo de 2021	7:00 am a 7:00 pm

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se muestra el resumen del conteo vehicular que fueron obtenidos de la zona de estudio:

**Tabla 18. Conteo y Clasificación Vehicular**

Día / Ubicación		Automóvil	S. Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitraylers						Traylers			
				Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
																							
Domingo 09/05/2021	Av. Faucett - Av Canta Callao	800	368	384	0	80	200	0	0	0	128	56	0	0	0	0	0	128	240	0	0	0	0
	Av Canta Callao - Av. Faucett	664	16	56	8	144	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>1464</b>	<b>384</b>	<b>440</b>	<b>8</b>	<b>224</b>	<b>304</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>128</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>128</b>	<b>240</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Lunes 10/05/2021	Av. Faucett - Av Canta Callao	3840	800	816	40	776	880	664	24	0	824	632	0	176	24	0	0	352	800	24	0	0	0
	Av Canta Callao - Av. Faucett	3056	656	744	208	656	480	624	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>6896</b>	<b>1456</b>	<b>1560</b>	<b>248</b>	<b>1432</b>	<b>1360</b>	<b>1288</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>824</b>	<b>632</b>	<b>0</b>	<b>176</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>352</b>	<b>800</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Martes 11/05/2021	Av. Faucett - Av Canta Callao	5776	1232	1496	160	1320	960	896	32	0	944	448	0	112	160	0	0	432	840	64	0	0	0
	Av Canta Callao - Av. Faucett	5896	1472	1640	424	1248	424	536	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>11672</b>	<b>2704</b>	<b>3136</b>	<b>584</b>	<b>2568</b>	<b>1384</b>	<b>1432</b>	<b>104</b>	<b>0</b>	<b>944</b>	<b>448</b>	<b>0</b>	<b>112</b>	<b>160</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>432</b>	<b>840</b>	<b>64</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Miercoles 12/05/2021	Av. Faucett - Av Canta Callao	4480	1176	1136	256	1120	1040	880	16	0	1048	592	24	0	8	0	0	136	960	0	0	0	0
	Av Canta Callao - Av. Faucett	5240	1080	1080	224	1104	504	584	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>9720</b>	<b>2256</b>	<b>2216</b>	<b>480</b>	<b>2224</b>	<b>1544</b>	<b>1464</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>1048</b>	<b>592</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>136</b>	<b>960</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Jueves 13/05/2021	Av. Faucett - Av Canta Callao	5384	1080	1392	128	1104	1056	1024	64	0	1016	784	8	256	144	0	0	632	912	48	0	0	0
	Av Canta Callao - Av. Faucett	4816	1184	1224	368	1184	400	560	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>10200</b>	<b>2264</b>	<b>2616</b>	<b>496</b>	<b>2288</b>	<b>1456</b>	<b>1584</b>	<b>88</b>	<b>0</b>	<b>1016</b>	<b>784</b>	<b>8</b>	<b>256</b>	<b>144</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>632</b>	<b>912</b>	<b>48</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Viernes 14/05/2021	Av. Faucett - Av Canta Callao	5384	1168	1544	312	1192	1016	664	32	0	968	688	8	208	136	0	0	256	1024	40	0	0	0
	Av Canta Callao - Av. Faucett	5536	1112	1440	384	1032	384	592	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>10920</b>	<b>2280</b>	<b>2984</b>	<b>696</b>	<b>2224</b>	<b>1400</b>	<b>1256</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>968</b>	<b>688</b>	<b>8</b>	<b>208</b>	<b>136</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>256</b>	<b>1024</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Sabado 15/05/2021	Av. Faucett - Av Canta Callao	1608	168	192	192	208	136	344	16	0	312	216	0	0	8	0	0	216	384	0	0	0	0
	Av Canta Callao - Av. Faucett	1088	656	288	248	248	176	392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>2696</b>	<b>824</b>	<b>480</b>	<b>440</b>	<b>456</b>	<b>312</b>	<b>736</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>312</b>	<b>216</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>216</b>	<b>384</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración Propia

Hallando el Índice Medio Diaria Anual (IMDa), corresponde a la siguiente expresión.

$$IMDs = \frac{V_D + V_L + V_M + V_M + V_J + V_V + V_S}{7} \quad \Rightarrow \quad IMDa = IMDs * fe$$

**Tabla 19. Índice Medio Diario Anual**

Carretera		Año de estudio																		2021			
Tramo		Tiempo de estudio a la ejecución de proyecto																		1			
		TIPO DE PAVIMENTO																		Pavimento flexible			
		Ubicación																		Callao			
		Sentido																		Ambos			
		Factor de corrección estacional		Veh. Livianos		fe:		1.0621															
				Veh. Pesados		fe:		0.9777															
Día		Automóvil	S. Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitraylers					Traylers				
				Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
IMDs	Av. Faucett - Av Canta Callao	3896.0	856.0	994.3	155.4	828.6	755.4	638.9	26.3	0.0	748.6	488.0	5.7	107.4	68.6	0.0	0.0	307.4	737.1	25.1	0.0	0.0	0.0
	Av Canta Callao - Av. Faucett	3756.6	882.3	924.6	266.3	802.3	353.1	469.7	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total	7652.6	1738.3	1918.9	421.7	1630.9	1108.6	1108.6	42.3	0.0	748.6	488.0	5.7	107.4	68.6	0.0	0.0	307.4	737.1	25.1	0.0	0.0	0.0
IMDa	Av. Faucett - Av Canta Callao	3659.90	804.13	934.03	146.01	778.36	709.65	653.81	26.90	0.00	766.09	499.42	5.85	109.94	70.18	0.00	0.00	314.62	754.39	25.73	0.00	0.00	0.00
	Av Canta Callao - Av. Faucett	3528.92	828.82	868.54	250.15	753.67	331.74	480.71	16.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Total	7188.83	1632.95	1802.57	396.16	1532.03	1041.39	1134.51	43.28	0.00	766.09	499.42	5.85	109.94	70.18	0.00	0.00	314.62	754.39	25.73	0.00	0.00	0.00
<b>IMDa 2021</b>	<b>Total vehículos</b>	<b>7189</b>	<b>1633</b>	<b>1803</b>	<b>396</b>	<b>1532</b>	<b>1041</b>	<b>1135</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>766</b>	<b>499</b>	<b>6</b>	<b>110</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>315</b>	<b>754</b>	<b>26</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Tasa anual de crecimiento Vehículos livianos		r:		1.45 %		$T_n = T_0(1+r)^{n-1}$ <p>T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día                      T<sub>0</sub> = Tránsito actual (año base) en veh/día                      n = año futuro de proyección                      r = tasa anual de crecimiento de tránsito</p>																	
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados		r:		3.69 %																			
Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años)		n:		0																			
<i>Población futura de vehículos</i>																							
<b>IMDa 2021</b>	<b>Total</b>	<b>8011.8285</b>	<b>1819.6156</b>	<b>2008.8714</b>	<b>441.59685</b>	<b>1707.2449</b>	<b>1160.1774</b>	<b>1045.4239</b>	<b>39.540939</b>	<b>0</b>	<b>705.95043</b>	<b>460.02507</b>	<b>5.7864789</b>	<b>101.26338</b>	<b>64.615681</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>290.28836</b>	<b>695.34188</b>	<b>24.110329</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración Propia.

## ESAL de Diseño Para Pavimento Flexible

Para calcular el Factor direccional y factor de carril se debe conocer el factor de distribución expresado como la coherencia que existe al número de los vehículos pesados y el factor de distribución carril mencionado como una coherencia que soporta el mayor número de Ejes Equivalentes. Para el carril de diseño de un pavimento se debe de conocer el número de direcciones y también el número de carriles que existen en una calzada.

**Tabla 20. Factor Direccional y Factor de Carril.**

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

Fuente: Manual de Carreteras (MTC), 2014.

Para el análisis de los EE ejes equivalentes, se utilizó los valores reflejados en el Manual de Carreteras. Relación de la capacidad por Ejes para resolver los Ejes Equivalentes (EE) en Afirmados, Pavimentos Semirrígido y Flexibles.

**Tabla 21 Ejes Equivalentes.**

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

Fuente: Manual de Carreteras (MTC), 2014.

**Tabla 22. Ejes Equivalentes.**

TIPO DE VEHÍCULO		IMDA	TIPO	NUMERO	CARGA	"f" P.	f. IMDA
		2021	EJE	LLANTAS	EJE Tn	FLEXIBLE	FLEXIBLE
VEHICULOS LIGEROS	Autos	8011.83	SIMPLE	2	1	0.000527	4.2223662
		8011.83	SIMPLE	2	1	0.000527	4.2223662
	S. Wagon	1819.62	SIMPLE	2	1	0.000527	0.9589675
		1819.62	SIMPLE	2	1	0.000527	0.9589675
	Pick Up	2008.87	SIMPLE	2	1	0.000527	1.0587085
		2008.87	SIMPLE	2	1	0.000527	1.0587085
	Panel	441.60	SIMPLE	2	1	0.000527	0.2327288
		441.60	SIMPLE	2	1	0.000527	0.2327288
	Rural	1707.24	SIMPLE	2	1	0.000527	0.8997464
		1707.24	SIMPLE	2	1	0.000527	0.8997464
	Micros	1160.18	SIMPLE	2	1	0.000527	0.6114327
	1160.18	SIMPLE	2	1	0.000527	0.6114327	
OMNIBUS	2E	1045.42	SIMPLE	2	7	1.2653667	1322.8446
		1045.42	SIMPLE	4	11	3.238287	3385.3825
	3E	39.54	SIMPLE	2	7	1.2653667	50.03379
		39.54	TANDEM	6	16	1.3659445	54.010731
CAMIÓN	2E	705.95	SIMPLE	2	7	1.2653667	893.2862
		705.95	SIMPLE	4	11	3.238287	2286.0701
	3E	460.03	SIMPLE	2	7	1.2653667	582.10043
		460.03	TANDEM	8	18	2.0192135	928.88882
	4E	5.79	SIMPLE	2	7	1.2653667	7.322018
		5.79	TRIDEM	10	23	1.5081836	8.7270726
SEMITRAYLERS	2S1	101.26	SIMPLE	2	7	1.2653667	128.13532
		101.26	SIMPLE	4	11	3.238287	327.91989
		101.26	SIMPLE	4	11	3.238287	327.91989
	2S2	64.62	SIMPLE	2	7	1.2653667	81.762535
		64.62	SIMPLE	4	11	3.238287	209.24412
		64.62	TANDEM	8	18	2.0192135	130.47285
	3S2	290.29	SIMPLE	2	7	1.2653667	367.32124
		290.29	TANDEM	8	18	2.0192135	586.15416
		290.29	TANDEM	8	18	2.0192135	586.15416
	>=S3	695.34	SIMPLE	2	7	1.2653667	879.8625
		695.34	TANDEM	8	18	2.0192135	1404.0437
		695.34	TRIDEM	12	25	1.7060262	1186.2715
TRAYLERS	2T2	24.11	SIMPLE	2	7	1.2653667	30.508408
		24.11	SIMPLE	4	11	3.238287	78.076164
		24.11	SIMPLE	4	11	3.238287	78.076164
		24.11	SIMPLE	4	11	3.238287	78.076164

Fuente: Elaboración Propia.

Para dar cumplimiento al objetivo correspondiente a la determinación del espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett sin la utilización de geomalla triaxial.

### Calculo del ESAL

Expresado por la siguiente fórmula:

$$\#EE = 365 * (\Sigma f. IMDa) * Fd * Fc * Fca$$

Donde:

IMDa: Índice Medio Diario Anual

Fd: Factor Direccional

Fc: Factor de Carril

Fca: Factor Fca de Vehículos Pesados

**Tabla 23. Diseño ESAL**

Pavimento flexible		
Tasa anual de crecimiento Vehiculos pesados	r:	3.69 %
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehiculos pesados $Factor Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca	28.84
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido		2 calzadas con separador central, 2 sentidos, 3 carriles por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	0.30
Número de ejes equivalentes (ESAL)	ESAL	50 570 854

Fuente: Elaboración Propia.

