



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Aplicación de geomallas multiaxiales para reducir el fisuramiento del pavimento flexible en la calle Real en la provincia de Huancayo, 2019**

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

**AUTOR:**

Vilcas Uchuypoma, Karem Estefany (ORCID: 0000-0002-5756-9893)

**ASESOR:**

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

A Dios por salud, fuerza, bienestar a lo largo de mis estudios universitarios, a mi familia por su apoyo incondicional, al motivarme y ser partícipe día tras día en el cumplimiento de mis metas

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres, a mi asesor por guiarme durante el desarrollo de mi tema de investigación, por brindarme aportes muy importantes, por la gran enseñanza que me brindó y así desarrollar grandes competencias durante mi formación académica, gracias por su gran apoyo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de figuras .....	v
Índice de tablas .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I.INTRODUCCIÓN .....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	8
III.METODOLOGÍA.....	43
3.1 Tipo y diseño de Investigación .....	44
3.2 Operacionalización de Variables .....	44
3.3 Población, muestra y muestreo, unidad de análisis.....	46
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	47
3.5 Procedimiento.....	48
3.6 Métodos de análisis de datos .....	49
3.7 Aspectos éticos .....	50
IV.RESULTADOS.....	51
V.DISCUSIÓN .....	70
VI.CONCLUSIONES .....	74
VII.RECOMENDACIONES .....	75
REFERENCIAS... ..	76
ANEXOS .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real .....	4
Figura N°2: Geomallas Multiaxiales .....	16
Figura N°3: Geomallas Multiaxiales .....	16
Figura N°4: Capacidad Portante de las Geomallas Multiaxiales .....	16
Figura N°5: Propiedades de las Geomallas Multiaxiales.....	17
Figura N°6: Refuerzo de Vías No Pavimentadas .....	17
Figura N°7: Propiedades físico mecánicas de las geomallas.....	19
Figura N°8: Refuerzo de Vías Pavimentadas.....	20
Figura N°9: Mecanismo de refuerzo inducido por las geomallas .....	20
Figura N°10: Superficie de falla no mejorada.....	21
Figura N°11: Refuerzo con geomallas.....	21
Figura N°12: Propiedades de las Geomallas .....	22
Figura N°13: Geomallas Uniaxiales .....	22
Figura N°14: Geomallas Biaxiales.....	23
Figura N°15: Esquema de un Pavimento Flexible.....	24
Figura N°16: Esquema de un Pavimento Rigido .....	25
Figura N°17: Comportamiento entre el pavimento rígido y flexible .....	26
Figura N°18: Mapa de Resistencia.....	27
Figura N°19: Fisuras longitudinales y transversales en el pavimento .....	28
Figura N°20: Fisuras en juntas de construcción.....	29
Figura N°21: Fisura Piel de Cocodrilo .....	30
Figura N°22: Serie de tamices .....	31
Figura N°23: Tamaño máximo de tamices .....	31
Figura N°24: Curva Granulométrica .....	32
Figura N°25: Limite 'Plástico.....	34
Figura N°26: Vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras .....	35
Figura N°27: Placa de carga.....	37
Figura N°28: Variable Independiente (X) influye sobre Variable Dependiente (Y) ...	44
Figura N°29: Curva Granulométrica.....	53
Figura N°30: Valores de Carga / Ensayo sin Geomalla.....	54
Figura N°31: Valores de Descarga o Retorno / Ensayo sin Geomalla .....	55
Figura N°32: Gráfica Asentamiento vs Esfuerzo Aplicado / Ensayo sin Geomalla..	57

Figura N°33: Gráfica de carga directa vs asentamiento en placa de 30cm / Ensayo sin Geomalla .....	59
Figura N°34: Valores de carga / Ensayo con geomalla .....	62
Figura N°35: Valores de Descarga o Retorno / Ensayo con geomalla .....	63
Figura N°36: Gráfica Asentamiento vs Esfuerzo Aplicado / Ensayo con geomalla .	65
Figura N°37: Gráfica de Carga Directa vs Asentamiento en Placa de 30 cm / Ensayo con geomalla .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Identificación de las funciones principales y tipo de geosintéticos ..	19
Tabla N°2: Contenido de Humedad.....	51
Tabla N°3: Límites de Consistencia .....	51
Tabla N°4: Resultados del Análisis Granulométrico .....	52
Tabla N°5: Valores Promedio de Deformación de Placa de 30cm /Ensayo sin Geomalla.....	56
Tabla N°6: Capacidad Portante – Método Francés / Ensayo sin Geomallas ....	60
Tabla N°7: Capacidad Portante – Método Terzaghi – Peck / Ensayo sin Geomallas .....	61
Tabla N°8: Valores Promedio de Deformación / Ensayo con Geomalla.....	64
Tabla N°9: Capacidad Portante – Método Francés / Ensayo con Geomallas ...	68
Tabla N°10: Capacidad Portante – Método Terzaghi – Peck / Ensayo con Geomallas .....	68

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó ensayos en laboratorio y campo para determinar la gran resistencia que contiene este tipo de refuerzo colocado en suelo compactado y suelo propio de la calle Real en la provincia de Huancayo. Por otro lado, el objetivo general es analizar la aplicación de las geomallas multiaxiales para la reducción del fisuramiento del pavimento flexible, por ende se realizó ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado para saber el tipo, características y clase de suelo por la clasificación AASHTO que tiene la calle Real y el ensayo de Placa de Carga para analizar la rigidez del terreno por el módulo de balasto con placa de 30 cm (K30) entre un suelo con geomallas y sin geomallas. Además se analizaron dos métodos para saber la capacidad portante del suelo y como medio de seguridad y trabajos prácticos se escoge el menor valor, es más utilizado en proyectos de infraestructura vial La presente investigación se ubicó en el diseño experimental y explicativo. Es experimental porque se manipuló las variables, además hubo descripción de acontecimiento o situaciones. Se obtuvo resultados positivos, teniendo un (K30 / sin geomallas) es 4.23kg/cm<sup>2</sup>/cm y en (K30 / con geomallas) es 6.42kg/cm<sup>2</sup>/cm, y se obtiene la capacidad portante en suelo propio de 1.38 kg/cm<sup>2</sup>/cm y para un suelo compactado de 2.09 kg/cm<sup>2</sup>/cm, como como conclusión se tiene la diferencia de resistencia que demuestra las geomallas multiaxiales soportante gran carga vehicular y a su vez reduciendo las fisuras al pavimento flexible.

**Palabras claves:** Geomallas Multiaxiales, pavimento flexible, refuerzo.

## ABSTRACT

The present work was carried out laboratory and field tests to determine the great resistance that this type of reinforcement contains, placed in compacted soil and own soil of street Real in the province of Huancayo. On the other hand, the general objective is to analyze the application of multiaxial geogrids to reduce the cracking of the flexible pavement, therefore a Sieve Analysis test was carried out to find out the type, characteristics and class of soil by the AASHTO classification it has street Real and the Load Plate test to analyze the stiffness of the ground by the 30 cm plate ballast module (K30) between a ground with geogrids and without geogrids. In addition, two methods were analyzed to know the bearing capacity of the soil and as a means of safety and practical work the lowest value is chosen, it is most used in road infrastructure projects. The present investigation was located in the experimental and explanatory design. It is experimental because the variables were manipulated, in addition there was a description of an event or situations. Positive results were obtained, having a (K30 / without geogrids) is 4.23kg / cm<sup>2</sup> / cm and in (K30 / with geogrids) it is 6.42kg / cm<sup>2</sup> / cm, and the bearing capacity in own soil of 1.38 kg / cm<sup>2</sup> is obtained / cm and for a compacted soil of 2.09 kg / cm<sup>2</sup> / cm, as a conclusion there is the resistance difference that multiaxial geogrids withstand high vehicular load and in turn reducing cracks to the flexible pavement.

**Keywords:** Multi-axis geogrids, flexible pavement, reinforcement

## **I. INTRODUCCIÓN**

Hasta la presente fecha las industrias en la construcción, siendo los países de Japón, Rusia, Francia, Estados Unidos, entre otros, tienen considerables dilemas ya que presentan un descenso antes las programaciones de obras viales, ya que los trabajos en pavimentos flexibles, en ejecuciones de suelos inconsistentes no se determinan al tiempo correspondiente, por ende el incremento en la sociedad y la gran cantidad de vehículos genera grandes deformidades en la ciencia, provocando fisuras al pavimento y vías públicas. Estas fallas son provocados por varios elementos frente a la ejecución de la capa del pavimento flexible que es la subrasante en construcciones viales, por ende estos elementos son: las estructura del pavimento mal ejecutadas, falla tipo piel de cocodrilo, las cargas pesadas, la subrasante contaminada, entre otros, estos exigen dar prioridad a la aplicación de geomallas multiaxiales para mejorar el pavimento flexible en la Calle Real.

En los países de América, constructoras destinadas a la ejecución de infraestructura vial que trabajan directamente con pavimentos, el problema esencial contiene los siguientes factores: Durabilidad, bajo rendimiento de las capas, materiales mal ejecutados y bajo rendimiento en costo y control de tiempos. Los suelos delicados o de baja carga es muy peligroso para las estructuras basadas en calles despejadas, establecimientos, entre otros, esto genera las fisuras al pavimento. Los pavimentos protegidos con geomallas multiaxiales tienden a aumentar su resistencia ya que estas soportan todo tipo de carga vehicular. Se ha percibido como el pavimento de avenidas, calles y carreteras, se han ido fisurando por diferentes factores, ocasionando que pierda consistencia, además de tener grietas, hundimientos, o los conocidos baches tanto en la superficie, que viene a ser la capa asfáltica, estas circunstancias provocan accidentes de tránsito y un gran tráfico vehicular. Por ello se espera que el mantenimiento sea de acuerdo a las programaciones entre las capas del pavimento con la finalidad de ejecutar calles, carreteras, avenidas entre otros.

En nuestro país se muestra gran cantidad de obras viales en pavimentos en calles, avenidas y carreteras, esto quiere decir que está relacionado al requerimiento de los elementos del pavimento flexible de carreteras principales y secundarias, mejoramiento de calles principales y calles auxiliares. Las geomallas multiaxiales son muy importantes ya que refuerzan al pavimento, por

ende soporta los diferentes tipos de clima. Por ende, se genera la problemática siendo por la carencia de conocimiento y de los estudios de diseño para los reforzamientos en taludes, reforzamiento de pendientes y el buen estado del pavimento que nos permite tener definiciones de los requisitos, además de los distintos ejemplos de elementos. Además, las limitaciones disminuyen su soporte vertical y la alineación de las socavaciones en el desarrollo del pavimento flexible. Debido que existen problemas, realizan ensayos para mejorar su ejecución.