## Diseño para Pavimento Flexible Método Guía AASHTO 93

Para la metodología de diseño del pavimento esta debe ser diseñada para cumplir con los requerimientos del tráfico durante su vida útil, asimismo se debe pronosticar su crecimiento en relación a las obligaciones de los cálculos estructurales del pavimento.

La Avenida Canta Callao y la Av. Elmer Faucett, tiene un tránsito vehicular compuesto por vehículos ligeros, ómnibus, camiones, semitrailers y trailers los cuales circulan regularmente por esta vía.

Para diseñar una vía que será estudiada se utilizará la metodología Guide for Design of Pavement Structures (AASHTO 1993), el cual es mayormente condicionado a estos dos criterios básicos:

- a) Los esfuerzos del parque automotor aplicadas al pavimento.
- b) Las propiedades de la subrasante sobre la que se va diseñar la estructura del pavimento.

Para realizar los diseños de las alturas de la estructura del pavimento flexible se tiene que conocer los parámetros mencionados anteriormente y se debe calcular resolviendo la siguiente ecuación:

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

Donde:

- $W_{18}$  : Número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL)
- $Z_R$  : Confiabilidad
- $S_0$  : Desviación estándar
- $SN$  : Numero estructura
- $\Delta PSI$  : Perdida de servicialidad
- $M_R$  : Módulo resiliente de la subrasante

Para realizar la fórmula para diseñar la estructura del pavimento flexible se debe de conocer los resultados del ESAL y el CBR.

1. Cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento

$$\text{ESAL (W18)} = 50\ 570\ 853.85$$

2. Suelo de la Sub Rasante

$$\text{CBR} = 12.5 \%$$

3. Módulo de Resilencia

$$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

$$\text{Mr} = 12\ 865.10$$

4. Tipo de Trafico (en función del ESAL)

**Tabla 24.** *Numero de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes*

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
TP15	> 30'000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras

$$\text{Tipo} = \text{TP15}$$

5. Numero de Etapas

$$\text{Etapas} = 1$$

## 6. Nivel de confiabilidad

**Tabla 25.** Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	<b>T<sub>P0</sub></b>	<b>100,000</b>	<b>150,000</b>	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	95%

Fuente: Manual de Carreteras (MTC), 2014.

**Conf. = 95%**

## 7. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal

**Tabla 26.** Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	100,001	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		-1.645

Fuente: Manual de Carreteras (MTC), 2014.

Zr = -1.645

8. Desviación estándar combinado: para el AASSTHO recomienda usar para los pavimentos flexibles los valores comprendidos de 0.40, .50. Para el Manual de Carreteras el valor recomendado es 0.45.

**So = 0.45**

9. Indicador de serviciabilidad Inicial de acuerdo al rango del tráfico: para el manual de carreteras es una vía recién construida.

**Tabla 27. Índice de Serviciabilidad Inicial Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	3.00
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	4.00
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	4.00
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	4.00
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	4.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	4.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	4.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		4.20

Fuente: Manual de Carreteras (MTC), 2014.

**PI = 4.20**

10. Indicador de serviciabilidad final de acuerdo al rango del tráfico: Para el manual de Carreteras es una vía que necesita mejoramiento o alguna rehabilitación o construcción.

**Tabla 28. Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	2.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	2.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	2.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	3.00
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	3.00
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	3.00
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		3.00

Fuente: Manual de Carreteras (MTC), 2014.

**Pt = 3.00**

11. Diferencial de serviciabilidad de acuerdo al rango del tráfico: es la desigualdad que existe entre la serviciabilidad inicial y final.

**Tabla 29. Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$  PSI) Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	1.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	1.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	1.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	1.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	1.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	1.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	1.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	1.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	1.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	1.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	1.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	1.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	1.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		1.20

Fuente: Manual de Carreteras (MTC), 2014.

**$\Delta$  PSI = 1.20**

12. Número Estructural Requerida (SNR): buscando una solución para resolver la ecuación se realizó una hoja de cálculo.

**Tabla 30.** *Calculo del SN*

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL (W18)		50 570 854
Suelo de la subrasante	CBR =		12.5 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	$M_r(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	M <sub>R</sub> (psi)=	12865.10
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo:	TP15
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		conf.	95.0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal		Z <sub>R</sub>	-1.645
Desviación estandar combinado		S <sub>o</sub>	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		P <sub>i</sub>	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		P <sub>t</sub>	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		ΔPSI	1.2
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$			
Número estructural requerido	<b>Calcular SN</b>	SNR=	6.119

Fuente: Elaboración Propia

13. Coeficientes estructurales de las capas

$$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Donde:

a<sub>1</sub> a<sub>2</sub> a<sub>3</sub> = coeficientes estructurales de las capas superficiales, base y sub-base.

d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>3</sub> = espesores (cm) de las capas superficiales, base y sub-base.

m<sub>2</sub> m<sub>3</sub> = coeficientes de drenaje para las capas de base y sub-base.

Para el manual de carreteras arroja los siguientes valores de los coeficientes estructuras.

**Tabla 31. Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento  $a_i$**

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2.965 MPa (430.000 PSI) a 20 °C (68 °F)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	$a_1$	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SubBase</b>			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq$ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras (MTC), 2014.

14. Factor de Drenaje para materiales granulares Base y Sub-base no analizados en pavimentos flexibles, para el manual de carreteras asumió que las secciones estructurales del pavimento el factor de drenaje para los espesores de base y sub-base, es de 1.00

**Tabla 32. Cálculo para los espesores de las capas**

Coeficientes estructurales de las capas		
CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.047

Coeficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles		
	m2	m3
	1	1

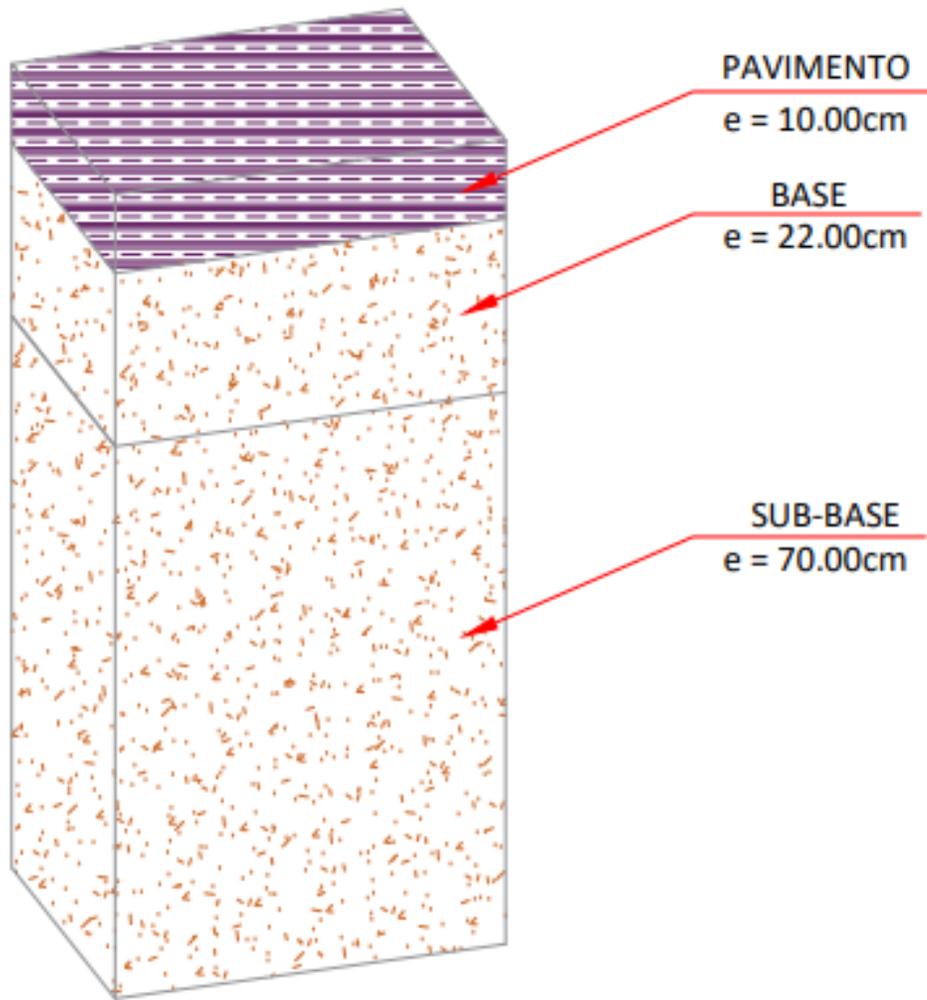
Cálculo de espesores de las capas		
d1	d2	d3
10 cm	22 cm	70 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	6.119	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	6.18	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de la distribución de los espesores sin incluir Geomallas Método AASHTO 93.



*Figura 14.* Estructura de Pavimento

Fuente: elaboración propia.

## **Diseño de pavimentos con reforzamiento de geomallas Metodología AASHTO**

Para realizar los procedimientos tradicionales se presentan nuevos desafíos la utilización de usos de geosintéticos entre ellas las geomallas y las geoceldas, han permitido a los ingenieros, el uso más eficaz de los recursos en los proyectos de pavimentación. La utilización de una geomalla como reforzamiento produce muchos beneficios para una obra ya que incrementa la capacidad portante de un suelo, a su vez reduce las posibles deflexiones de la subrasante.

Para el presente proyecto se hicieron los estudios referidos para la implementación de una geomalla triaxial para reforzar la estructura del pavimento.

### **Geomallas triaxiales para el refuerzo de pavimentos**

Para las subrasante pobres de baja capacidad portante para que puedan ser estabilizadas de forma mecánica, entre los resultados más eficaces se encuentra la utilización de las geomallas (Tensar, 2013). Con la utilización de una geomalla triaxial se desarrollará un mejoramiento de resistencia mecánica que brinda la base granular, por ende, el uso de una geomalla tiene más influencia directa en el cálculo estructural en la metodología en pavimentos flexibles. Es por ello, existen tres formas de realizarlo y son el confinamiento lateral, mejora de la capacidad portante y por último el efecto membrana tensionada (ETL 1110-1-189).

### **Confinamiento lateral en base y sub-base**

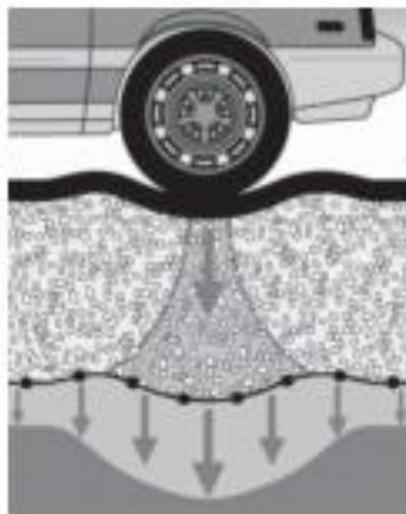
Esto se logra a través del rozamiento y la relación de los materiales granulares con el refuerzo. Esto se muestra debido a que su módulo de los materiales granulares depende de la circunstancia de los esfuerzos, que cuando aumenta su confinamiento lateral también aumenta su módulo del material granular sobre la geomalla.



*Figura 15.* Confinamiento Lateral generado por la geomalla en un material granular.  
Fuente: Manual de Diseño con Geosintéticos, 2014.

### **Mejoramiento de la capacidad portante**

Esto se logra cuando el terreno de la subrasante tiene una baja capacidad portante es desplazado hacia la capa granular que está compuesta por la base y sub-base de mucha más resistencia, disminuyendo las cargas verticales.



*Figura 16.* Mejoramiento de la Capacidad Portante al emplear una Geomalla de Refuerzo.

Fuente: Manual de Diseño con Geosintéticos, 2014.

## Efecto membrana tensionada

Esto se origina por las propiedades del material elongado es flexible al tomar una forma de curva causa efecto de las caras verticales, la fuerza normal sobre la parte cóncava es mucho mayor que la fuerza que hay sobre la parte convexa, lo cual se convierte en esfuerzos transmitidos por la geomalla a la subrasante es mucho más bajo que la fuerza vertical transmitido hacia la geomalla. Asimismo, este mecanismo de deformación ocurre mucho más en niveles con mucha altura como los que ocurren en vías que no son pavimentadas después de muchas cargas vehiculares.

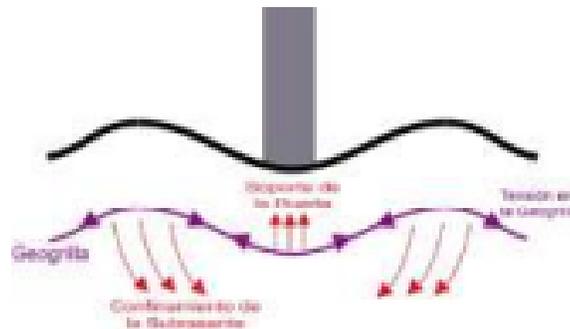


Figura 17. Efecto de membrana tensionada.

Fuente: Valencia, 2009.

Al colocar la geomalla triaxial dentro de la base granular y sub-base granular, los agregados gruesos del material de granular penetran los agujeros triangulares de una geomalla así reduce la inestabilidad y los movimientos laterales. Este entremezclado de forma mecánica absorbe las fuerzas verticales encima de la geomalla el cual permite que se haga un arco debajo y así la carga aumentada de esta forma su capacidad de soporte.

En conclusión, las geomallas triaxiales trabajan como pieza estructural transmitiendo las cargas a bajas deformaciones e impide los movimientos laterales de los agregados gruesos.



Figura 18. Estructura de las geomallas triaxiales. Fuente: Geomalla Tensor Triax.

### Metodología de diseño con geomallas

Para realizar una variación a la metodología del AASHTO para emplear geomallas para reforzar la estructura del pavimento, se han realizados ensayos empíricos los cuales los resultados logrados en el transcurso de los análisis de la estructura con reforzamiento de la geomalla y sin reforzar. Las variables que se desarrollaron fueron: resistencia a la subrasante (California Bearing Ratio), las alturas de las capas granulares y resistencia a la tensión de una geomalla ejes equivalentes (ESAL). A continuación, se muestra la vía que fue construido para realizar los ensayos y obtener los resultados confiables.

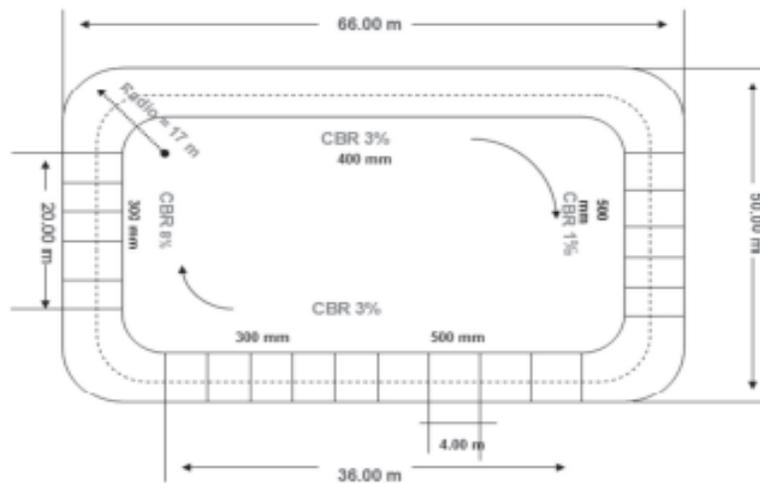


Figura 19. Vía utilizada para el ensayo.

Fuente: Geomalla Tensor Triax.

Se indica la curva de mejora de tráfico los cuales provienen del uso de las geomallas, esos valores se le denomina (TIF) Traffic Improvement Ratio, el cual se puede visualizar los valores de California Bearing Ratio (CBR) mínimos al 5% el TIF el cual aumenta considerablemente.

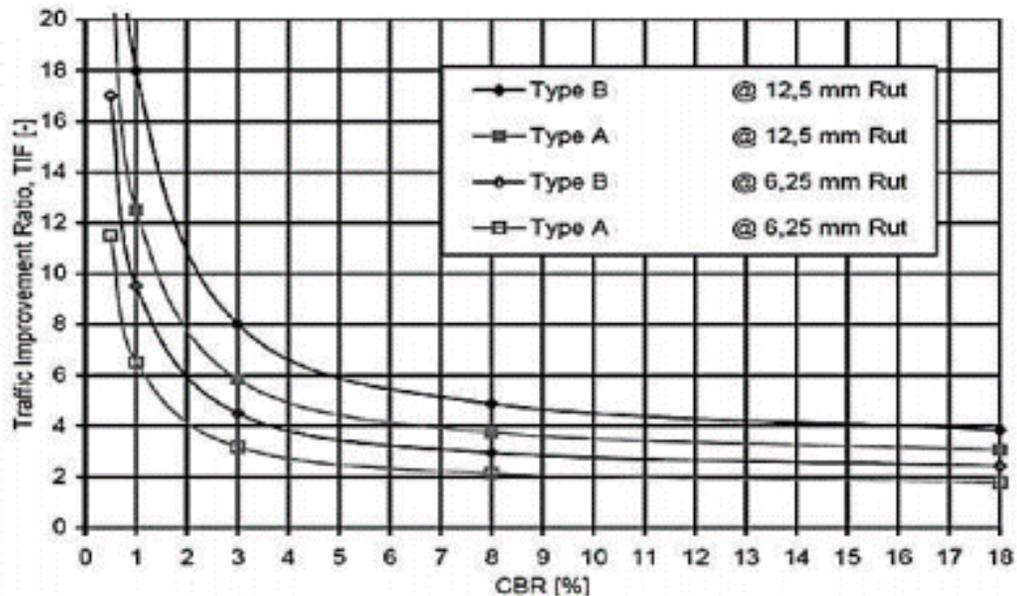


Figura 20. Incremento del valor del tráfico Vs CBR.

Fuente: Guía de pavimentos flexibles AASHTO.

Los ensayos realizados anteriormente a tamaño real, para la distribución de la geomalla en su aporte estructural a la base del pavimento es representada por la sección que contienen la metodología de diseño para calcular del número estructural requerido (SN) y el cálculo de la estructura usando las formulas de la metodología del AASHTO, la incorporación del LCR (Layer Coefficient Ratio), y la relación del coeficiente de capa, cuantificándose así la distribución estructural de una geomalla a la estructura del pavimento.

Se muestra la coherencia entre LCR y el CBR de la subrasante obtenidos de los ensayos a escala real para dos tipos de geomallas tensor.

Ecuación:

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

Dónde:

SN	:	Número estructural resultante
a <sub>1</sub>	:	Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica
D <sub>1</sub>	:	Espesor de la carpeta asfáltica.
a <sub>2</sub>	:	Coefficiente estructural de la base granular
LCR	:	Coefficiente de incremento de capa (Layer Coefficient Ratio)
D <sub>2</sub>	:	Espesor de la base granular
m <sub>2</sub>	:	Coefficiente de drenaje de la base granular
a <sub>3</sub>	:	Coefficiente estructural de la subbase granular
D <sub>3</sub>	:	Espesor de la subbase granular
m <sub>3</sub>	:	Coefficiente de drenaje de la subbase granular

Figura 19. Contribución estructural.

Fuente: ASHTO-93.

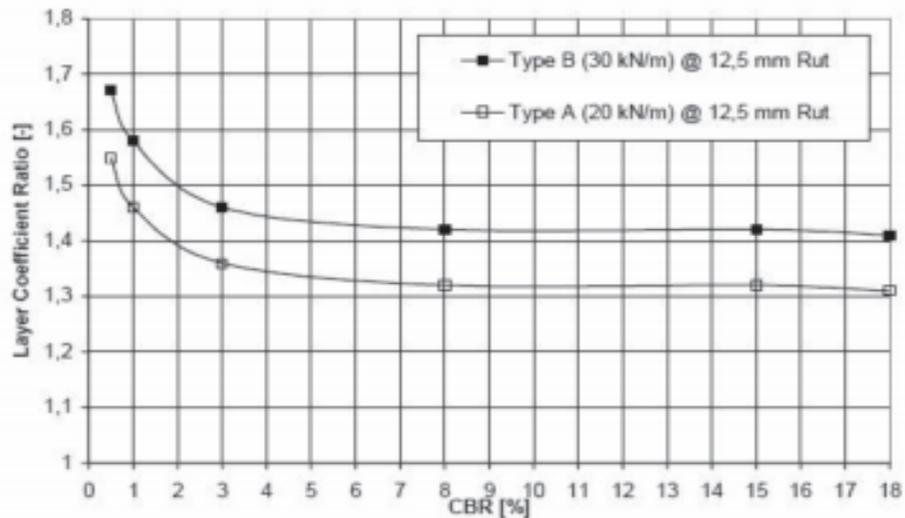


Figura 21. Relación entre LCR y el CBR.

Fuente: ASHTO-93.

Para dar cumplimiento al objetivo específico relacionado con la determinación del espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, utilizando la geomalla triaxial.

### **Cálculo estructural con geomalla como reforzamiento en pavimento flexible.**

#### **1. Operación para la nueva cifra estructural método AASHTO**

Utilizando la ecuación de los coeficientes estructurales de las capas. Para los valores dados del diseño anterior, se consigue la nueva cifra estructural de la estructura que no lleva refuerzo. Las alturas de las capas se deben manejar en Pulg.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

$$SN = 0.17 \times 3.94 + 0.054 \times 8.66 \times 1.00 + 0.047 \times 27.56 \times 1.00$$

$$SN = 2.43$$

#### **2. Operación de la estructura para remplazar la base**

Ya realizado el cálculo del número estructural, se remplaza el material granular de base por la sub-base. Esta nueva altura del espesor se denominará  $D_3'$ .

$$SN = 2.43$$

$$SN = a_1D_1 + a_3D_3'm_3$$

$$2.43 = 0.17 \times 3.94 + 0.047 \times D_3' \times 1.00$$

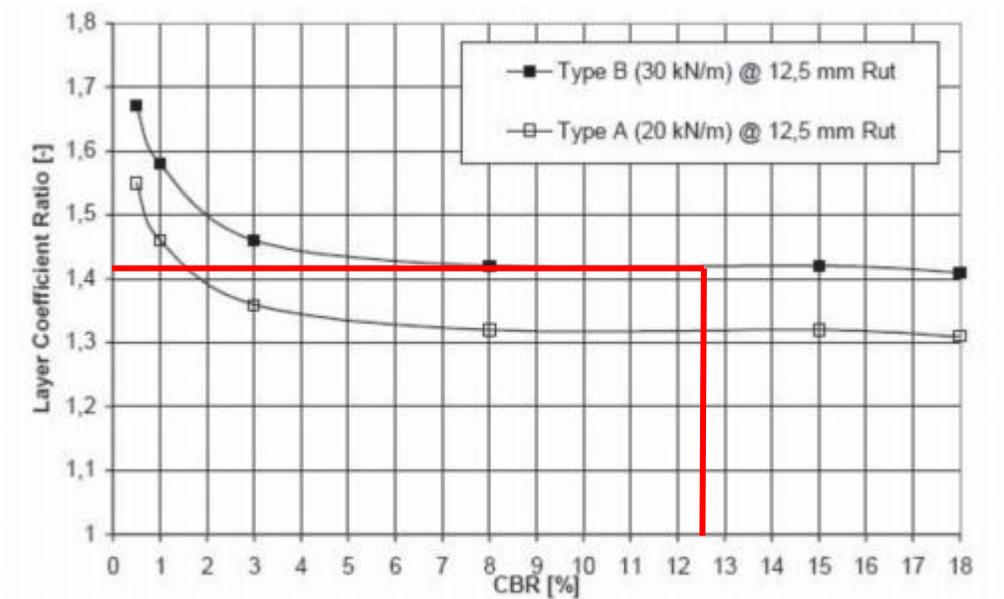
$$D_3' = 37.45 \text{ Pulg.}$$

$$D_3' = 95.12 \text{ cm} \approx 96.00 \text{ cm}$$

### 3. Operación de la nueva altura del material granular con refuerzo

De la grafico Layer Coefficient Ratio, obtenemos el valor LCR que es proporcional al valor del CBR.