Según el Manual de Carreteras y Conservación Vial (2014, p. 171) (MTC): Establece un grupo de funciones en los proyectos de infraestructura en carreteras, se necesitan elaborar en manera rápida, así se evita el presente desgaste en las carreteras, calles y avenidas, desde el momento que es detectado el problema vial debe ser solucionado en el mínimo tiempo posible. Por esta razón, se debe revisar diariamente el camino de manera visual, así se conservará el tiempo de vida útil, además de dar seguridad a los conductores en sus vehículos para su tránsito. Por ello en nuestro país existe el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, lo cual existen varios artículos que explican sobre el mantenimiento de carreteras, permitiendo así que las empresas tengan en cuenta sobre este procedimiento al terminar dichas obras viales. La falta de mantenimiento es el impedimento esencial, ya que muestran su gran mayoría en obras viales ya sea por la excesiva cantidad de material u otras causas. Este posee diversos niveles de dificultad y peligro ya que pueden ocurrir accidentes vehiculares, dependiendo del estado de la carretera o vía, por ejemplo, dentro de los accidentes se puede tener la volcadura de un vehículo y el conductor salga dañado.

La Calle Real de la Provincia de Huancayo no es ajeno a este problema ya que en la actualidad el pavimento flexible está totalmente fisurado, además estos problemas han llegado hasta las capas del pavimento ocasionadas por una mala distribución de cargas que ejercen los vehículos sobre el pavimento flexible de dicha calle. Es esencial conocer el estado en el que se encuentra el pavimento flexible, realizando estudios de suelo, cumplir con las dimensiones planteadas y revisar la calidad de cada material, al cumplir estos requisitos se evitará accidentes y se dará un mejor aspecto a la sociedad. Gonzales (2009) indica:"

Se debe de cumplir con todos los procedimientos y requisitos de la norma para que no haya ninguna fisura durante la vida útil de la carretera o vía “(p.23). Por ende, se debe realizar una programación de tiempos para la ejecución de cada actividad necesaria en obra. Los ensayos en los pavimentos con geomallas multiaxiales contienen el respaldo en los requisitos y la capacidad con mayor intensidad, las condiciones y el control en toda la subrasante, la muestra y la condición en materiales, la densidad de los rellenos y los fortalecimientos de las geomallas multiaxiales. El método de este tipo de geosintético debe estar diseñada, por ejemplo: ejecutar con rigurosas obligaciones, esto se realiza para la ejecución del pavimento en poca vitalidad, teniendo en cuenta que no se realiza un mantenimiento adecuado. (Ver figura N°1)

**Figura N°1.** Fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real



**El problema general de la investigación es el siguiente:** ¿Cómo la aplicación de geomallas multiaxiales podrá reducir el fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019? **Problemas Específicos de la investigación:** ¿De qué manera las deformaciones es influenciado para la aplicación de las geomallas multiaxiales para la reducción de fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019?

¿Cómo los ensayos en campo contribuirá en la aplicación de las geomallas multiaxiales para reducir el fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019?

¿Cómo la distribución de agregados analizarán ante la aplicación de las geomallas multiaxiales para reducir el fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019?

**Se tiene como hipótesis general:** La Aplicación de Geomallas Multiaxiales es relevante para la reducción de fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real de la Provincia de Huancayo, 2019. **Hipótesis Específicas:** Los estudios en las deformaciones ayudarán ante la aplicación de las geomallas multiaxiales para la reducción de fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019.

Los ensayos en campo permiten la aplicación de las geomallas multiaxiales para reducir el fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019.

La distribución de agregados ante la aplicación de las geomallas multiaxiales reduce el fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019.

**El objetivo general** de la presente investigación es analizar la aplicación de geomallas multiaxiales para la reducción de fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019. **Objetivos Específicos:** Identificar las fisuras ante la aplicación de las geomallas multiaxiales para la reducción del fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019.

Establecer ensayos en campo para la aplicación de las geomallas multiaxiales, reduciendo el fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019.

Establecer la distribución de agregados ante la aplicación de las geomallas multiaxiales para la reducción de fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en la provincia de Huancayo, 2019.

**Las justificaciones de la investigación son las siguientes: Justificación**

**Teórica:** Desde el punto de vista teórico daremos a conocer sobre la variable independiente aplicación de las geomallas multiaxiales por Santillán (2015) “las geomallas multiaxiales de polipropileno están ejecutadas específicamente para la resistencia del pavimento, buscando como solución a los problemas de las carreteras consiguiendo el ahorro de costos y de plazos en infraestructuras viales”.

Por otro lado tenemos a la variable dependiente fisuramiento del pavimento flexible por Humpiri (2011) “indica que el fisuramiento son grietas perpendiculares que se presentan en las calzadas de las carreteras, no están cubiertas de pavimentos, cemento u otra mezcla, además de no contar con mantenimiento adecuado”. **Justificación Práctica:** Los resultados del trabajo fueron realizados en laboratorios certificados y siendo confiables con ellos veremos la resistencia que existe al colocar en una prueba las geomallas multiaxiales, teniendo cargas sobre ellas y el otro ensayo solo con material propio, también se dará a conocer los ensayos en laboratorio siendo Análisis Granulométrico por Tamizado y el ensayo en campo siendo Placa de Cargas ejecutados en material propio y el otro utilizando las geomallas multiaxiales con sus respectivos resultados y procedimiento. **Justificación Social:** Se les brindará a los pobladores de la Calle Real en el Distrito de Chilca un diagnóstico de que grave está la situación de las carreteras en su zona, además se le explicara cómo se debe mejorar dichas pavimentaciones, que se debe de hacer ante esta situación que pasan día a día cuando transitan los vehículos ante pavimentos fisurados. **Justificación Económica:** Se evalúa de seguir las sugerencias que se alcanzará al culminar el proyecto de investigación los pobladores podrán evitar caer en gastos de reparaciones a temprana edad sobre las carretas que se ejecutarán. **Justificación Ambiental:** En todos los proyectos

de infraestructura vial se busca que el impacto ambiental que producen estas ejecuciones sea mínimo, por tal motivo con la presente investigación se trata de advertir y prevenir sobre la contaminación ambiental a los pobladores de la Calle Real en el Distrito de Chilca.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Zevallos, (2009), según su tesis: *Reconocimiento e Inspección en las fisuras superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca*. Tuvo como objetivo reconocer las condiciones de fisura que tiene una vía, carretera o avenidas y realizar varios estudios pensando en la situación que se encuentra el pavimento. Las fisuras son factores negativos que se visualiza luego de su ejecución, y son ocasionados por la gran carga vehicular, exceso de materiales, personal inexperta, por ende se debería realizar mantenimientos. Por lo tanto se concluye: Que las vías deben de recibir mantenimiento constante para que no exista fisuras u otro factor negativo, además se recomienda el estudio de las carreteras, así perdure su periodo de vida útil.

Humpiri, (2015), según su tesis: *Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región de Puno*. Tiene como objetivo estudiar las fisuras externas que son producidas en los pavimentos en la Región de Puno. Los pavimentos flexibles que se encuentra en Puno tienen varios daños causados en la capa asfáltica, por ende se realizaron varios estudios topográficos para encontrar el problema que conlleva este daño, además la cantidad de carretas en la Región de Puno está incrementando día tras día, la carga vehicular causa muchos problemas a la pavimentación causando deterioro, fisuras ocasionando que las capas bajen su resistencia, por ello el mantenimiento que se realiza no es el adecuado en las construcciones viales por ende no cumplen su tiempo de vida útil, lo cual fue ejecutado dichas Por lo tanto se concluye: Reducir la cantidad de factores negativos que se muestran en las infraestructuras viales, en algunos casos se visualizan pero en otros casos a la hora de que los vehículos transitan se manifiesta los problemas.

Rodríguez, (2004), según su tesis: *Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método de Reciclaje – Lima*. Tuvo como objetivo: Analizar las presencias más esenciales en el método de reciclaje en los pavimentos, estando en una temperatura de calor o frío. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: Que había pocos recursos en elementos que no contaban dentro o cerca de la ejecución, y los materiales

no utilizados, también se encuentran requisitos al utilizar el manejo de materiales como son: aglomerantes, aditivos, maquinarias pesadas, mano de obra, entre otros, cabe resaltar que los componentes deben pasar por un estudio y analizar si pueden ser procesados para generar nuevas mezclas y ser utilizado en el pavimento flexible. Por lo tanto se concluye: Que los proyectos en caso de pavimentaciones estará sujeto a factores negativos siendo provocadas principalmente por mano de obra y materiales mal utilizados o con gran cantidad por esto es necesario realizar una supervisión a los materiales utilizados en obra, así no habrá daños en las capas asfálticas.

Gonzales, (2015), según su tesis: *Tipo de Fisura en el Pavimento Flexible de la Avenida Vía de Evitamiento Sur, Cajamarca*. Tuvo como objetivo: Determinar las fisuras del pavimento flexible para así no haya factores ajenos a las vías o carreteras. Cada elemento que conforman la subrasante de una vía, calle, entre otros, son muy esenciales en su proceso de ejecución y su densidad solicitado de los pavimentos. Por ende se debe analizar las propiedades de los componentes y se debe cumplir administrando y supervisando los estudios de suelos, los pavimentos flexibles tienen gran potencialidad y presentan propiedades mecánicas e hidráulicas, lo cual ayudan a minimizar los factores negativos en los pavimentos flexibles. Por lo tanto, se concluye: Que este tipo de pavimento determina las dimensiones de reconstrucción y son: relleno de fisuras, dependerá de la capacidad de alteración siendo el caso de los parches y bacheo conteniendo mezcla asfáltica, por otro lado el pavimento flexible estaría deteriorado por la gran carga vehicular siendo en el caso de hundimientos, baches, entre otros.

Arce (2015), según su tesis: *Mejoramiento de la Subrasante con Geomallas Multiaxiales Aplicado en un tramo de la Calle Alemania – la Molina en Cajamarca*. Tiene como objetivo: Estimar la mejora en la subrasante utilizando las geomallas multiaxiales, así ver la resistencia del tramo escogido. Cada estudio pedológico del terreno obtuvo resultados correspondientes para analizar las características físicas, como: la granulometría, capacidad portante, contenido de humedad,

densidad, entre otros. Por lo tanto, concluye: Que el uso de las geomallas son muy importantes ya que es una alternativa de mejora para el pavimento, además de su gran ahorro en material utilizado para las ejecuciones de carreteras.

Cabanillas (2014), según su tesis: *Análisis técnico – económico del uso de Geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles – Lima, Perú*. Tiene como objetivo: Determinar si el uso de Geomallas es una correcta opción en el ámbito económico, sin reducir los cursos ya separados por la empresa que usara las geomallas como refuerzo en los pavimentos, se observó el propósito varias alternativas bajo las especificaciones de la empresa, la razón esencial es utilizar las geomallas sin tener gastos altos, y así demostrar que son resistentes y sobretodo con bajo costo y mano de obra en nuestro. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: Para poder llegar a una conclusión se tuvo que realizar una reunión explicando los procedimientos que se van a ejecutar y que todos tengan conocimiento de las geomallas. Por lo tanto se concluye: Se reconocen las utilidades que conlleva el empleo de este tipo de geosintéticos, siendo establecido en el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, ya sea por tener pavimentos flexibles en buen estado y con mantenimiento adecuado.

Sicha, (2012), según su tesis: *Diseño con Geosintéticos para la función de separación, Filtración y Refuerzo en Pavimentos Flexibles de Lima*. Tiene como objetivo: Ofrecer ideas globales sobre el diseño de geotextil como separación – filtración y con geomallas como refuerzo al pavimento flexible, además de aplicarse procedimientos a un proyecto y se determinó los problemas técnicos y de ámbito económico en los elementos utilizados. La aplicación de estos materiales podría permitir un mayor avance y eficiencia al proyecto de los pavimentos flexibles con geosintéticos, además tiene el método técnico y económico. Por lo tanto, se concluye: Que el uso de geotextil de filtración siendo un tipo de geosintéticos ayudará a drenar toda el agua filtrada manteniendo el coeficiente de filtración de diseño del pavimento flexible.