**Tabla 33.** LCR Vs. CBR de la Subrasante



Fuente: Manual de Diseño con Geosintéticos.

$$LCR = 1.41$$

Para incorporar la geomalla como aporte dentro del pavimento como estructura y obtener un descenso de la altura, se debe ser constante la estimación inicial del número estructural.

$$SN_r = SN$$

$$SN_r = 2.43$$

Se calculó la nueva altura del material granular con el Nuevo refuerzo ya insertado como parte integral de la estructura.

$$SN = a_1 D_1 + a_3 LCR D_3 m_3$$

$$D_{3r} = \frac{SN_r - a_1 D_1}{a_3 LCR m_3}$$

$$D_{3r} = \frac{2.43 - 0.17 \times 3.94}{0.047 \times 1.41 \times 1.00}$$

$$D_{3r} = 26.56 \text{ Pulg.}$$

$$D_{3r} = 67.46 \text{ cm} \approx 68.00 \text{ cm}$$

#### 4. Operación para la contribución estructural de la capa reforzada

Ya realizado la nueva altura del material granular, se proseguirá a cuantificar el número estructural.

$$SN_{GR} = a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN_{GR} = 0.047 \times 26.56 \times 1.00$$

$$SN_{GR} = 1.25$$

#### 5. Cálculos para las nuevas alturas del material Granular

La nueva distribución se mantendrá manteniendo su misma configuración de materiales granulares. Se tendrá que calcular las nuevas alturas de los espesores de las capas en función al cálculo estructural, que se obtuvo en el paso anterior.

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

$$1.25 = 0.054 \times D_{2r} \times 1.00 + 0.047 \times D_{3r} \times 1.00$$

Es necesario para la expresión que tiene dos incógnitas, debemos de desarrollar un proceso de iteración para conseguir los nuevos espesores. Para el espesor de la base granular se recomienda que no sea menor a 15 cm o 6 pulg. Para este acontecimiento se empleará la altura mínima recomendada de 15cm.

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

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

$$D_{3r} = \frac{1.25 - 0.054 \times 6 \times 1.00}{0.047 \times 1.00}$$

$$D_{3r} = 19.70 \text{ pulg} \approx 50.00 \text{ cm}$$

#### 6. Comprobación de la contribución estructural para los nuevos espesores.

Los nuevos espesores calculados incluyendo la geomalla. Se debe comprobar que la alteración de estos no altere el cumplimiento de la estructura, por lo que el cálculo de la estructura con respecto al paso 4, deben de ser lo más posible parecidos.

$$a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$0.054 \times 5.90 \times 1.00 + 0.047 \times 19.69 \times 1.00 = 1.24 \text{ ok}$$

#### 7. Análisis de la división de los espesores debido a la introducción de la geomalla triaxial

Estructura del espesor reducido

Material de Base Granular: 15.00cm

Material de Sub-Base Granular: 50.00cm

Espesor reducido Total: 22.00cm

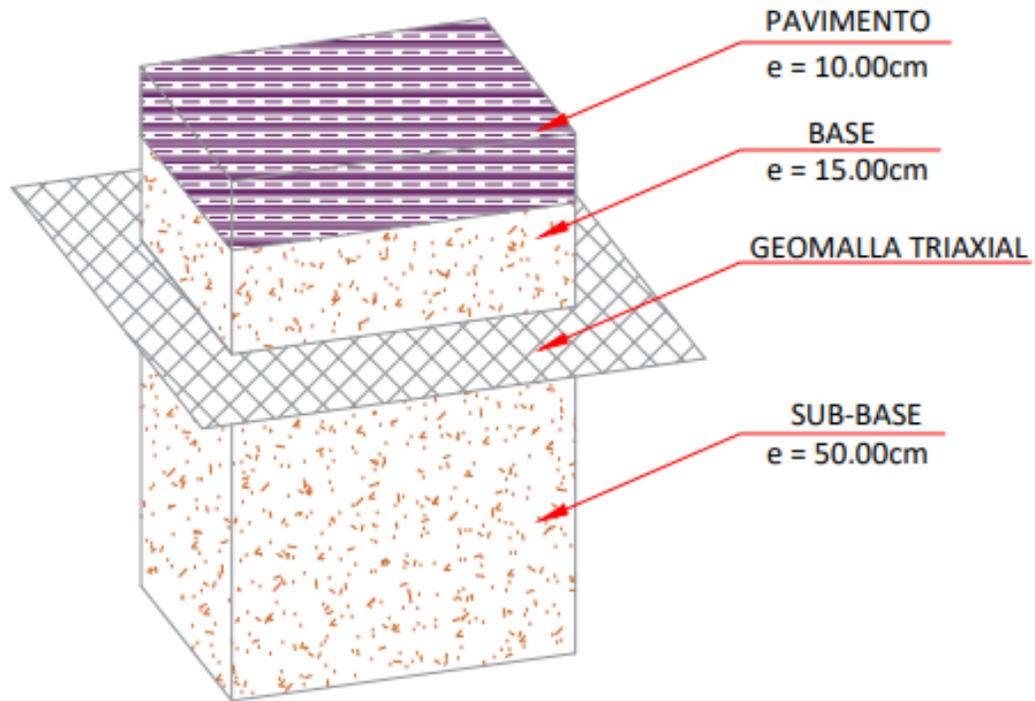
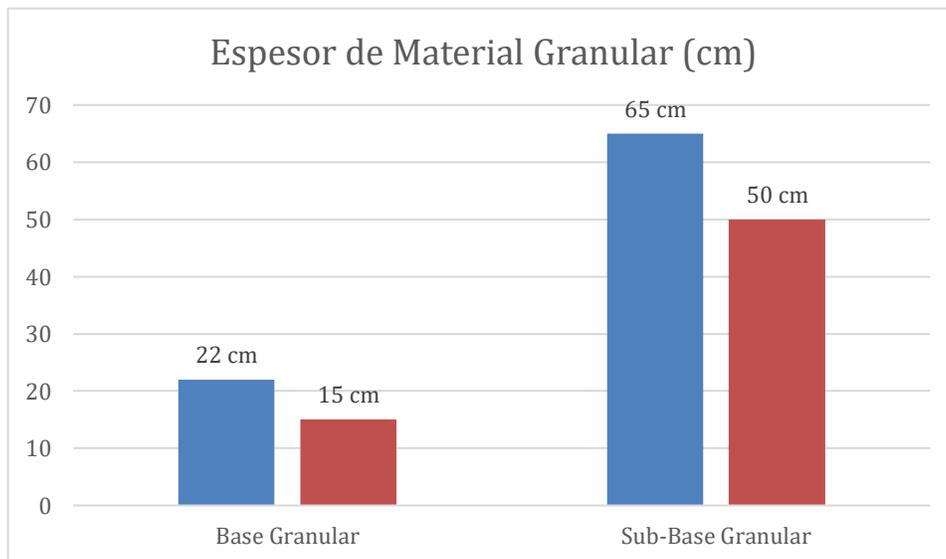


Figura 22. Estructura de Pavimento con refuerzo de Geomalla.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 34. Diferencia de Espesores del Material Granular



Fuente: Elaboración Propia

## Comparación de costos con Geomalla triaxial y sin Geomalla

**Tabla 35. Costo de Pavimento Flexible con Geomalla**

S10

Página

1

### Presupuesto

Presupuesto	0201001	Implementación de geomalla triaxial para mejorar un suelo blando arcillo-limoso cruce Av. Santa Callao y Elmer Faucett, 2020.		
Subpresupuesto	001	Mejoramiento de Terreno		
Cliente	Universidad Cesar Vallejo		Costo al	16/06/2021
Lugar	LIMA - LIMA - LIMA			

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MEJORAMIENTO DE SUB-RASANTE CON GEOMALLA				108,145.21
01.01	MATERIAL GRANULAR PARA BASE e=15.00cm	m3	254.29	89.40	22,733.53
01.02	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE e=50.00cm	m3	847.63	79.95	67,768.02
01.03	GEOMALLA	m2	1,304.04	13.53	17,643.66
	Costo Directo				108,145.21

SON : CIENTO OCHO MIL CIENTO CUARENTICINCO Y 21/100 NUEVOS SOLES

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 36. Costo de Pavimento Flexible sin Geomalla**

S10

Página

1

### Presupuesto

Presupuesto	0201001	Implementación de geomalla triaxial para mejorar un suelo blando arcillo-limoso cruce Av. Santa Callao y Elmer Faucett, 2020.		
Subpresupuesto	001	Mejoramiento de Terreno		
Cliente	Universidad Cesar Vallejo		Costo al	16/06/2021
Lugar	LIMA - LIMA - LIMA			

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MEJORAMIENTO DE SUB-RASANTE				128,217.69
01.01	MATERIAL GRANULAR PARA BASE e=22.00cm	m3	372.96	89.40	33,342.62
01.02	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE e=70.00cm	m3	1,186.68	79.95	94,875.07
	Costo Directo				128,217.69

SON : CIENTO VEINTIOCHO MIL DOSCIENTOS DIECISIETE Y 69/100 NUEVOS SOLES

Fuente: Elaboración Propia

## V. DISCUSIÓN

En las investigaciones tomadas con referencias para el estudio se encuentra la de López (2019) donde presentó como evidencia más importante que al usar la “geomalla triaxial Tx-140” otorga mejorías estructurales al pavimento y su vez, hay una reducción de costos. Otro de los casos es la investigación de Anyaipoma (2019), donde los hallazgos son el pavimento que tiene reforzamiento con “geomalla biaxial” disminuye la altura de la capa base en 28.57% y en 21.05% de la capa sub-base respecto al diseño de pavimento tradicional.

Por otro lado, los investigadores Córdor y Oñate (2019) comenta con el uso de geomallas de polipropileno del tipo biaxial y multiaxial, lograron el confinamiento de las partículas del suelo. Y, por último, los investigadores Alvarez y Bermúdez (2020), Obtuvieron que la estructura total del convencional evidenciada fue de 62,5Cm y de la estructura con el elemento de refuerzo fue de 45,5Cm, debido a la Geomalla que posee una optimización en la estructura de 17Cm.

En consideración a lo anteriormente planteado se tiene que los resultados de la investigación siguen la misma tendencia ya que la estructura de pavimento con refuerzo de Geomalla permitió una diferencia de material granular en cm donde la base granular de 22 cm paso a 15 cm y la sub-base granular de 65cm paso a 50cm teniendo una reducción de espesor total de 22cm. Además, otra ventaja según el comparativo de precios se observa más costoso el pavimento flexible sin geomalla en relación al que emplea la geomalla.

## VI. CONCLUSIONES

Para el cumplimiento de esta investigación se realizaron los procedimientos necesarios para lograr los objetivos trazados de la siguiente manera:

En caso del objetivo general relacionado con la determinación del resultado de la implementación de una geomalla triaxial en un suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.

Se determinó que la utilización de una geomalla triaxial, para un suelo blando arcillo limoso mejora las propiedades mecánicas del suelo incrementando su capacidad portante, asimismo brinda un ahorro del 29% del material granular en la estructura del pavimento.

En el caso del objetivo específico relacionado con la determinación de las propiedades físicas mecánicas del suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett. Se terminaron según las dos calicatas realizadas se tiene:

Según la clasificación del suelo de AASTHO y SUSC en las tres muestras de la C-01 se catalogan respetivamente como SC (Arena Arcillosa) y A-6(3); ML (limo inorgánico de baja plasticidad) y A-4(4) y CL (Arcilla inorgánico de baja plasticidad) y A-6(4) se consideran un tipo de terrenos normal. En el caso de la calicata 02 son dos muestras SM (Arena Limosa) y A-4(2) y CL-ML (Arcilla limosa de baja plasticidad) y A-4(4) de igual forma un terreno normal. Con respecto al protocolo modificado de ASTM DD-1557 se tiene que la densidad máxima ( $\text{gr/cm}^3$ ) es de 1.973 y la humedad máxima óptima (%) es de 16,3. En el caso del California Bearing Ratio CBR ASTM D-183 se obtuvo el CBR al 100% de la MSD (%) de 17.2% y el CBR al 95% de la MSD (%) de 12.6%.

En el caso del objetivo específico relacionado con la determinación del espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett sin la utilización de geomalla triaxial

En correspondencia con el Manual de Carreteras (MTC) para el año 2014 se obtuvieron luego de los cálculos los valores arrojados para el cálculo de los espesores de capas se tiene como d1 10 cm de capa superficial, d2 22cm de base y d3 70 cm Sub-Base cumpliendo el condicional que refiere  $SNR(\text{resultado}) > SNR(\text{requerido})$  ya que los valores son  $6.18 > 6.119$

En el caso del objetivo específico relacionado con la determinación del espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, utilizando la geomalla triaxial.

La estructura de pavimento con refuerzo de Geomalla permitió una diferencia de material granular en cm donde la base granular de 22 cm paso a 15 cm y la sub-base granular de 65cm paso a 50cm teniendo una reducción de espesor total de 22cm. Además, otra ventaja según el comparativo de precios se observa más costoso el pavimento flexible sin geomalla en relación al que emplea la geomalla.

## VII. RECOMENDACIONES

El uso de geomallas triaxiales se debe considerar como una alternativa por su potencial como como pieza estructural transmitiendo las cargas a bajas deformaciones e impide los movimientos laterales de los agregados gruesos. Además, sus costos tienen un porcentaje menor a los de los pavimentos flexibles y el aumento de la capacidad portante de los suelos se ve favorecida.

Se recomienda que para un diseño de pavimento flexible en suelos blando arcillo-limoso de características iguales o similares al de la presente investigación se utilice como alternativa de solución la implementación de la geomalla triaxial ya que su uso mejora la resistencia y disminuye el costo en la construcción de la misma como se demostró en la presente investigación.

Asimismo, se pudo demostrar que el refuerzo con geomalla triaxial reduce el espesor del pavimento en los materiales granulares base y sub-base, se recomienda el uso de las geomallas triaxiales para evitar la sobreexplotación de las canteras y ayudar a minimizar el impacto ambiental.

## REFERENCIAS

1. SERRANO RODRÍGUEZ, ERIKA JULIETH Y PADILLA GONZÁLEZ, EDGAR ALEXANDER. *Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados.. 1*, Bogotá : s.n., 2019, Revista Ingeniería Solidaria, Vol. 25, págs. 2-25.
2. VELÁSQUEZ DÍAZ, FÉLIX HERVÍAN. *Estudio experimental de la influencia del uso de geotextiles y geomallas en el acomodo de partículas de un suelo arenoso determinada a través de ensayos geotécnicos tradicionales*. Universidad Andrés Bello . Santiago : s.n., 2020. Tesis de licenciatura .
3. LÓPEZ, M. *Evaluar la construcción de un pavimento rígido empleando una geomalla triaxial para su viabilidad técnica ,economica e impacto ambiental en la Av.Circunvalacion Tupac Amaru - Chaupimarca –Pasco*. Lima : s.n., 2019.
4. ANYAIPOMA, M. *Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019*. Lima : s.n., 2019.
5. VERA, M. *Sistema de reforzamiento de geomallas y geotextiles anclados para mejorar la estabilidad del talud en la carretera Sayan – Churín - Lima 2019*. Lima : s.n., 2019.
6. CONDORI, A. *Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geo-Sistémicos*. Puno : s.n., 2016.
7. DIAZ, R. *Técnicas de bioingeniería y biotecnología en taludes del cerro de La Picota - Huamanga - Ayacucho*. 2018.
8. ALMENDAREZ, L. REYES, J. MONCADA, R. *Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras*. Boca Raton FL, United States. : Global Partnerships for Development and Engineering Education, 19-21 de Julio de 2017.

9. CÓNDROR, L. OÑANTE, K. *Influencia de la disposición de Geomallas en la resistencia del suelo granular sujeto a la aplicación de una carga axial*. Quito : s.n., 2019.
10. ALVAREZ, L. BERMÚDEZ, W. *Análisis comparativo del uso de geomallas biaxiales como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles*. Girardot : s.n., 2020.
11. TAPIA D., ANDRÉS RENATO, Y OTROS. *Diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de chanduy – aguas verdes - pocito [absc. 2+900 hasta absc. 3+600]*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil : s.n., 2009. Artículo científico .
12. ALMENDAREZ S., LARISSA NICOLE, REYES Z., JUAN CARLOS Y MONCADA L., RIGOBERTO. *Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras*. Boca Raton Florida : s.n., 2017. Global Partnerships for Development and Engineering Education. págs. 1-10.
13. SANTILLÁN G., DANIEL. *Materiales geosintéticos: la estabilización del terreno*. Madrid : s.n., 2010. Congreso Nacional del Medio Ambiente. págs. 1-22.
14. ALVA-HURTADO, JORGE. *Diseño de cimentaciones* . 1. Lima : Instituto de la Construcción y Gerencia, 2007.
15. URBINA S., ELIZABETH. *Propiedades físicas del suelo*. Universidad Autónoma del Estado de México. México : s.n., 2015. Guía de aprendizaje .
16. ELIZONDO A., FABIÁN Y SIBAJA O., DENIA. *Estabilización y mejoramiento de rutas no pavimentadas*. 21, 2009, Infraestructura Vial, págs. 49-55.
17. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES . *Reglamento Naional de Gestión de Infraestructura Vial*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones . Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013. Resolución Directoral .
18. BAENA PAZ, GUILLERMINA. *Metodología de la investigación*. 3era. Cd. de México : Grupo Editorial Patria S.A. , 2017.

19. BORJA SUÁREZ, MANUEL. *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo : s.n., 2012.

20. HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, PILAR. *Metodología de la investigación*. México D.F. : McGraw Hill, 2014.

## ANEXOS

### Anexo 01: Declaratoria de Originalidad Autores



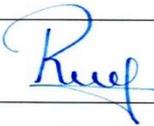
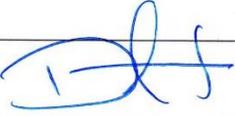
#### Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Nosotros, **ALARCON PUMAPILLO, Richard** y **QUISPE QUISPE, Dan Albino**, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Escuela Profesional / Programa académico Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Norte, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARCILLO-LIMOSO CRUCE AV. CANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT, 2020”**, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Trabajo de Investigación / Tesis:

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

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

Lima 21 de Julio del 2021,

Apellidos y Nombres del Autor ALARCON PUMAPILLO, Richard	
DNI: 41607228	Firma 
ORCID: 0000-0001-7695-380X	
Apellidos y Nombres del Autor QUISPE QUISPE, Dan Albino	
DNI: 43840736	Firma 
ORCID: 0000-0002-4968-6061	

## Anexo 02: Declaratoria de Originalidad Asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

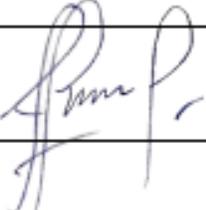
### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, HERMER ERNESTO ALZAMORA ROMAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: \* **IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARCILLO - LIMOSO, CRUCE AV. CANTA CALLAO Y FAUCETT 2020**\*, cuyos autores son **QUISPE QUISPE DAN ALBINO y ALARCON PUMAPILLO RICHARD**, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 25 de noviembre del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor	Firma
ALZAMORA ROMAN HERMER ERNESTO DNI: 03303253 ORCID: 0000-0002-2634-7710	



### Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Nosotros, ALARCON PUMAPILLO, Richard y QUISPE QUISPE, Dan Albino, identificados con DNI N° 41607228 y 43840736, respectivamente, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Escuela Profesional / Programa académico Ingeniera Civil de la Universidad César Vallejo, autorizamos (X), la divulgación y comunicación pública de nuestro Trabajo de Investigación / Tesis:

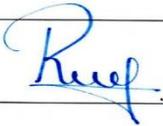
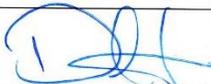
**“IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARCILLO-LIMOSO CRUCE AV. CANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT, 2020.”**

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulada en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de **NO** autorización:

.....  
.....

Lima 21 de Julio del 2021,

Apellidos y Nombres del Autor ALARCON PUMAPILLO, Richard	
DNI: 41607228	Firma 
ORCID: 0000-0001-7695-380X	
Apellidos y Nombres del Autor QUISPE QUISPE, Dan Albino	
DNI: 43840736	Firma 
ORCID: 0000-0002-4968-6061	



Anexo 04: Porcentaje de autenticidad



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Implementación de geomalla triaxial para mejorar un suelo blando arcillo limoso cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, 2020.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES**

Aldo Paredes, Richard [ORCID: 0000-0001-7655-380X]

Quispe Quispe, Dan Albino [ORCID: 0000-0001-9891-1854]

**ASESOR:**

Dr. Hernán Ernesto, Alcamora Román [ORCID: 0000-0002-2634-7710]

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

Lima – Perú

2020

Resumen de coincidencias
✕

17 %

<
>

1	repositorio.ucv.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	3 %	>
2	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	2 %	>
3	qdoc.tips <small>Fuente de Internet</small>	2 %	>
4	alicia.concytec.gob.pe <small>Fuente de Internet</small>	2 %	>
5	repositorio.unfv.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
6	repository.unipiloto.ed... <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
7	repositorio.urp.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>

Anexo 05: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
P. General	O. General	H. General	Independiente			
¿Cuál es el resultado de la implementación de una geomalla triaxial en un suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett?	Determinar el resultado de la implementación de una geomalla triaxial en un suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.	La implementación de una geomalla triaxial mejora el suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.	GEOMALLA TRIAXIAL	Propiedades Físicas	Tamaño de apertura (mm)	<b>Tipo de estudio:</b> Aplicada  <b>Diseño:</b> Cuasi experimental  <b>Enfoque:</b> Cuantitativo  <b>Población:</b> Cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett. <b>Muestra:</b> Cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett  <b>Nivel:</b> Descriptivo  <b>Técnica e instrumentos de recolección de datos:</b> Revisión documental, observación
					Espesor de costillas (mm)	
					Capacidad de tensión	
					Rigidez	
P. Específicos	O. Específicos	H. Específicos	Dependiente	Estudio de Mecanica de Suelos Suelos	Analisis Granulometrico Norma ASTM D 422	
¿Cuáles son las propiedades físicas mecánicas del suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett?	Determinar cuáles son las propiedades físicas mecánicas del suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.	la implementación de una geomalla triaxial influirá en las propiedades físicas mecánicas del suelo blando arcillo-limoso en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett.	MEJORAMIENTO DEL SUELO BLANDO ARCILLOSO-LIMOSO		Clasificacion de Suelos Norma ASTM D2487	
¿Cuál es el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett sin utilización de geomalla triaxiales?	Determinar el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett sin la utilización de geomalla triaxial	la implementación de una geomalla triaxial determinara el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett sin la utilización de geomalla triaxial.			Limite liquido, limite plastico e indice de plasticidad	
¿Cuál es el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, utilizando las geomalla triaxiales?	Determinar el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett, utilizando la geomalla triaxial.	la implementación de una geomalla triaxial determinara el espesor del material granular en el cruce Av. Canta Callao y Elmer Faucett utilizando la geomalla triaxial.			CBR Norma ASTM D 1883-07	
				Reduccion de Espesores	Diseño Vial Cálculo de ESALS	
					Diseño de Pavimentos metodología AASHTO	