Mendoza, (2011), según su tesis: *Los Geosintéticos Aplicados a Obras de pavimento flexible – Ecuador*. Tiene como objetivo: Presentar la metodología renovadora así proyectar el pavimento flexible utilizando los geosintéticos y e indicar las capacidades en el ámbito económicas y optimización en recursos, además realizando una descripción de los materiales que conforman los pavimentos flexibles y el procedimiento de diseño. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: El procedimiento ante el diseño de geomallas debe proporcionar resultados positivos ante los materiales del proyecto. Por lo tanto se concluye: Que deben ser analizadas las opciones en general ante su diseño, estando de acuerdo con los métodos de apreciación.

Miranda, (2010), según su tesis: *Fisuras del Pavimento Rígido y Pavimento Flexible. Aplicada en la ciudad de Valdivia – Chile*. Tiene como objetivo: Detallar las fisuras que soportan los dos tipos de pavimentos siendo: rígidos y flexibles, además de conceder, resolver para el mantenimiento y restablecimiento en los pavimentos. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: Los pavimentos de la base asfáltica, quiere decir, pavimentos logrados de petróleos asfálticos para los pavimentos flexibles y rígidos, son lo más recomendados en la pavimentación, teniendo propiedades adecuadas y de gran resistencia ante cualquier tipo de clima. Por lo tanto, se concluye: Tener una conservación al pavimento adecuado y constante siendo obligatorio, además de utilizar geosintéticos que son de gran facilidad en puesto en obra e instalación y son de bajo costo, así conservar la economía y conservar a la infraestructura ante el servicio de la sociedad.

Ruiz, (2011), según su tesis: *Análisis de los Factores que producen las fisuras en los Pavimentos Flexibles realizado en la ciudad de Sangolqui – Ecuador*. Tuvo como objetivo: Examinar los problemas que provocan las fisuras en este tipo de pavimento de la ciudad de Sangolqui, además de analizar las fisuras observadas en los pavimentos. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: En esa ciudad pequeña las vías

están totalmente descuidadas ya que no reciben un mantenimiento determinado, porque lo ejecutan con materiales de bajo costo y no realizan un control de calidad, por cada tramo existe diferentes tipos de fallas al pavimento flexibles. Por ende se concluye: Es muy importante y obligatorio seguir y establecer de manera necesaria los reglamentos de diseño así las infraestructuras viales cumplirán su tiempo de vida útil, también evitar y reducir las fisuras contemplados en el estudio del presente documento.

Lozano y Tabares, (2015), según su tesis: *Diagnóstico de Vía existente y Diseño del pavimento flexible de la Vía Nueva mediante Parámetros obtenidos del Estudio en Fase I de la Vía acceso al barrio Ciudadela Del Café –Vía la Badela en Colombia*. Tuvo como objetivo: Enseñar los rendimientos alcanzados para la apreciación de las distintas metodologías y elementos utilizados para el proyecto de infraestructura vial requerido según la solicitud de tránsito del sector. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: Que el pavimento flexible estaba deteriorado a causa del excesivo material como: agua, asfalto, entre otros, puesto por los trabajadores, por ende, esta vía no tiene su mantenimiento correspondiente. Por lo tanto, se concluye: El comportamiento del territorio no está delimitado, lo cual la gran cantidad de carga vehicular no es representativo por el estado del pavimento flexible, por ende, se debe revisar cada material antes de utilizarlo para que no haya problemas en el desarrollo durante su periodo establecido.

Tello, (2009), según su tesis: *Evaluación y Reparación de Pavimentos Flexibles por el Método de Granulometría – Guatemala*. Tuvo como objetivo: Analizar los procedimientos más esenciales del método de granulometría de este tipo de infraestructura vial, siendo muy importante en este país ya que se obtendrá resultados muy exactos. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: En este tipo de proyectos no contaban con el espacio ni materiales adecuados, por ello se optimizó el uso de varios elementos para así realizar los ensayos respectivos, teniendo mano de obra especializada y lo equipos correspondientes .Por lo tanto se concluye: Que

este método tuvo mucha satisfacción ya que ayuda a la sociedad teniendo sus carreteras en buen estado, teniendo una supervisión a cada elemento a utilizar en obra y en los ensayos de laboratorio.

Noboa, (2016), según su tesis: *Evaluación en el Nivel de Resistencia en una Subrasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil – Universidad de Cuenca - Ecuador*. Tuvo como objetivo: Definir y analizar el nivel de vitalidad ante la sub rasante, empleando los dos tipos de geosintéticos que son el geotextil y una geomalla como sistema de reforzamiento y desarrolle un examen con la finalidad de que puede dar el paso con las circunstancias. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: El plomo logrado en la oficina de exploración se repitió a través de modelos numéricos evaluados y las tensiones en la interfaz de la capa de sustrato granular y la posterior confirmación de los componentes vigorizantes. Por lo tanto se concluye: Lo realizado en los ensayos hay una inmensa disminución en el espesor de la capa en el espesor de la capa superior al sustrato, además el uso de las geomallas se orienta a la mejora construcción de pavimentos flexibles.

Rebollo, (2014), según su tesis: *Howls on asphalt pavements using geosynthetics* presentada en el congreso Latinoamericano de Asfalto – Medellín. Tuvo como objetivo: Observar varios factores en primer lugar la falla que es el ahullamiento en carreteras, siendo uno de los más comunes, dándose por falta de mantenimiento, por ende se realizan curvas para ver su gravedad y así cumpliendo con su vida útil. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: Que los geosintéticos luego de ser empleado en los ensayos de laboratorio se observó la gran resistencia siendo puestos varias cargas pesadas. Por lo tanto se concluye: Que es una buena opción utilizar geosintéticos para evitar la falla de ahullamiento en las carreteras, dándole un bienestar a la sociedad y realizando un mantenimiento a la pavimentación.

Delbono, (2011), según su tesis: First experiences in howling and reflex cracking, in concrete pavements with asphalt reinforcement using geosynthetic materials – Estados Unidos. Tuvo como objetivo: Reunir varios ensayos para demostrar que los geosintéticos son de gran resistencia para los pavimentos flexibles. El nivel de investigación fue descriptivo de revisión bibliográfica y textos. Los resultados fueron: Que los geosintéticos reducen las fallas al pavimento y pueden soportar varias cargas vehiculares siendo estas pesadas. Por lo tanto se concluye: Que son aditivos con alta resistencia y siendo económicas y fácil de utilizarlos sin tener gran cantidad de personal trabajando para ello.

### **Teorías relacionadas al tema**

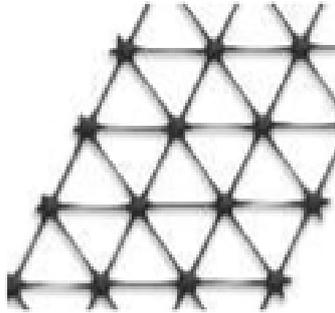
#### **Teoría sobre la variable independiente: Aplicación de Geomallas Multiaxiales**

Son geomallas con gran durabilidad donde muestran una vitalidad ante cualquier desgaste en el pavimento, por ende este tipo de geosintético se encuentra entre la base y sub base. Además el refuerzo del pavimento fue un gran desarrollo a las geomallas biaxiales, por ende se decide en emplear agujeros con aspecto de triángulos, siendo el más apropiado y permanente en los pavimentos flexibles. También presentan un elevado desempeño debido a características propias.

Representa una abertura en forma triangular, con un peso y cualidades elementales que establecen una gran conservación contra la pérdida de cargas vehiculares y la protección ante su mantenimiento y rehabilitación, además contiene una elevada seguridad contra las imperfecciones provocadas entre su utilización y la pérdida de cargas transitadas durante su ciclo de vida del pavimento flexible. (Cajigas, 2007). (Ver figura N°2,3 y 4)

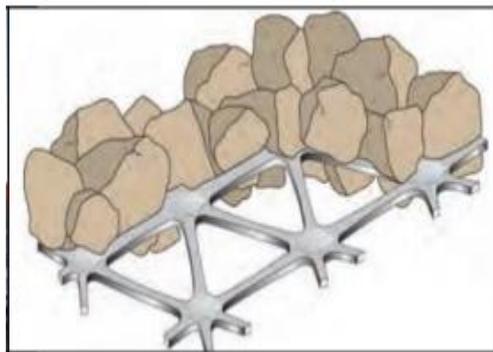
En las geomallas multiaxiales la separación de las costillas es de 1.3 pulgadas que equivale a 33mm, esta abertura más pequeña esta para entrelazarse con materiales de base que tienen un diámetro de 50 menores a 22 mm, así los agregados no podrían pasar a la siguiente capa del pavimento, además las geomallas se ubican entre la subbase y subrasante.

**Figura N°2. Geomallas Multiaxiales**



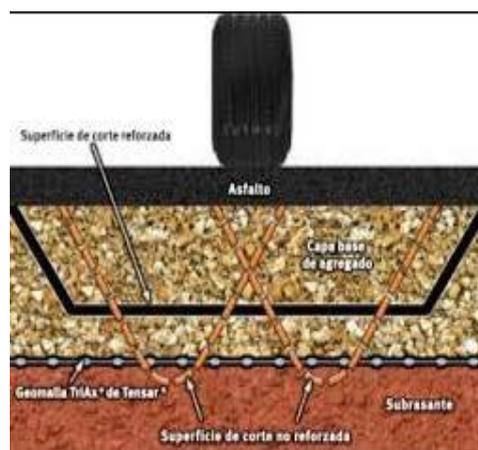
Fuente: Cajigas, 2007

**Figura N°3. Geomallas Multiaxiales**



Fuente: Tensar, 2017

**Figura N°4. Capacidad Portante de las Geomallas Multiaxiales**



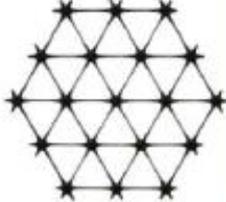
Fuente: Tensar, 2009

Propiedades de las Geomallas Multiaxiales

**Figura N°5. Propiedades de las Geomallas Multiaxiales**

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

**Tensar TriAx® Geogrid**



**General**

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

Index Properties	Longitudinal	Diagonal	General
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rib pitch<sup>(2)</sup>, mm (in)</li> <li>Rib shape</li> <li>Aperture shape</li> </ul>	33 (1.30)	33 (1.30)	Rectangular Triangular
<b>Structural Integrity</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Junction efficiency<sup>(2)</sup>, %</li> <li>Isotropic Stiffness Ratio<sup>(6)</sup></li> <li>Radial stiffness at low strain<sup>(2)</sup>, kN/m @ 0.5% strain (lb/ft @ 0.5% strain)</li> </ul>			93 0.6 200 (13,708)
<b>Durability</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistance to chemical degradation<sup>(8)</sup></li> <li>Resistance to ultra-violet light and weathering<sup>(7)</sup></li> </ul>			100% 70%
<b>Dimensions and Delivery</b>			
The TX geogrid shall be delivered to the jobsite in roll form with each roll individually identified and nominally measuring 3.0 meters (9.8 feet) and/or 4.0 meters (13.1 feet) in width and 75 meters (246 feet) in length and 4.87 meters (16 feet) in width by 100 meters (328 feet) in length.			