Anexo 06: Operacionalización de variables

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de Medición
GEOMALLA TRIAXIAL	Son empleados en problemas de estabilización de suelos debido a que los materiales granulares quedan interbloqueados de forma muy eficaz. Cuando estos materiales se compactan sobre las geomallas, da como resultado una capa muy dura. [Sanfillana, 2010, p.12]	Para medir la geomalla como reforzamiento se realiza mediante sus propiedades físicas, dadas por las especificaciones técnicas del producto geomalla triaxial.	Propiedades Físicas	Tamaño de apertura (mm)	Ficha Técnica Especificaciones del Producto	Nominal
				Espesor de costillas (mm)		Nominal
				Capacidad de tensión		Nominal
				Rigidez		Nominal
MEJORAMIENTO DEL SUELO BLANDO ARCILLOSO-LIMOSO	La estabilización es el proceso de combinar materiales con el suelo con el fin de enriquecer sus propiedades. [Elizondo & Sibaja, 2008]	Para medir la capacidad de soporte del suelos se realizaran ensayos de laboratorio siguiendo las normas ASSHTO, Asimismo para la reducción del espesor de las capas granulares se realiza mediante el diseño bajo la norma ASSHTO 93	Estudio de Mecanica de Suelos Suelos	Análisis Granulométrico Norma ASTM D 422	Ensayos de Laboratorio	Nominal
				Clasificación de Suelos Norma ASTM D2487		Nominal
				Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad Norma ASTM D4318 - 84		Nominal
				CBR Norma ASTM D 1883-07		Nominal
			Reducción de Espesores	Diseño Vial Cálculo de ESALs	Norma ASSHTO 93	Nominal
				Diseño de Pavimentos metodología AASHTO		Nominal

Anexo 07: Ensayos de Laboratorio



994 217 358  
 contacto@jmcingenieria.com  
 Urb. Santo Domingo de  
 Guzmán L2-8 V Etapa  
 www.jmcingenieria.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS POR TAMIZADO  
 ASTM D 422

<b>Ciente:</b>	TESITAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	<b>Certificado N°:</b>	ADG-45
<b>Obras:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO AROLLO LIMBO CRUCE AV. SANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT	<b>Fecha de Muestreo:</b>	19 de Mayo de 2021
<b>Abstracción:</b>	BRES SAN GASPE / RICHAR ALARCON	<b>Fecha de Entrega:</b>	20 de Mayo de 2021
<b>Procedencia:</b>	CALDITA N° 01 - MUESTRA D1	<b>Clase de Material:</b>	PROPIO
<b>Ubic. De Muestreo:</b>	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUCETT	<b>Hoja:</b>	01 de 01

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones	Descripción de la Muestra
4"	100.000						Peso Total 511.0
3"	75.000						
2 1/2"	62.500						
2"	50.000						
1 1/2"	37.500					Límite Líquido	28
1"	25.000					Límite Plástico	16
3/4"	19.000						
1/2"	12.500					Índice Plasticidad	12
3/8"	7.000				306.0		
1/4"	6.250						
Nº4	4.750	10.5	2.1	2.1	97.9	Clas. UICB	9C
Nº8	2.360						
Nº10	2.000	10.1	2.0	4.0	98.0	Clas. AASHTO	A-6 (3)
Nº16	1.190						
Nº20	0.850	10.8	2.1	6.1	93.9	Clas. Humedad	14.8
Nº30	0.600						
Nº40	0.425	17.6	3.4	9.5	90.5		
Nº60	0.250	38.8	7.6	17.3	82.7	% de Agregados	
Nº80	0.200					% Grava	2.1
Nº140	0.106	134.0	26.2	43.5	56.5	% Arena	49.8
Nº200	0.075	42.5	8.3	51.9	48.1	% Fino	48.1
+ Nº200		246.0	48.1	100			

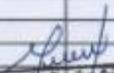
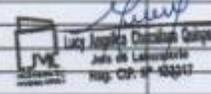


Observaciones: 1.- La muestra fue proporcionada por el solicitante

**JMC**  
 Ingeniería e Inmobiliaria  
 Dept. de Laboratorio  
 Reg. COP. N° 132317



994 217 358  
 contacto@jmcingenieria.com  
 Urb. Santo Domingo de  
 Guzmán L2-8 V Etapa  
 www.jmcingenieria.com

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318					
Cliente :	TESITAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			Certificado IP:	LLP-05
Proyecto:	IMPLEMENTACIÓN DE GEOTEXIL TRAZAJAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANCO ARELLLO-LIMOSO ORUJE AV. SANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT			Fecha de Muestra:	19 de Mayo de 2021
Atención:	MRS. DAN QUIBRE / RICAR ALARCON			Fecha de Emisión:	20 de Mayo de 2021
Procedencia:	CALICATA N° 01 - MUESTRA 01			Clasificación de Material:	PROPIO
Ubic. De Muestra:	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUCETT			Hoja	01 de 01
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
Prueba N°	1	2	3	4	
Recipiente N°	4	5	6		
N° de golpes	18	26	34		
Recipiente + Suelo Humedo	53.64	37.35	51.99		
Recipiente + Suelo Seco	51.15	34.96	48.51		
Peso del Agua (gr)	2.49	2.75	2.48		
Peso de Recipiente	42.47	34.64	40.58		
Peso de Suelo Seco (gr)	8.99	9.92	8.93		
% de Humedad	28.89	28.13	27.77		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
Prueba N°	1	2	3	4	
Recipiente N°	7	8			
Recipiente + Suelo Humedo	27.99	30.21			
Recipiente + Suelo Seco	26.36	28.56			
Peso del Agua (gr)	1.63	1.65			
Peso de Recipiente	16.21	18.35			
Peso de Suelo Seco (gr)	10.15	10.21			
% de Humedad	16.08	16.18			
<b>HUMEDAD</b>					
Recipiente N°	1	2	3	4	
Recipiente + Suelo Humedo	830.7				
Recipiente + Suelo Seco	731.2				
Peso del Agua (gr)	108.5				
Peso de Recipiente	0.0				
Peso de Suelo Seco (gr)	731.2				
% de Humedad	14.8				
  Luz Jorgina Domínguez Góngora Ing. de Laboratorio Reg. CP: 43347					
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>					
				Límite Líquido 28 Límite Plástico 16 Índice de Plasticidad 12 Humedad 14.8	
Observaciones :					



994 217 358  
 contacto@jmcingenieria.com  
 Urb. Santo Domingo de  
 Guzmán L2-8 V Etapa  
 www.jmcingenieria.com

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS POR TAMIZADO  
 ASTM D 422**

<b>Cliente:</b>	TESISTAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	<b>Certificado N°:</b>	AGS-46
<b>Obras:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE DEONANLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANCO ARELLO-LIMOSO CRUCE AV. SANTA CALLAO Y EL MER FAUCETT	<b>Fecha de Muestra:</b>	18 de Mayo de 2021
<b>Atención:</b>	SRES. DAN QUISPE / ROHAR ALARCON	<b>Fecha de Emisión:</b>	20 de Mayo de 2021
<b>Procedencia:</b>	CALCATA N° 01 - NUESTRA OJ	<b>Clase de Material:</b>	PROPIO
<b>Ubic. De Muestra:</b>	AV. SANTA CALLAO CON AV. EL MER FAUCETT	<b>Hoja:</b>	01 de 01

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones	Descripción de la Muestra
4"	100.000						Peso Inicial 578.0
3"	75.000						
2 1/2"	62.500						
2"	50.800						
1 1/2"	37.500						Límite Líquido N.P.
1"	25.000						
3/4"	19.000						Límite Plástico N.P.
1/2"	12.500						Índice Plastilicida N.P.
3/8"	7.000						Clas. SUCS ML
1/4"	4.750						Clas. AASHTO A-4 (4)
Nº4	4.750						Cont. Humedad 13.4
Nº5	3.360						
Nº10	2.000						
Nº16	1.100						
Nº20	0.850				100.0		
Nº30	0.600						
Nº40	0.425	1.2	0.2	0.2	99.8		
Nº50	0.300						<b>% de Agregados</b>
Nº60	0.250	21.0	3.6	3.9	96.1		% Grava 0.0
Nº80	0.200						% Arena 46.3
Nº100	0.150	106.1	18.4	22.3	77.7		
Nº140	0.106	130.5	24.0	46.3	53.7		% Fina 53.7
< Nº200		300.2	53.7	100			



Observaciones: E- La muestra fue proporcionada por el solicitante

**LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS  
ASTM D 4318**

Cliente :	TESITAB - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	Certificado N°:	LLP-05
Proyecto:	IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA TRAXXAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARCILLO LIMOSO CRUCE AV. SANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT	Fecha de Muestreo:	19 de Mayo de 2021
Atención:	SRES. DAN QUISEP / ROHAR ALARCON	Fecha de Emisión:	20 de Mayo de 2021
Procedencia:	CALICATA N° 01 - MUESTRA 02	Clase de Material:	PROPO
Urb. De Muestreo:	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUCETT	Hoja	01 de 01

**LIMITE LIQUIDO**

Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Húmedo				
Recipiente + Suelo Seco		N	P	
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				

**LIMITE PLÁSTICO**

Prueba N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
Recipiente + Suelo Húmedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)		N	P	
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				

**HUMEDAD**

Recipiente N°	1	2	3	4
Recipiente + Suelo Húmedo	853.2			
Recipiente + Suelo Seco	576.0			
Peso del Agua (gr)	77.2			
Peso de Recipiente	0.0			
Peso de Suelo Seco (gr)	576.0			
% de Humedad	13.4			

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



Límite Líquido

N.P.

Límite Plástico

N.P.

Índice de Plasticidad

N.P.

Humedad

13.4

Observaciones :



994 217 358  
 contacto@jmcingenieria.com  
 Urb. Santo Domingo de  
 Guzmán L2-8 V Etapa  
 www.jmcingenieria.com

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS POR TAMIZADO  
 ASTM D 422**

<b>Cliente :</b>	TESOTAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	<b>Certificado N°:</b>	AGS-47
<b>Obras:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA TRIXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANCO ANOLLO-LIBROSO CRUCE AV. SANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT	<b>Fecha de Muestra:</b>	19 de Mayo de 2021
<b>Atención:</b>	MRES. DAN GUARPE / ROHAR ALARCON	<b>Fecha de Ensayo:</b>	20 de Mayo de 2021
<b>Procedencia:</b>	CALCATA N° 01 - MUESTRA 03	<b>Claso de Material:</b>	PROPPIO
<b>Ubic. De Muestra:</b>	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUCETT	<b>Hoja:</b>	01 de 01

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones	Descripción de la Muestra
4"	100.000						Peso total 540.8
3"	75.000						
2 1/2"	62.500						
2"	50.800						
1 1/2"	37.500						Límite Líquido 38
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.0		Límite Plástico 24
1/2"	12.500						
3/8"	7.000	18.9	3.5	3.5	96.5		Índice Plasticidad 13
1/4"	6.250						
N#4	4.750	2.9	0.5	4.0	95.0		Clas. SUCS CL
N#5	2.380						
N#10	2.000	2.6	0.5	4.5	95.5		Clas. AASHTO A-8 (9)
N#16	1.100						
N#20	0.850	2.1	0.4	4.9	95.1		Clas. Humedad 6.7
N#30	0.600						
N#40	0.425	4.1	0.8	5.7	94.3		
N#60	0.300						<b>% de Agregados</b>
N#80	0.250	12.3	2.3	7.9	92.1		% Grava 4.0
N#90	0.200						
N#140	0.105	31.7	5.9	13.8	94.1		% Arena 14.8
N#200	0.075	27.1	5.0	18.8	81.2		% Fina 81.2
< N#200		436.1	81.2	100			



*[Firma]*  
 Lucy Angulo Chacabarro  
 Jefe de Laboratorio  
 Reg. CP. N° 122817

Observaciones: 1- La muestra fue proporcionada por el solicitante

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318					
<b>Cliente :</b>	TESISTAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			<b>Certificado N°:</b>	LLP-07
<b>Proyecto:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE GEORREJILLA TRAXCEL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARCILLO-LIMOSO CRUCE AV. SANTA CALLAO Y ELMER FAUZZET			<b>Fecha de Muestra:</b>	18 de Mayo de 2021
<b>Atendida:</b>	BRBS. DAN CLASPE / ROHAR ALARCÓN			<b>Fecha de Ensayo:</b>	20 de Mayo de 2021
<b>Procedencia:</b>	CALICATA N° 01 - MUESTRA 03			<b>Clase de Material:</b>	PROPIO
<b>Líbr. De Muestra:</b>	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUZZET			<b>Hoja</b>	01 de 01
<b>LIMITE LIQUIDO</b>					
<b>Prueba N°</b>	1	2	3	4	
<b>Recipiente N°</b>	1	2	3		
<b>N° de golpes</b>	30	30	32		
<b>Recipiente + Suelo Humedo</b>	42.00	37.36	41.80		
<b>Recipiente + Suelo Seco</b>	34.75	31.17	34.60		
<b>Peso del Agua (gr)</b>	7.25	6.21	7.19		
<b>Peso de Recipiente</b>	15.27	14.14	14.44		
<b>Peso de Suelo Seco (gr)</b>	19.48	17.03	20.22		
<b>% de Humedad</b>	37.22	36.47	35.60		
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>					
<b>Prueba N°</b>	1	2	3	4	
<b>Recipiente N°</b>	9	10			
<b>Recipiente + Suelo Humedo</b>	49.17	46.33			
<b>Recipiente + Suelo Seco</b>	47.63	44.87			
<b>Peso del Agua (gr)</b>	1.54	1.46			
<b>Peso de Recipiente</b>	41.15	38.62			
<b>Peso de Suelo Seco (gr)</b>	6.48	6.25			
<b>% de Humedad</b>	23.77	23.36			
<b>HUMEDAD</b>					
<b>Recipiente N°</b>	1	2	3	4	
<b>Recipiente + Suelo Humedo</b>	617.0				
<b>Recipiente + Suelo Seco</b>	562.6				
<b>Peso del Agua (gr)</b>	54.4				
<b>Peso de Recipiente</b>	0.0				
<b>Peso de Suelo Seco (gr)</b>	562.6				
<b>% de Humedad</b>	9.7				
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>					
				<b>Límite Líquido</b> 36 <b>Límite Plástico</b> 24 <b>Índice de Plasticidad</b> 13 <b>Humedad</b> 9.7	
<b>Observaciones :</b>					

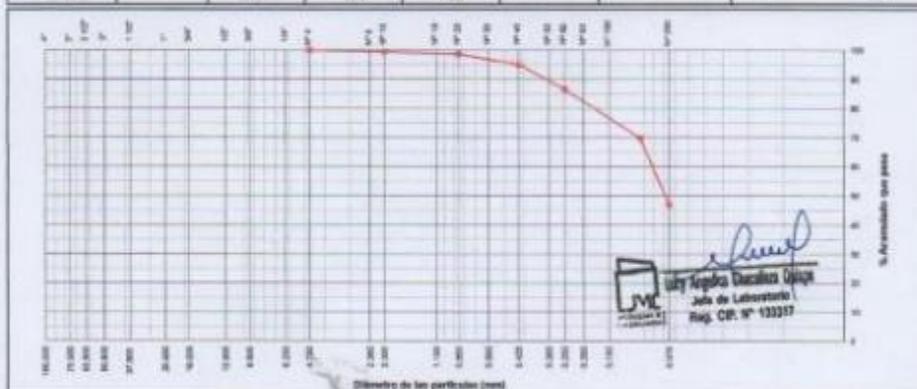
*[Signature]*  
Lucy Jorgelina Chacabarro Galán  
JMC  
Jefe de Laboratorio  
Reg. COF. N° 123117

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D 422**

<b>Cliente :</b>	TEREBIAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO				<b>Certificado N°:</b>	AGS-46	
<b>Obra:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE GEOWALLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANCO AROLLO LIMORO CRUCE AV. SANTA GALLAO Y ELMER FAUCETT				<b>Fecha de Muestra:</b>	18 de Mayo de 2021	
<b>Atención:</b>	BRES. DAN GUISPE / RICAR ALARCON				<b>Fecha de Entrega:</b>	21 de Mayo de 2021	
<b>Procedencia:</b>	CALCATA N° 02 - MUESTRA 01				<b>Clase de Material:</b>	PROPIO	
<b>Ubic. De Muestra:</b>	AV. SANTA GALLAO CON AV. ELMER FAUCETT				<b>Hoja:</b>	01 de 01	

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones	Descripción de la Muestra
4"	100.000						Peso Total 572.8
3"	75.000						
2 1/2"	62.500						
2"	50.800						
1 1/2"	37.500						Límite Líquido N.P.
1"	25.000						
3/4"	19.000						Límite Plástico N.P.
1/2"	12.500						Índice Plasticidad N.P.
3/8"	7.000						
1/4"	6.250						
Nº4	4.750				100.0		Clas. SILCE SM
Nº8	2.360						
Nº10	2.000	3.7	0.6	0.6	99.4		Clas. AASHTO A-4 (2)
Nº16	1.180						
Nº20	0.850	4.0	0.7	1.3	99.7		Cont. Humedad 0.2
Nº30	0.600						
Nº40	0.425	20.5	3.6	4.9	96.1		% de Agregados
Nº60	0.300						% Grava 0.0
Nº60	0.250	48.7	8.5	13.4	91.6		% Arena 53.1
Nº90	0.200						% Fino 46.9
Nº140	0.106	90.7	16.7	30.1	69.9		
Nº200	0.075	131.4	22.9	53.1	46.9		
< Nº200		266.7	46.9	100			



Observaciones: 1- La muestra fue proporcionada por el solicitante



994 217 358  
 contacto@jmcingenieria.com  
 Urb. Santo Domingo de  
 Guzmán L2-8 V Etapa  
 www.jmcingenieria.com

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318				
Cliente :	TESIBIAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	Certificado N°:	LLP-08	
Proyecto:	IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA TRAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANCO APOLO-LIMOSO CRUCE AV. SANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT	Fecha de Muestra:	18 de Mayo de 2021	
Atención:	BRES DAN QUISPE / RICAR ALARCON	Fecha de Entrega:	20 de Mayo de 2021	
Procedencia:	CALICATA N° 02 - WUREIRA 32	Clase de Material:	PROPPIO	
Lote De Muestra:	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUCETT	Hoja:	01 de 01	
LÍMITE LÍQUIDO				
Punta N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
N° de golpes				
Recipiente + Suelo Húmedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
LÍMITE PLÁSTICO				
Punta N°	1	2	3	4
Recipiente N°				
Recipiente + Suelo Húmedo				
Recipiente + Suelo Seco				
Peso del Agua (gr)				
Peso de Recipiente				
Peso de Suelo Seco (gr)				
% de Humedad				
HUMEDAD				
Recipiente N°	1	2	3	4
Recipiente + Suelo Húmedo	620.0			
Recipiente + Suelo Seco	572.8			
Peso del Agua (gr)	47.2			
Peso de Recipiente	0.0			
Peso de Suelo Seco (gr)	572.8			
% de Humedad	8.2			
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				
				Límite Líquido N.P Límite Plástico N.P Índice de Plasticidad N.P Humedad 8.2
Observaciones :				



994 217 358  
 contacto@jmcingenieria.com  
 Urb. Santo Domingo de  
 Guzmán L2-8 V Etapa  
 www.jmcingenieria.com

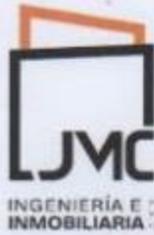
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS POR TAMIZADO  
 ASTM D 422**

<b>Ciudad:</b>	TESISTAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	<b>Certificado N°:</b>	AGB-40
<b>Objeto:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE DECIMILLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARCILLO-LIMOSO CRUCE AV. SANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT	<b>Fecha de Muestra:</b>	18 de Mayo de 2021
<b>Atención:</b>	SRES. DAN QUISPE / RICAR ALARCÓN	<b>Fecha de Ensayo:</b>	27 de Mayo de 2021
<b>Procedencia:</b>	CALEDATA N° 02 - MUESTRA 03	<b>Clase de Material:</b>	PROPIO
<b>Urb. De Muestra:</b>	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUCETT	<b>Hoja:</b>	01 de 01

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones	Descripción de la Muestra
4"	100.000						Peso Inicial 508.2
3"	75.000						
2 1/2"	62.500						
2"	50.800						
1 1/2"	37.500						Límite Líquido 28
1"	25.000						
3/4"	19.000						Límite Plástico 20
1/2"	12.500						
3/8"	7.000				100.0		Índice Plasticidad 8
1/4"	4.250						
Nº4	4.750	7.4	1.3	1.3	98.7		Clas. SUCS ML-CL
Nº6	2.360						
Nº10	2.000	12.7	2.2	3.5	96.5		Clas. AASHTO A-4 (4)
Nº16	1.100						
Nº20	0.850	27.6	4.9	5.4	91.8		Cont. Humedad 12.6
Nº30	0.600						
Nº40	0.425	63.9	11.2	18.6	80.4		
Nº50	0.300						<b>% de Agregados</b>
Nº60	0.250	54.5	9.6	29.2	70.8		% Grava 1.3
Nº80	0.200						% Arena 44.0
Nº140	0.106	31.1	5.5	34.7	65.3		% Fina 54.7
Nº200	0.075	90.4	10.6	45.3	54.7		
> Nº200		310.6	54.7	100			

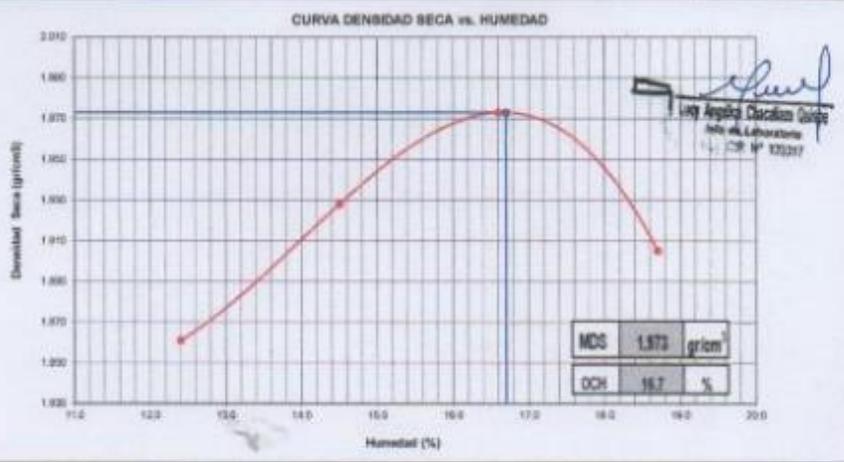


Observaciones: 1- La muestra fue proporcionada por el solicitante



994 217 358  
contacto@jmcingenieria.com  
Urb. Santo Domingo de  
Guzmán L2-8 V Etapa  
www.jmcingenieria.com

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS ASTM D 4318					
Cliente :	TESITAB - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			Certificado N°:	LLP-08
Proyecto:	IMPLEMENTACIÓN DE GEOTALLA TRAZADA PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARIOLLO-LIMOSO DRUCE AV. CANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT			Fecha de Muestreo:	19 de Mayo de 2021
Atención:	SPES. DAN GUSPE / RICAR ALARCÓN			Fecha de Ensayo:	20 de Mayo de 2021
Procedencia:	CALICATA N° 02 - MUESTRA 02			Clase de Material:	PROPFO
Ubic. De Muestra:	AV. CANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUCETT			Hoja	01 de 01
LÍMITE LÍQUIDO					
Prueba N°	1	2	3	4	
Recipiente N°	1	2	3		
N° de golpes	34	28	19		
Recipiente + Suelo Húmedo	45.63	45.34	45.92		
Recipiente + Suelo Seco	42.53	45.18	45.99		
Peso del Agua (gr)	3.1	3.18	3.37		
Peso de Recipiente	30.22	33.04	33.17		
Peso de Suelo Seco (gr)	12.31	12.12	12.38		
% de Humedad	25.18	26.24	27.22		
LÍMITE PLÁSTICO					
Prueba N°	1	2	3	4	
Recipiente N°	FX	TV			
Recipiente + Suelo Húmedo	38.59	38.77			
Recipiente + Suelo Seco	37.29	38.54			
Peso del Agua (gr)	1.33	1.23			
Peso de Recipiente	30.81	32.43			
Peso de Suelo Seco (gr)	6.45	6.11			
% de Humedad	20.04	20.13			
HUMEDAD					
Recipiente N°	1	2	3	4	
Recipiente + Suelo Húmedo	220.0				
Recipiente + Suelo Seco	195.4				
Peso del Agua (gr)	24.6				
Peso de Recipiente	0.0				
Peso de Suelo Seco (gr)	195.4				
% de Humedad	12.6				
<p>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</p>					
			Límite Líquido	26	
			Límite Plástico	20	
			Índice de Plasticidad	6	
			Humedad	12.6	
Observaciones :					