Fuente (Tensar, 2014)

**Figura N°6. Propiedades físico mecánicas de las geomallas**

PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LAS GEOMALLAS				
PROPIEDADES FÍSICAS		EG 20S	EG 30S	EG 40S
Abertura nominal de la malla longitudinal	mm	35.0	35.0	33.0
Abertura nominal de la malla transversal	mm	40.0	38.0	37.0
Polímero		polipropileno	polipropileno	polipropileno
Gramaje (+/- 5%)	g/m2	250	350	500
color		negro	negro	negro
PROPIEDADES MECANICAS		EG 20S	EG 30S	EG 40S
Resistencia longitudinal a la tracción	KN/m ISO 10319	20.0	30.0	40.0
Resistencia transversal a la tracción	KN/m ISO 10319	20.0	30.0	40.0
Resistencia longitudinal a la ruptura	% ISO 10319	12.0	12.0	12.0
Resistencia transversal a la ruptura	% ISO 10319	10.0	10.0	10.0
Resistencia longitudinal a 2% de deformación	KN/m ISO 10319	7.0	11.0	13.0
Resistencia transversal a 2% de deformación	KN/m ISO 10319	7.0	11.0	15.0
Resistencia longitudinal a 5% de deformación	KN/m ISO 10319	10.0	15.0	16.0
Resistencia transversal a 5% de deformación	KN/m ISO 10319	13.0	15.0	20.0
PRESENTACION DEL ROLLO		EG 20S	EG 30S	EG 40S
Ancho del rollo	m	3.9	3.9	3.9
Largo del rollo	m	50	50	50

Fuente (Tensar, 2014)

**Geosintéticos:** Se conoce como geosintéticos al conjunto de elementos que son producto de los polímeros que están compuestos por petróleo, o también llamado “plásticos” y son de forma de redes tejidos, armaduras, etc. Este material tiene como clasificación a: geomembranas, geodrenes, geotextiles, geoceldas, geocompuestos de bentonita, geomallas y geomantas.

Las funciones principales de los geosintéticos se determina por la separación que obstaculiza el contacto que poseen las diferentes capas así se evita la contaminación y permite que el flujo de los líquidos entre las capas, también la filtración es el empleo de fuerzas hidrodinámicas, permitiendo el paso de partículas, además el drenaje es el procedimiento de eliminación de evacuación del fluido entre la composición de la infraestructura vial; el cargo principal que tienen cada tipo de geosintéticos es el “refuerzo” para el incremento de las características de funcionamiento y para que no sufra deterioro se debe de proteger el suelo o terreno (Aguirre,2010).

Las geomallas empleadas en el pavimento flexible desarrollan dos funciones primarias de los geosintéticos que son: refuerzo y separación. Las geomallas contienen tres usos esenciales dentro de un sistema de pavimentación y son: reducción de la sección transversal en la infraestructura de la vía, cumplir con el tiempo establecido de la estructura ejecutada y servir como ayuda ante las construcciones sobre suelos blandos.

Las geomallas se han utilizado con éxito para proporcionar un soporte en la construcción sobre la capa subbase. En esta utilidad las geomallas mejoran su capacidad de compactación de los agregados finos y gruesos que lo cubren, por ello reduce la cantidad de material solicitado para ser reemplazado y eliminado.

**Refuerzo de vías no pavimentadas:** Los geosintéticos son utilizados en calles no pavimentadas, suelos blandos y sus resultados de trabajo son de mucho éxito, por ende son muy utilizados en este tipo de construcciones. Cuando este material esta específicamente compuesto, tienen por lo menos una de sus ventajas que son: apoyo, refuerzo, siendo los geotextiles y geomallas multiaxiales los más empleados en estos tipos de trabajos (Palmeira, 2006). (Ver figura N°7)

Ventajas en las carreteras no reforzadas:

Mayor vida útil

Mantenimiento constante

**Figura N°7.** Refuerzo de Vías No Pavimentadas



Fuente: Palmeira, 2006

**Tabla N°1.** Identificación de las funciones principales y tipo de geosintéticos

TIPO DE GEOSINTÉTICO	FUNCIÓN PRINCIPAL				
	SEPARACIÓN	REFUERZO	FILTRACIÓN	DRENAJE	CONTAMINACIÓN
GEOTEXTIL	X	X	X	X	
GEOMALLA		X			
GEOMENBRANA					X
GEOCOMPUESTOS	X	X	X	X	X
REVESTIMIENTOS GEOSINTÉTICOS CON ARCILLA					X
GEOESPUMAS	X				

Fuente: (Koerne, 2016)

**Reforzamiento en vías pavimentadas:** Las autopistas, caminos y carreteras son importantes para el crecimiento de nuestro país y se encuentran en el tipo de vías pavimentadas, esto es generada al gran flujo constante de transporte de carga pesada, teniendo como limitaciones del clima y sus propiedades mecánicas, de los componentes utilizados en la ejecución de las estructuras viales (pavimentos), a su vez tienden a prolongarse ampliamente menor a los proyectados (Palmeira, 2006). (Ver figura N°8)

**Figura N° 8.** Refuerzo de vías pavimentadas

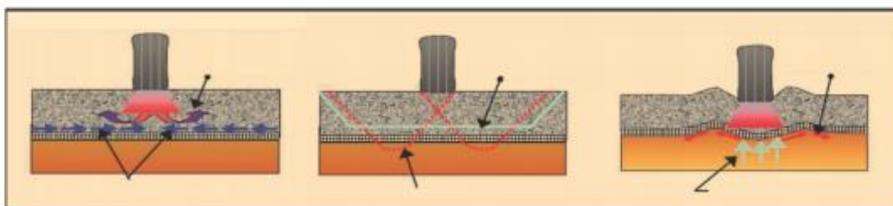


Fuente: Palmeira, 2006

**Restricción Lateral:** El mecanismo primordial para el funcionamiento del refuerzo en el pavimento flexible es la restricción lateral (Bender y Barenberg, 1978). Además este mecanismo se desarrolla por la fricción que hay entre la geomalla y el suelo, por ende el mecanismo es de resistencia el esfuerzo cortante. (Perkins 1999).

**Aumento en la capacidad de soporte:** Las cargas superficiales conllevan esfuerzos a la carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante, la resistencia que tiene la geomalla prohíbe las deformaciones en la capa base, ocasionando un tipo de confinamiento, por ende aumenta la resistencia al esfuerzo cortante. El tamaño del material de la base y las geomallas deben tener correlación para que el componente desarrolle su capacidad y resistencia. (Ver figura N°9)

**Figura N° 9.** Mecanismos de refuerzo inducido por las geomallas

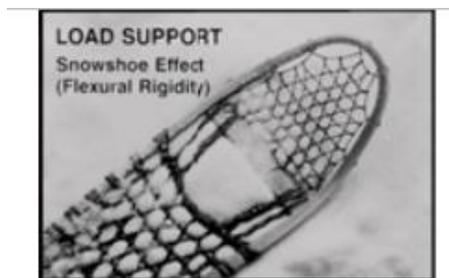


Fuente: Holtz, 1998

**Mejoramiento del Terreno:** La función de las geomallas permite asignar las cargas aplicadas de la manera correcta, obteniendo que los elementos de esfuerzos cortantes y verticales desaparezcan antes de llegar al terreno natural,

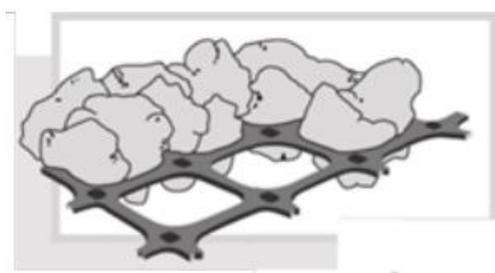
previniendo que se produzca hundimientos y esto ocurre al estar en presencia de suelo blando. (Ver figura N°10 y 11)

**Figura N° 10.** Superficie de falla no mejorada



Fuente: USACOE

**Figura N° 11.** Refuerzo con geomalla



Fuente: USACOE

**Geomallas:** Las geomallas son utilizadas para evitar o disminuir el enrejado provocado por el fallo de la capacidad portante de las capa base y de la subrasante y movimiento lateral de los materiales de las capa base o de la subrasante. En el ámbito económico su aplicación de estas geomallas tiene resultados positivos, disminuyendo volúmenes en el movimiento de tierras; teniendo como principal factor el aumento de vida útil del pavimento, en el ámbito ambiental reduce el impacto de la emisión de carbono en las funciones de la construcción elaborados con la tecnología.

**Diferentes Aplicaciones de la Geomallas:** Las geomallas tienen diferentes funciones, entre ellos tenemos: Mejoramiento de caminos, reforzamiento de taludes y reforzamiento – mejoramiento de cimentaciones. (Ver figura N°12)

**Figura N°12.** Propiedades de las Geomallas

Propiedades mecánicas		Método de prueba	UNIDAD	BX1515PP	BX2020PP	BX2525PP	BX3030PP	BX4040PP
Resistencia a la tensión última <sup>(1)</sup>	DM	ASTM 6637	kN/m	17.7	24.8	28.7	33.2	39.5
	DC	ASTM 6637	kN/m	15.2	19.4	26.0	31.1	38.9
Resistencia última <sub>(2)</sub>	DM	ASTM 6637	%	11.9	8.6	15.7	14.4	18.8
	DC	ASTM 6637	%	7.8	8	9.8	6.9	9.9
Resistencia a la tensión al 2% <sup>(1)</sup>	DM	ASTM 6637	kN/m	6.3	11.1	9.5	11.9	13.9
	DC	ASTM 6637	kN/m	6.6	8.5	10.9	14.2	14.6
Resistencia a la tensión al 5% <sup>(1)</sup>	DM	ASTM 6637	kN/m	12.3	20.7	19.5	22.7	28.1
	DC	ASTM 6637	kN/m	12.4	16.0	20.1	26.7	28.8
Resistencia en el ensamble <sub>(2)</sub>	DM	GRI-GG2	kN/m	17.9	26.0	27.6	31.3	37.1
	DC	GRI-GG2	kN/m	15.6	19.9	23.6	29.0	35.7

Propiedades Físicas		UNIDAD	BX1515PP	BX2020PP	BX2525PP	BX3030PP	BX4040PP
Tamaño de Apertura DM <sub>(2)</sub>	Nominal	mm	49	43.7	37.9	41.4	38.7
Tamaño de Apertura DC <sub>(2)</sub>	Nominal	mm	40.4	41.9	37.6	38.9	40.5
Ancho del rollo <sub>(1)</sub>	Mínimo	m	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
Largo del rollo <sub>(1, 2)</sub>	Mínimo	m	50	50	50	50	50
Peso estimado del rollo <sub>(2)</sub>		kg/lbs	44 kg/97lbs	53 kg/117lbs	50 kg/130lbs	77 kg/169lbs	107 kg/235lbs