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA ASTM D 1557					
<b>Cliente :</b>	TESBITAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			<b>Certificado N°:</b>	PM-45
<b>Obras:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE GEOWALLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANCO ARCILLO LIMOSO CRUCE AL CANTA GALLAO Y ELMER FAUCETT			<b>Fecha de Muestra:</b>	18 de Mayo de 2021
<b>Atención:</b>	BRES DAN QUISPE / RICAR ALARCON			<b>Fecha de Ensayo:</b>	25 de Mayo de 2021
<b>Procedencia:</b>	CALICATA N° 02 - MUESTRA 02			<b>Clase de Material:</b>	PROPIO
<b>Ubic. De Muestra:</b>	AV. CANTA GALLAO CON AV. ELMER FAUCETT			<b>Página:</b>	01 de 01
COMPACTACION					
Puerta N°	1	2	3	4	5
N° de capas	5	5	5	5	5
N° de golpes por capa	50	50	50	50	50
Peso del Molde + Suelo Compactado (gr.)	10839	11081	11279	11195	
Peso del Molde (gr.)	8435	8435	8435	8435	
Peso del Suelo Compactado (gr.)	4404	4646	4844	4760	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2105	2105	2105	2105	
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.092	2.207	2.301	2.261	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + Suelo Humedo (gr.)	579.1	669.5	611.8	656.3	
Tara + Suelo Seco (gr.)	515.2	602.1	524.7	536.8	
Peso del Agua (gr.)	63.9	67.4	87.1	100.7	
Peso de Tara (gr.)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de Suelo Seco (gr.)	515.2	602.1	524.7	536.8	
Contenido de Humedad (%)	12.4	14.5	16.6	18.7	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.961	1.926	1.873	1.905	
CURVA DENSIDAD SECA vs. HUMEDAD					
 <p>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</p> <p>Humedad (%)</p> <p>MDS 1.873 gr/cm<sup>3</sup> OCH 16.7 %</p>					
Observaciones:					

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) - ASTM D1883**

<b>Cliente :</b>	TEBETAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	<b>Certificado N°:</b>	CGR-41
<b>Obra:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE GEOMALLA TRIAXIAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARCILLO LIMOSO CRUDO AV. SANTA CALLAO Y ELMER FALCETTI	<b>Fecha de Muestreo:</b>	19 de Mayo de 2021
<b>Asesoría:</b>	SREX DAN (SABE) / RICARDO ALARCON	<b>Fecha de Ensayo:</b>	28 de Mayo de 2021
<b>Procedencia:</b>	CALICATA N° 02 - MUESTRA 02	<b>Clase de Material:</b>	PROPIO
<b>Ubic. De Muestreo:</b>	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FALCETTI	<b>Hoja:</b>	01 de 03

**1. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883**

**1a) Ensayo Preliminar de Compactación**

**Ensayo Proctor Modificado ASTM D1557**

Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.875	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad (%)	16.7	%
100% Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.826	g/cm <sup>3</sup>

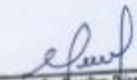
**1b) Compactación del Material**

MOLDE N°	1	2	3
N° de Casos	5	5	5
Numero de golpes fijos	50	25	10
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.975	1.806	1.837
Contenido de Humedad	10.8	10.4	10.0

**1c) Cuadro C.B.R. Para 2.54 mm de Penetración**

MOLDE N°	Penetración (mm)	Presión Aplicada (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión Patrón (kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)
1	2.54	12.3	70.5	17.4
2	2.54	9.3	70.5	13.2
3	2.54	7.0	70.5	10.0

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S.	17.2	%
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S.	15	%

  
Luz Angélica Quevedo Quijón  
Jefa de Laboratorio  
Reg. CP. N° 13217

**OBSERVACIONES:**

NINGUNA



994 217 358  
 contacto@jmcingenieria.com  
 Urb. Santo Domingo de  
 Guzmán L2-8 V Etapa  
 www.jmcingenieria.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) - ASTM D1883**

<b>Cliente :</b>	TERREAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	<b>Certificado N°:</b>	CBR-45
<b>Obra:</b>	IMPLEMENTACIÓN DE GEOWALLA TRINICAL PARA MEJORAR UN SUELO BLANCO AROLLO LIMOSO-CRUCÉ AV. CASTA CALLAO Y ELMER FALCETT	<b>Fecha de Muestreo:</b>	19 de Mayo de 2021
<b>Atención:</b>	SRCS. DAN QUIRPE / RICAR ALARCON	<b>Fecha de Ensayo:</b>	28 de Mayo de 2021
<b>Procedencia:</b>	CALCATA N° 02 - BUESTRIA 02	<b>Clase de Material:</b>	PROPIO
<b>USC De Muestreo:</b>	AV. CASTA CALLAO CON AV. ELMER FALCETT	<b>Hoje:</b>	02 de 03

COMPACTACION	OCH		SATURADO		OCH		SATURADO		OCH		SATURADO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Prueba NP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
N° de capas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
NP de golpes por capa	50	50	25	25	10	10	10	10	10	10		
Peso del molde + suelo compacto (g)	12014	12068	11720	11800	11027	11010	11027	11010	11027	11010		
Peso del molde (g)	7077	7077	7070	7070	7040	7040	7040	7040	7040	7040		
Peso suelo compacto (g)	4937	5000	4710	4790	4002	4071	4002	4071	4002	4071		
Volumen del Molde (cm³)	2140	2140	2134	2134	2132	2132	2132	2132	2132	2132		
Densidad Humeda (g/cm³)	2.307	2.341	2.207	2.245	1.877	1.904	1.877	1.904	1.877	1.904		

CONTENIDO DE HUMEDAD	OCH		SATURADO		OCH		SATURADO		OCH		SATURADO	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Prueba NP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Tara NP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Tara + suelo humedo (g)	620.6	600.6	603.4	621.4	605.3	588.7	605.3	588.7	605.3	588.7		
Tara + suelo seco (g)	591.3	591.8	592.7	592.6	515.3	491.8	515.3	491.8	515.3	491.8		
Peso del agua (g)	29.3	33.9	35.7	38.9	38.2	38.9	38.2	38.9	38.2	38.9		
Peso de arena (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Peso suelo seco (g)	591.3	591.8	592.7	592.6	515.3	491.8	515.3	491.8	515.3	491.8		
Contenido de Humedad (%)	16.8	16.7	16.4	16.5	16.4	16.3	16.4	16.3	16.4	16.3		
Densidad Seca (g/cm³)	1.915	1.972	1.886	1.886	1.807	1.791	1.807	1.791	1.807	1.791		

PENETRACIÓN EN MILIMETROS	PRESIÓN PATRÓN	MOLDE 1				MOLDE 2				MOLDE 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		DIAL	kg/cm²	kg/cm²	%	DIAL	kg/cm²	kg/cm²	%	DIAL	kg/cm²	kg/cm²	%
0.695		35.6	1.3			33.8	1.1			16.9	0.6		
1.275		45.2	4.4			64.4	3.3			52.3	2.7		
1.935		117.1	6.1			86.5	4.6			71.9	3.7		
2.540	70.5	197.6	9.7	12.3	17.4	141.0	7.4	6.3	13.2	115.2	6.0	7.6	10.8
3.810		371.6	14.1			328.3	10.7			186.9	8.7		
5.080	105.7	416.1	21.9			214.5	16.3			225.5	13.3		
6.350		810.5	26.5			385.0	20.1			312.5	16.2		
7.620		920.3	32.9			472.4	24.6			364.9	20.0		
10.180		846.6	44.1			542.2	33.4			521.7	27.1		
12.730		1011.6	52.8			784.8	39.7			621.3	32.3		

FECHA	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
			21/05/2021	10:00 a. m.						
22/05/2021	10:00 a. m.									
23/05/2021	10:00 a. m.									
24/05/2021	10:00 a. m.									
25/05/2021	10:00 a. m.									

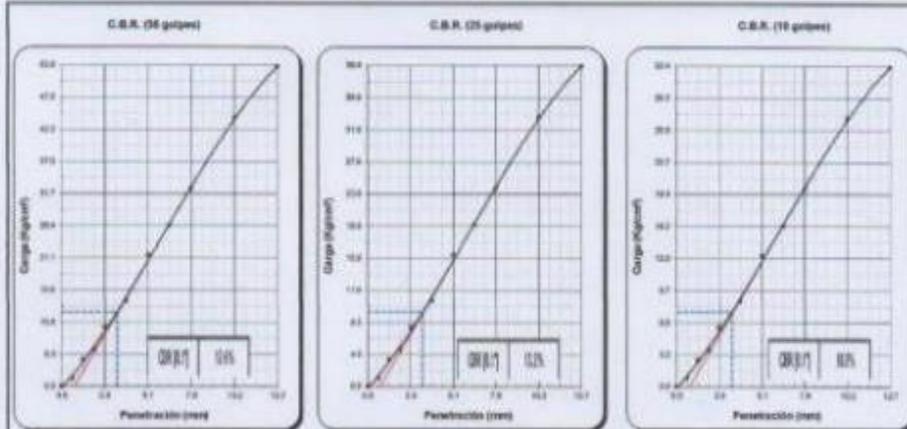
**NO PRESENTO EXPANSION**

*[Firma]*  
 Luis Ignacio Chamorro Quiroga  
 Jefe de Laboratorio  
 Reg. N° 132017

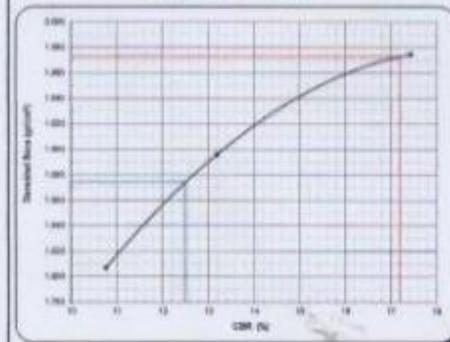
**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) - ASTM D1863**

Cliente :	TRINITAS - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	Certificado N°:	CBR-45
Obra:	IMPLEMENTACIÓN DE GEOTALLA TRINAVIL PARA MEJORAR UN SUELO BLANDO ARCILLO-LIMOSO GRUES AV. SANTA CALLAO Y ELMER FAUCETT	Fecha de Muestreo:	19 de Mayo de 2021
Atención:	ING. DAN QUIROE / RICARDO ALARCÓN	Fecha de Ensayo:	26 de Mayo de 2021
Procedencia:	CALCATA N° 02 - MUESTRA 02	Clase de Material:	PROPC
Ubic. De Muestreo:	AV. SANTA CALLAO CON AV. ELMER FAUCETT	Hoja:	02 de 03

**GRAFICOS**



**CURVA DENSIDAD SECA vs. C.B.R.**



MÉTODO DE COMPACTACIÓN:	ASTM D1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA (kg/m³):	1.973
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	16.1
10% MÁXIMA DENSIDAD SECA (kg/m³):	1.874
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%):	0.1" 17.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%):	0.1" 12.5

**RESULTADOS**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	17.2 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	12.5 %

Observaciones:

*[Signature]*  
Lucy Argüelles Chacabuco  
365 de Laboratorio  
Reg. C.R. N° 13317