Fuente: evi.com, 2010

### Clasificación de Geomallas

**Geomallas Uniaxiales:** Este tipo de geomallas están recubiertos de poliéster, además de presentar una gran resistencia y teniendo un alto soporte de esfuerzos en el terreno. En las construcciones las geomallas uniaxiales son utilizadas en muros reforzados, muros de contención, terraplenes y taludes. (Ver figura N°13)

**Figura N°13.** Geomallas Uniaxiales

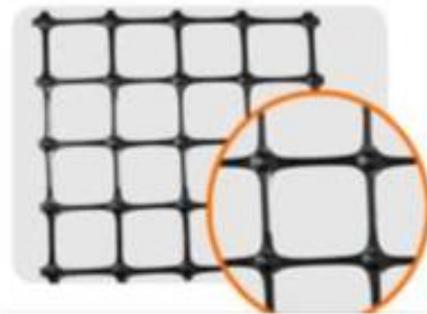


Fuente: Cajigas, 2007

**Geomallas Biaxiales:** Suministra una confinación contigua, por ende el aumento de la vitalidad a tensión que se encuentra en el terreno superficial. La geomallas biaxiales son utilizadas para resistir los taludes, y sobre el pavimento permite que tenga resistencia y provoca la disminución del esfuerzo a la estructura, además la deformación ante la subrasante, provocando una deformación cortante, además se da la reducción de descentramiento. Esto quiere decir que la capacidad cortante es transmitida desde la capa del

pavimento que viene a ser la capa granular hacia la geomalla biaxial, provocando tensión en ambas, por ende se deberá instalar muchas capas de este tipo de geosintéticos, estando dentro de la capa base del pavimento. Existen varios beneficios en la geomalla biaxial pero los principales son el mejoramiento de la distribución de cargas o esfuerzos y el aumento de confinamiento. (Cajigas, 2007). (Ver figura N°14)

**Figura N°14. Geomallas Biaxiales**



Fuente: Cajigas, 2007

**Propiedades de la Geomalla:** La medida de consistencia de los agujeros de las geomallas facilita una buena relación con la conducta medida de las carreteras pavimentadas que están integrados por muchas muestras distintas de geomallas. También, contiene una dimensión de consistencia en los planos de especificaciones y el equilibrio de los agregados y la unión de este tipo de geosintético.

#### **Teoría sobre la variable dependiente: Fisuramiento del Pavimento Flexible**

**Diseño de Pavimentos:** Los pavimentos deben ser construidos mediante estudios realizados y sobretodo que el terreno de fundación tenga una gran resistencia, a este tipo de pavimento flexible transitarán muchos vehículos con diferentes cargas y por ende debería resistir sin que ocurra alguna deformación y exceda lo permitido. También se debe tener en cuenta que la capa superior del pavimento debe detener una gran resistencia para soportar las cargas. Cada tipo de pavimento contiene características y dimensiones diferentes, a su vez un tipo de suelo distinto.

**Pavimento Flexible:** Este tipo de pavimento contiene una capa de consistencia delgada siendo de mezcla asfáltica, además está constituida sobre dos capas y

estas son: base y subbase, siendo por su gran mayoría de componente granular. También tienden a estar en un terreno compactado y este viene a ser la subrasante.

En los recubrimientos, las cargas son superiores, se van a utilizar componentes con alta resistencia a cargas vehiculares, además en los recubrimientos de baja resistencia sus esfuerzos serán disminuidos, por ende se colocan elementos de baja resistencia (Soto, 2013). (Ver figura N°15 y 17)

Su estructura generalmente está conformada por:

Carpeta Asfáltica

Capa Base

Capa Subbase

Capa Subrasante

Tienen como finalidad ante su ejecución:

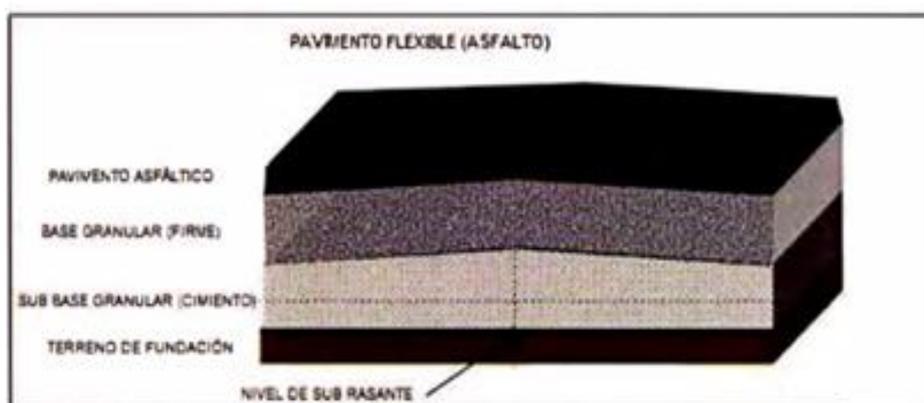
Conservar un terreno o suelo estable y manejable para el tránsito de cargas vehiculares.

Proteger un grado de maleabilidad para revestir los establecimientos que se realizan en la parte superior de la estructura (cimiento).

Soportar el desgaste por los cambios climáticos y el tránsito vehicular.

Soportar las cargas que pasan que se presentan día tras día.

**Figura N°15.** Esquema de un pavimento flexible



Fuente: Gonzales, 2015

**Pavimento Rígido:** Este tipo de pavimento está conformado como primera capa por una placa con material de concreto Portland mediante la capa base o directamente sobre el nivel de subrasante. Los esfuerzos son transmitidos directamente al terreno en modo minimizado, además de ser muy resistente, también a la hora de echar el concreto debe estar moderado, para que no ocurran problemas con el pavimento. También contienen una gran resistencia y alta medida de elasticidad, soportando cargas pesadas y están compuestos por superficies prolongados al suelo.

En el caso del pavimento rígido está conformado por una capa firme y por una losa de concreto hidráulico ya que le brinda alta resistencia a la flexión (Soto, 2013).

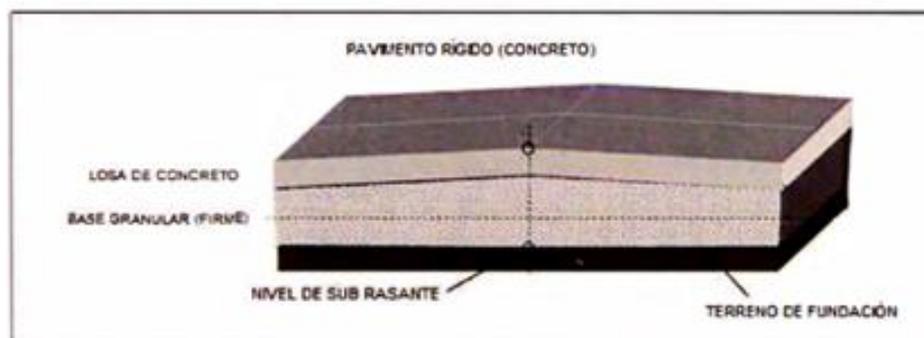
Para que este pavimento no sufra cualquier tipo de fisuras ya que es provocado por cambios de temperatura y la gran carga de vehículos, por ello en su diseño se toma los siguientes parámetros. (Ver figura N°16 y 17)

Resistencia del concreto

Condiciones climáticas

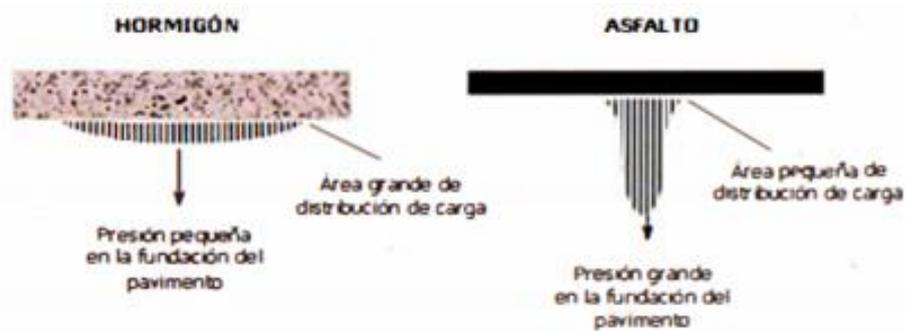
Peso, tipo y volumen de los vehículos

**Figura N°16.** Esquema de un pavimento rígido



Fuente: Ruiz, 2011

**Figura N°17.** Esquema de comportamiento entre pavimento rígido y flexible



Fuente: Gonzales y Ruiz (2015-2011)

**Asfalto:** Es una mezcla que está compactada y es sólida compuesta por hidrocarburos y minerales que en su mayoría de veces utilizada en su ejecución en las calzadas del pavimento, además sus propiedades más esenciales y conocidas son la pegajosidad, viscosidad y su intensidad al color negro, teniendo como primer elemento del asfalto o mejor conocido y empleado con el nombre de “betún”, es un aglomerante de mezclas asfálticas que es usado en la construcción de carreteras, calles, avenidas, entre otros.

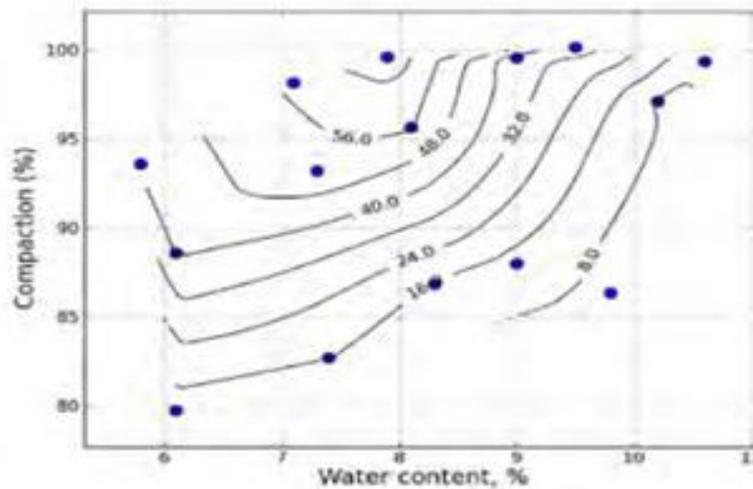
La mezcla asfáltica es parte muy esencial en la estructura del pavimento y este está sujeto a varias cargas mecánicas y fenómenos intrínsecos de los cuales sus funciones dependerán en el transcurso de su vida útil, mientras se da su proceso de diseño y ejecución por ende se dan distintos ensayos a la mezcla con la finalidad de saber su resistencia. Para este tipo de ensayos particularmente se usa la metodología de fisuración por fatiga donde se mide en vigas de flexión, se aplica diversos esfuerzos sobre las muestras hasta dar la falla en la mezcla asfáltica.

**CBR:** Es un método donde es realizado en campo y laboratorio, en el caso si se realiza en campo se evalúa su desempeño a través de ensayos en el laboratorio para ellos se utilizan el gráfico de humedad vs densidad, además de ser un procedimiento para evaluar la calidad correspondiente del suelo para cada capa del pavimento que son: subrasante, subbase y base (Sánchez, 2012).

Además, determinar la condición de los elementos del terreno de fundación con base en su vitalidad mediante ensayos a escala, lo cual su procedimiento de

ensayo es: se utiliza el material pistón metálico de una dimensión de 0.5 pulgadas cuadradas en la superficie, por ende suministrarlo en el terreno en un molde metálico a una velocidad constante. (Ver figura N°18)

**Figura N°18.** Mapa de Resistencia



Fuente: Sánchez, 2012

### Fallas del Pavimento Flexible

**Grietas de Borde:** Estas grietas son paralelas al eje de la vía y generalmente están a una distancia entre los 0.30 y 0.60m del borde exterior del pavimento, este tipo de falla se da por la gran carga vehicular, también se puede originar por los diferentes cambios climáticos y no cuentan con bermas pavimentadas, además este tipo de fisura forman polígonos en forma rectangular, donde los lados miden en promedio 0.30m, además es muy parecido a la fisura de piel de cocodrilo ya que actúa por la misma carga vehicular.

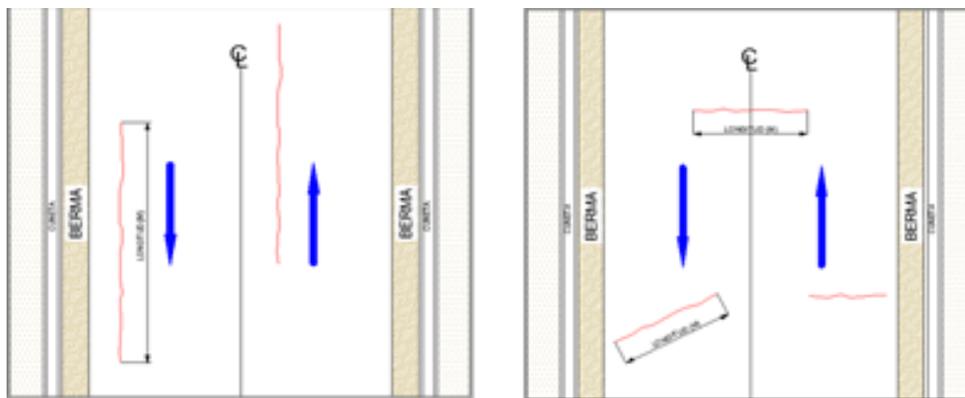
**Ahuellamiento:** Es una deformación permanente, se da en cualquier capa del pavimento flexible y esto se produce por consolidación o movimiento lateral de los materiales debido al diferente tipo de carga pesada.

**Fisuras longitudinales y transversales:** Esta fisura es indicio de la existencia de esfuerzos en alguna de las capas del pavimento, quiere decir que ha sido

superada la durabilidad de los componentes. La ubicación de estas fisuras se encuentran dentro de un carril, es un indicativo de las causas que los generó, ya que estas fallas se encuentran en zonas sujetas a cargas de los vehículos, también pueden estar relacionados ante el problema de fatiga de una estructura o un desgaste de la carretera.

Una de las causas más comunes es la rigidez de la mezcla asfáltica por envejecimiento del asfalto y este se da por temperaturas altas superiores a 30°C. (Ver figura N°19)

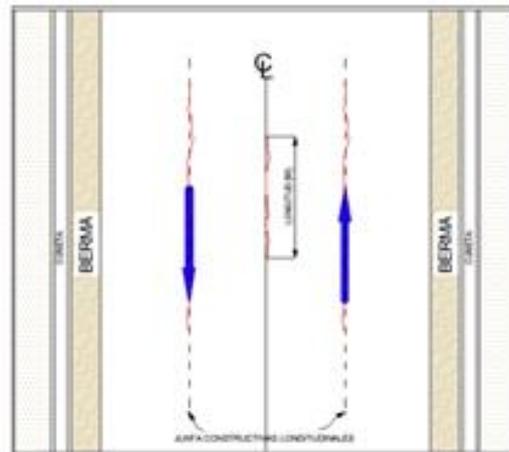
**Figura N°19.** Fisuras longitudinales y transversales en el pavimento flexible



Fuente: Humpiri, 2015

**Fisuras en juntas de construcción:** Pertenecen a las fisuras longitudinales y transversales ocasionadas por la incorrecta realización de las juntas que dañan a la Carpeta Asfáltica de las juntas en lugares de gran amplitud. Por su mayoría están ubicadas en el eje de las pistas, además coinciden con el ancho de los carriles de la carretera, zonas de ensanche y en zona de unión entre dos etapas de distribución al pavimento asfáltico. (Ver figura N°20)

**Figura N°20.** Fisuras en Juntas de Construcción



Fuente: Humpiri, 2015

**Fisura Piel de Cocodrilo:** También es conocido como Agrietamiento de fatiga se refiere a fisuras interconectadas que son provocadas por acción de la fatiga del terreno o el desgaste de pavimento asfáltico sometidas a varias cargas vehiculares. Esta fisura es producida en la capa base de la superficie de concreto asfáltico o base estabilizada, donde los esfuerzos de tensión y las deformaciones unitarias son más altos bajo la carga de la rueda de los vehículos. La piel de cocodrilo se da en áreas sujetas a altas cargas de tráfico, por ende se debe de realizar mantenimientos constante ya que es una falla muy constante en la carreteras. (Ver figura N°21)

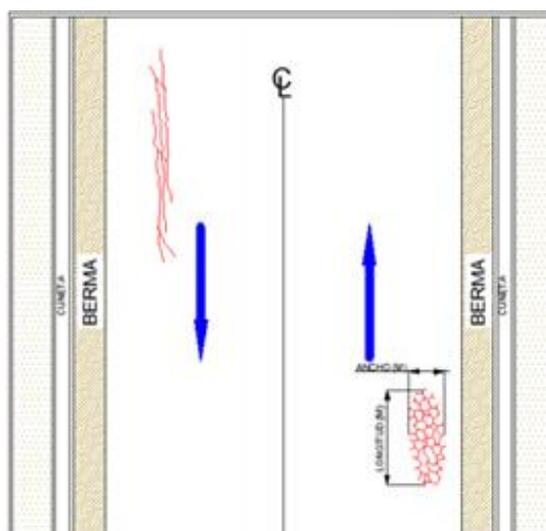
Niveles de severidad en fisuras de piel de cocodrilo

Baja = Aberturas menores a 1mm

Media = Aberturas entre 1mm y 3mm

Alta = Aberturas mayores a 3 mm

**Figura N°21.** Fisura Piel de Cocodrilo



Fuente: Humpiri, 2015

**Ensayo de Compactación (Proctor Modificado):** Un suelo con un contenido de Humedad definido es ubicado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 o 56 golpes con un pisón de 10 lbf (44.5 N) desde una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup> (2 700 kn-m/m<sup>3</sup>). Se determina el Peso Unitario Seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua del Suelo. Estos datos, cuando son ploteados, representan una relación curvilínea conocida como curva de Compactación. Los valores de Óptimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

**Análisis Granulométrico:** Según el Manual de Ensayo de Materiales (2016), se determina el tamaño de partículas ya sea de agregado fino, grueso, por ello se realizará por medio del tamizado, siendo de poca utilidad en los suelos finos, a su vez las partículas con tamaño superior a 0.075 es para determinar mediante el tamizado con mallas certificadas, siendo confiable a su resultado. (Ver figura N°22 y 23)

**Figura N°22. Serie de tamices**

3" (75.0 mm)	1/2" (12.5 mm)	N° 12 (1.70 mm)	N° 50 (0.300mm)
2 1/2" (63.0 mm)	3/8" (9.5 mm)	N° 14 (1.40 mm)	N° 60 (0.250mm)
2" (50.0 mm)	5/16" (8.0 mm)	N° 16 (1.18 mm)	N° 70 (0.212mm)
1 3/4" (45.0 mm)	1/4" (6.3 mm)	N° 18 (1.00 mm)	N° 80 (0.180mm)
1 1/2" (37.5 mm)	N° 4 (4.75 mm)	N° 20 (0.850mm)	N° 100(0.150mm)
1 1/4" (31.5 mm)	N° 5 (4.00 mm)	N° 25(0.710 mm)	N° 120(0.125mm)
1" (25.0 mm)	N° 6 (3.35 mm)	N° 30 (0.600mm)	N° 140(0.106mm)
7/8" (22.4 mm)	N° 7 (2.80 mm)	N° 35 (0.500mm)	N° 170(0.090mm)
3/4" (19.0 mm)	N° 8 (2.36 mm)	N° 40 (0.425mm)	N°200(0.075mm)
5/8" (16.0 mm)	N° 10(2.00 mm)	N° 45 (0.355mm)	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, UNI, 2006

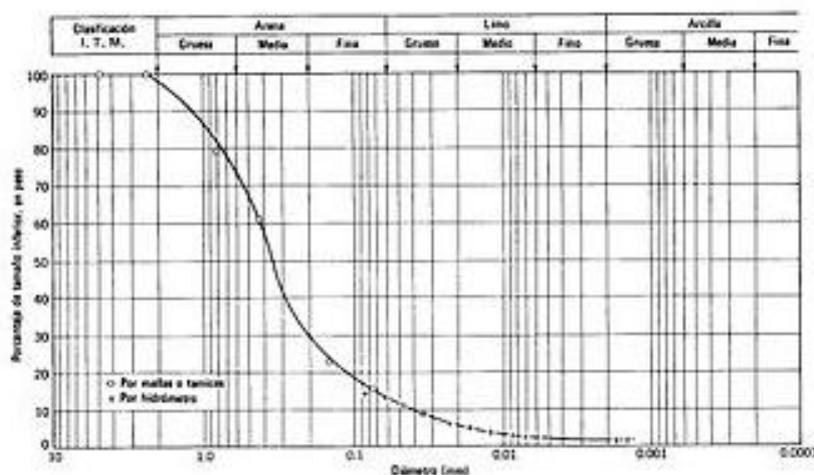
**Figura N°23. Tamaño máximo de tamices**

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción ( gr)
9,5 ( 3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC

Según la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), el análisis granulométrico por tamizado es la proporción que pasa por cada tamiz, es ahí donde se calculará los porcentajes retenidos y los que pasan, esto se realizará por cada uno de los tamices utilizados en los ensayos de laboratorio. Los resultados se presentarán en el siguiente cuadro, donde se indicará la curva obtenida luego del análisis granulométrico. (Ver figura N°24)

**Figura N°24.** Curva Granulométrica



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, UNI, Análisis granulométrico por tamizado, 2006

**Procedimiento del Análisis Granulométrico por Tamizado:** Este sistema de prueba cubre la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de partícula en suelos. La distribución de los tamaños de partícula en gran parte de  $75 \mu m$  (retenido en el tamiz del No.200), es determinada por tamizado, mientras que la distribución de los tamaños de partícula más pequeñas de  $75 \mu m$  son determinadas por un proceso de sedimentación, usando un aerómetro para asegurar los datos necesarios.

La separación se puede hacer en el tamiz N°. 4 (4,75-milímetro), N°. 40 (los  $42.5\mu m$ ), o N°. 200 ( $75\mu m$ ) en vez del N°. 10. Para cualquier tamiz utilizado, el tamaño será especificado.

Los tipos de dispositivos de la dispersión son: un agitador mecánico de la alta velocidad, y dispersor de aire.

Este tipo de labor indica que los dispositivos de aire-dispersión producen una dispersión más positiva en suelos plásticos debajo del tamaño de los  $20 \mu m$  y apreciable de menos degradación en todos los tamaños cuando son usados en los suelos arenosos. Debido a las ventajas definidas que favorecen la dispersión del aire, se recomienda su uso. Los resultados de los dos tipos de dispositivos diferencian en magnitud, dependiendo del tipo del suelo,

conduciendo a las diferencias marcadas en la distribución de tamaño de partícula, especialmente para los tamaños más finos de 20  $\mu$  m.

**Análisis por tamizado:** Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis por tamices se hace bien con la muestra entera, o bien con parte de ella, después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca a estufa una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices, se puede efectuar sin previo lavado.

**Muestra para el ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado:** Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

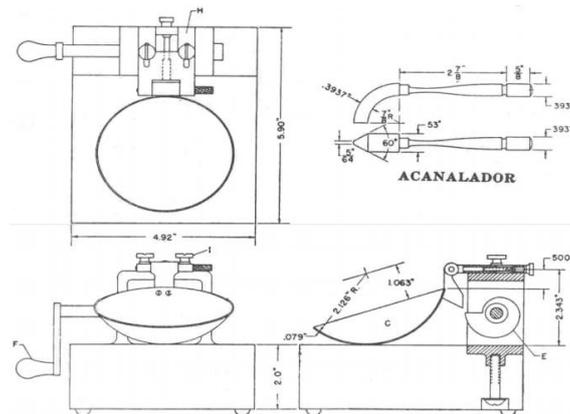
Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico según las norma ASTM D421, la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz N°4 y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayarán por separado.

El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en la Norma ASTM D421, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico.

**Limite Plástico:** Es una de las propiedades más utilizadas en los ensayos de laboratorio y se da mediante un procedimiento normalizado, en que una mezcla de suelo y agua, siendo suficiente para ser moldeada, para su procedimiento, es

colocar una muestra húmeda en la copa de Casagrande, dividirlo en dos con el acanalador y contar el número de golpes requerido para cerrar la ranura. Si el número de golpes es exactamente 25, el contenido de humedad de la muestra es el límite líquido. El procedimiento estándar es efectuar por lo menos tres determinaciones para tres contenidos de humedad diferentes, además se anota el número de golpes y su contenido de humedad. (Ver figura N°25)

**Figura N°25.** Esquema de la Copa Casagrande y acanalador para suelo cohesivo



Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, UNI, 2006

El suelo se define como una combinación de varios minerales meteorizados y de materia orgánica en descomposición, se localiza en una capa delgada que cubre la tierra y contiene grandes cantidades de agua y aire que sirven de sustento y soportes a las plantas y otros organismos, para la ingeniería civil, el suelo se define como un elemento no consolidado compuesto por partículas líquidas, sólidas y vacíos que ocupan espacio entre ellas.

**Estabilización de Suelos:** Se aplican un conjunto de métodos físicos y químicos para permitir el mejoramiento de los suelos y así logre su vida útil sin tener deformaciones. En el ámbito de infraestructuras viales, la estabilización incluye varios métodos que permiten mejorar suelos y así proporcionar o generar capas resistentes que sirvan para la estructura del pavimento, que son subrasante, subbase, base y la capa asfáltica, llevándolas a condiciones óptimas de humedad y densidad que proveen mejores propiedades en cuanto a su resistencia, durabilidad y económicamente. (Parra, 2018)

**Flujo Vehicular:** Existen varios componentes que perjudican al flujo vehicular, y estos son los siguientes: las particularidades geométricas de la vía (ancho, pendiente, curvatura), tipo de superficie (tratamiento superficial, trocha, carpeta asfáltica, afirmado), además existen los deterioros, fisuras como: ahullamientos, hundimientos, entre otros.

Tipo de Superficie: Uno de los principales tipos de superficie es: superficie de rodadura que es una causa que provoca específicamente en el tráfico vehicular, esto quiere decir que el desarrollo de un vehículo que transita por una superficie de trocha se relaciona con la velocidad que este puede desarrollar durante la circulación de una vía pavimentada. (Manual de Carreteras – Diseño Geométrico, 2014) (Ver figura N°26)

**Figura N°26.** Vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40	1,50	7,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 / 4,00	3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 / 12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75	0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80	1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC

**Vehículos ligeros:** La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no restringen el proyecto, a menos que sea para una vía por la que no circulan camiones, situación menos posible en ejecuciones de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles: El ancho es 2,10 m y su largo es 5,80 m. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se necesita conocer conceptos importantes en diversas alturas, relacionadas a los vehículos ligeros, que recubren las ocasiones más convenientes en cuanto a visibilidad y estos son: h: altura de los

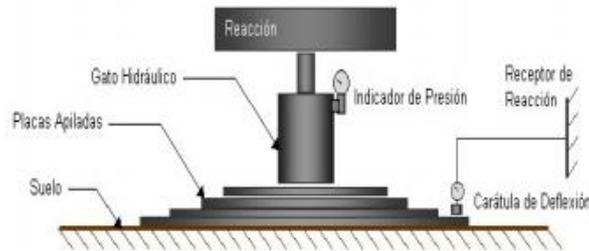
faros delanteros: 0,60 m, h1: altura de los ojos del conductor: **1,07 m**. h2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: **0,15 m**. h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: **0,45 m**. h5: altura del techo de un automóvil: **1,30 m**. (Manual de Carreteras – Diseño Geométrico, 2014)

**Vehículos Pesados:** Las dimensiones correctas de los vehículos a ser utilizados en el concepto geométrico son las dispuestas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diferentes alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más convenientes en cuanto a visibilidad, y estos son: h: altura de los faros delanteros: **0,60 m**, h3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: **2,50 m**, h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: **0,45 m**, h6: altura del techo del vehículo pesado, **4,10 m**. (Manual de Carreteras – Diseño Geométrico, 2014)

**Placa de Cargas:** El Dr. Steve Perkins de la Universidad Estatal de Montana inmediatamente después de culminar su trabajo “Pavimentos Flexibles Reforzados con Geosintéticos”, realizado conjuntamente entre la Universidad de Montana y la FHWA. Tensar adicionó con este trabajo. El reporte manifiesta a escala natural, que para una subrasante relativamente blanda, la inclusión de geomallas Tensar incrementa el Módulo de Reacción de Subrasante (‘k’) aproximadamente de **46 a 92%**. El módulo de reacción de suelo permanece a la capacidad portante que tiene el terreno natural en donde se sostendrá el cuerpo del pavimento. El valor del módulo de reacción (‘k’) se puede conseguir directamente del terreno mediante la prueba de placa **ASTM D1195 y D1196**. El valor de ‘k’ simboliza el soporte (terreno natural y la aplicación de geomalla multiaxial) y se puede aumentar al tomar la aportación de la subbase. Cuando se diseña un pavimento es probable que se tengan diferentes valores de ‘k’ a lo largo del tramo por diseñar, el método AASHTO recomienda utilizar el valor

promedio de los módulos 'k' para el diseño estructural. (Tensor, 2013) (Ver figura N°27)

**Figura N°27. Placa de Carga**



Fuente: AASHTO

**Este ensayo tiene como objetivo:**

Establecer el proceso para determinar el módulo de reacción de subrasante o módulo de balasto, los mismos que serán concordantes con las especificaciones técnicas y normas ASTM D1196-16.

Como variante de un ensayo de placa de carga convencional, se calculará el módulo de balasto en dos condiciones, sin la colocación de geomalla y con esta; para al final verificar el cambio del módulo de balasto con esta mejora de la subrasante.

**Teniendo como alcance:**

Este método de prueba cubre la realización de pruebas de carga de placas estáticas no repetitivas en suelos de la subbase/subrasante y componentes del pavimento, ya sea en condiciones compactadas o en estado natural, y proporciona datos para su uso en la evaluación y diseño en los pavimentos rígidos y flexibles de aeropuertos y carreteras.

Las pruebas de carga estática in-situ se utilizan para la evaluación y diseño de estructuras de pavimento, para este caso, específicamente, a nivel de subrasante sin ningún tipo de refuerzo.

Complementariamente, el presente manual describe el proceso de ensayo de placa de carga estática a nivel de subrasante, compactado naturalmente y compactado con la adición de las geomallas multiaxiales.

### **Equipos Utilizados:**

**Dispositivo de carga:** Un camión o remolque o una combinación de un remolque de tractor, un marco anclado u otra estructura cargada con suficiente peso para producir la reacción deseada en la superficie bajo prueba. Los puntos de apoyo (ruedas en el caso de un camión o remolque) deben estar al menos a 2,4 m de la circunferencia de la placa de rodamiento de mayor diámetro que se utiliza.

**Conjunto de gato hidráulico:** Con un accesorio de rodamiento esférico, capaz de aplicar y liberar la carga en incrementos. El gato debe tener la capacidad suficiente para aplicar la carga máxima requerida y debe estar equipado con un medidor calibrado con precisión que indique la magnitud de la carga aplicada.

**Placa de carga:** Conjunto de placas de carga de acero circulares de no menos de 25.4 mm de espesor, mecanizadas de modo que puedan colocarse en forma piramidal para garantizar la rigidez, y que tengan diámetros que oscilan entre 152 y 762 mm. Los diámetros de las placas adyacentes en la disposición piramidal no deben diferir en más de 152 mm.

**Indicadores de marcado (Diales):** Dos o más, graduados en unidades de 0.01 mm Y capaces de registrar una deflexión máxima de 25.4 mm u otros dispositivos de medición de deflexión equivalentes.

### **Materiales y herramientas:**

Nivel de burbuja.

Cucharas/palas para excavaciones de ser necesario.

### **Ubicación del Punto a Ensayar**

Se asignará personal calificado para la ejecución de los ensayos de placa de carga (in-situ), estos serán transportados al lugar del proyecto con los equipos, materiales y herramientas necesarias.

El personal técnico responsable localizará los puntos a ensayar con instrucción de un GPS navegador o con ayuda de algún personal del cliente solicitante.

Se transcribirá la etiqueta/identificación, los datos del punto (coordenadas), fecha, lugar de muestreo, profundidad, ubicación, sector en el formato técnico respectivo; se deberá también tomar fotografías del lugar de ensayo de ser posible.

Se supervisará los procedimientos de la preparación del lugar de ensayo y se verificará cumplan los requerimientos exigidos en la Norma ASTM D1196.

El Técnico de Laboratorio apuntará las condiciones de terreno necesarias que exige el formato técnico del ensayo, esto incluye por ejemplo la identificación de si es un suelo granular o cohesivo (dar un fraccionamiento de ser posible), identificación de nivel freático o cualquier otra observación, etc.

Se verificará la operatividad y calibración vigente de los equipos a emplear en el ensayo de placa de carga.

Todas las actividades involucradas en la determinación del módulo de reacción de subrasante o módulo de balasto en campo se ejecutarán basándose en la Norma ASTM 1196-16 y se registrarán en el formato correspondiente.

### **Preparación del lugar de ensayo para ensayo sin geomalla:**

Límpiese el área que se va a ensayar de materiales sueltos y nivélese.

Con cuidado, centre una placa de apoyo del diámetro seleccionado debajo del conjunto del gato.

Coloque las placas restantes de diámetro más pequeño concéntricas y encima de la placa de apoyo. Ajuste el nivel de la placa de apoyo en un lecho delgado

de una mezcla de arena y yeso de París, solo de yeso o arena fina, utilizando la menor cantidad de materiales, necesarios para una carga uniforme.

Para evitar la pérdida de humedad del subsuelo durante la prueba de carga, cubra el subrasante expuesto a una distancia de 1,8 m de la circunferencia de la placa de soporte con una lona o papel resistente al agua.

Cuando se realicen pruebas de carga no confinadas a una profundidad por debajo de la superficie, retire el material circundante para proporcionar un espacio libre igual a uno y medio de diámetro de la placa de apoyo desde el borde de la placa de apoyo. Para pruebas confinadas, el diámetro del área circular excavada debe ser suficiente para acomodar la placa de apoyo seleccionada.

Use un número suficiente de indicadores de marcado, ubicados y fijados en su posición para indicar el asentamiento promedio de la placa de apoyo. Cuando se utilizan dos indicadores de cuadrante, se deben colocar cerca de cada extremo de un diámetro de la placa de apoyo, a 25,4 mm de la circunferencia. Cuando se utilizan tres medidores, deben colocarse en un ángulo de 120° entre sí y equidistantes de la circunferencia de la placa de apoyo. Cada conjunto individual de lecturas se promediará, y este valor se registra como la lectura promedio de asentamiento.

Después de que el equipo se ha dispuesto correctamente, con toda la carga muerta (gata, placas, etc.) actuando, asiente la placa de carga y el ensamblaje mediante la rápida aplicación y liberación de una carga suficiente para producir un asentamiento de no menos de 0.25 mm ni más de 0.51 mm, como lo indican los diales. Cuando las agujas del dial se detengan después de liberar esta carga, vuelva a colocar la placa aplicando la mitad de la carga registrada produciendo una deflexión de 0.25 a 0.51 mm. Cuando las agujas del dial hayan vuelto a descansar, ajuste cada dial con precisión en su marca cero.

### **Preparación del lugar de ensayo para ensayo con geomalla:**

En el punto de análisis realizar una excavación a la profundidad solicitada para la colocación de la geomalla, en este caso por requerimiento se excavó a 0.15 m de la superficie.

Límpiese el área que se va a ensayar de materiales sueltos y nivélese para una adecuada colocación de la geomalla.

Tender adecuadamente la geomalla sobre la superficie nivelada, previniendo cualquier pérdida de tensión en esta.

Rellenar de forma uniforme la capa de 0.15 metros con el material extraído, para luego limpiar el área y compactar el suelo lo más próximo a la densidad natural del terreno.

Una vez terminado de excavar, colocar la geomalla, rellenar y compactar, se procederá a seguir los procedimientos indicados en preparación del lugar de ensayo para el ensayo sin geomalla.

### **Método Placa de carga en Campo**

Aplicar cargas a una velocidad moderadamente rápida en incrementos uniformes. La magnitud de cada incremento de carga será lo suficientemente pequeña como para permitir el registro de un número suficiente de puntos de asentamiento de carga para producir una curva de asentamiento-carga precisa (no menos de seis). Después de aplicar cada incremento de carga, mantenga la carga hasta que se produzca un asentamiento de no más de 0.03 mm/min durante 3 minutos consecutivos.

Registre las lecturas de carga y asentamiento para cada incremento de carga. Continúe este procedimiento hasta que se haya obtenido el asentamiento total seleccionado, o hasta que se haya alcanzado la capacidad de carga del aparato, lo que ocurra primero. En este punto, mantenga la carga hasta que se produzca un asentamiento incrementado de no más de 0.03 mm/min durante 3

minutos consecutivos. Registre el asentamiento total, luego de lo cual libere la carga hasta la carga en la cual los indicadores de marcado se ajustaren a cero, y mantenga esta carga de ajuste a cero hasta que la velocidad de recuperación no exceda 0.03 mm durante 3 minutos consecutivos. Registre el asentamiento en la carga de ajuste a cero.

### **III. MÈTODOLÒGÍA**

### 3.1 Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación se ubicó en el diseño experimental y explicativo. Es experimental porque se manipuló las variables, además hubo descripción de acontecimiento o situaciones. Asimismo, Martínez (2010) sustenta que “hace variar intencionalmente las variables independientes, lo que se hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se muestra en su contexto real para después analizarlos” (p.87). De la misma manera para Hernández (2015) “los estudios explicativos están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, además de explicar porque ocurre este fenómeno y en qué condiciones se da” (p.15).

Según Murillo (2008 p 156), sostiene que “la investigación de tipo aplicada acoge el nombre de “investigación practica o empírica”, porque se singulariza en utilizar los conocimientos que hemos adquirido en todo el lapso del aprendizaje, como también de alcanzar otros conocimientos según la investigación”. De la misma manera para Borja (2012), sostiene que “la investigación descriptiva explora y decreta las cualidades y singularidades más específicas de los elementos de análisis que se quieran indagar”. (Ver figura N°28)

Simbología:

**Figura 28.** Variable Independiente (X) influye sobre Variable Dependiente (Y)



### 3.2 Operacionalización de Variables

#### Variable independiente:

Son aquellas variables que se pueden manipular por el investigador para detallar y demostrar el trabajo de investigación, además esta variable se explica en la variable dependiente. Según Pino, (2010): La variable independiente es aquella que el investigador puede cambiar a su manera para averiguar si las

modificaciones que se realizó provocan o no cambios en las otras variables dependientes. Además las variables independientes ejercen influencia o causa efecto en las variables dependientes.

En la presente investigación la variable independiente sería: “Aplicación de las Geomallas Multiaxiales.”

### **Aplicación de las Geomallas Multiaxiales**

La aplicación de las geomallas multiaxiales que tiene una abertura triangular, con un peralte mayor en sus costillas, lo hace más resistente ante los agregados y permite que los pavimentos flexibles no tengan fisura durante su tiempo útil. (Santillán, 2015, p.3)

### **Variable Dependiente:**

Se modifican por la acción de la variable independiente. En ese sentido constituyen los efectos o consecuencias que dan origen a los resultados de la investigación, además estas designan las variables a explicar, los efectos o resultados respecto a los cuales hay que buscar un motivo o razón. (Pino, 2010, p.45)

En la presenta investigación la variable dependiente sería: “Fisuramiento del Pavimento Flexible”

### **Fisuramiento del Pavimento Flexible**

Se da por muchas factores, el principal es por la falta de mantenimiento al pavimento, además de utilizar materiales en exceso y tener un personal inexperto para este tipo de ejecuciones, otros factores, es el estudio del terreno y del clima para poder utilizar el tipo de pavimento. (Humpiri, 2011, p.31)

Matriz de Operacionalización de Variables (Ver anexo N°1)

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población es el grupo de todos los casos que conforman con una cadena de especificaciones Según Hernández, Fernández y Baptista (2015, p. 174) “la población es el conjunto de todos los elementos que se están estudiando, para proporcionar, obteniendo deducciones”.

En la presente investigación la población está determinada para pavimento flexible de la Calle Real en el Distrito de Chilca.

#### **Muestra**

Una muestra es una parte de la población que se encarga del estudio del cual se agrupará información que se deberá determinar y definir con anticipación y exactitud, esto será específico de la población, en el proceso constructivo la muestra es un grupo de la población que están interesados, por ello se recolectaran datos y que tiene que precisar y definirse con responsabilidad y precisión, además de que debe ser representante de la población o comunidad” Hernández, Fernández y Baptista (2015, p. 175).

Para esta investigación, por los tiempos establecidos lo cual se tomarán los datos, la solución adecuada es que la muestra y la población sean iguales tomando uso y criterios como investigadora, por ende será el fisuramiento del pavimento flexible en la Calle Real en el Distrito de Chilca.

La presente investigación la muestra está determinada para la Calle Real como referencia el colegio Túpac Amaru siendo su longitud de 50m, donde el pavimento está totalmente fisurado.

#### **Muestreo**

El presente trabajo será no probabilístico, porque las pruebas de ensayo u otros elementos a utilizar será dependiendo del investigador, en este caso para el pavimento flexible.

### **3.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnica**

“Estas técnicas se aplican para conseguir data. Estas se deben fijar, demostrar y detallar” (Rojas, 2004, p. 128)

Las técnicas de recolección de la información como los hechos o documentos a los que acude el investigador y que le permiten tener información. Además señala que las técnicas son los medios empleados para recolectar información. También manifiesta que existen: fuentes primarias y secundarias. (Méndez, 2014)

Fuentes primarias: Es la información oral y escrita que es recopilada directamente por el investigador a través de relatos o escritos.

Fuentes secundarias: Es la información recopilada y escritas por personas que han recibido información. Tenemos como fuentes secundarias fichas bibliográficas anotar datos con respecto a textos que se utilizaron durante el trabajo de investigación. Se recurrió a tesis que guardaban correlación con el objetivo del proyecto.

Para el presente proyecto de investigación empleó tanto las fuentes primarias como secundarias debido que las dos son indispensables para desarrollar la investigación. Además tendrá como método de recolección de datos a los ensayos de laboratorio ya que serán primordiales para saber la resistencia del pavimento con las geomallas multiaxiales, estos ensayos serán respaldados por las normas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

#### **Instrumentos de recolección de datos**

(Montes, 2016 p. 11) señala que debido a la esencia de la investigación se emplea ficha de recolección de datos entre otros documentos que se usarán en la presente investigación.

En este caso nuestros instrumentos a utilizar son los equipos o aparatos, con los cuales se realizarán los ensayos o pruebas de laboratorios, además de hojas de cálculos para corroborar los resultados a realizar.

### **Validez**

Para la validez del instrumento es necesario tener en cuenta el juicio y sensatez de 3 profesionales expertos en la materia que se investiga, (Montes, 2016 p. 11).

La validez de esta investigación será sustentada con los certificados de calidad y Cartas de Garantía del material utilizado (Geomallas Multiaxiales) y certificados de los ensayos realizados en el laboratorio.

### **Confiabilidad**

Para Bernal (2010, p.247) una herramienta de examinación el cual cuenta con el fin de recoger data tendrá confiabilidad si ha sido usado la misma herramienta en diversos sucesos de similares características, lo que llevaría afirmar que las herramientas empleadas en el proyecto son de mucha confiabilidad.

La confiabilidad de esta investigación serán los documentos de calibración utilizados para realizar los ensayos ante las fisuras del pavimento y con la aplicación de las geomallas multiaxiales.

## **3.5 Procedimiento**

**Para realizar la investigación se empleará un procedimiento que se detalla a continuación:**

Analizar y recopilar información sobre el área de estudio, como su tipo de suelo, clima, planos topográficos, entre otros.

Gestionar los permisos del ingreso del personal experto a la zona correspondiente al proyecto de investigación.

Ubicar los puntos para realizar los ensayos indicados en la investigación.

Ejecución de trabajos a realizar en campo (obtención de las muestras del terreno propio).

Sabiendo los puntos a ejecutar, se obtiene muestras del terreno.

Se realiza con dichas muestras el ensayo en el laboratorio de Análisis Granulométrico por Tamizado.

Se realizan dos ensayos de Placa de Cargas, un ensayo que se realiza en terreno propio y el otro implementado las geomallas multiaxiales, utilizando un vehículo pesado, en esta ocasión un volquete con carga y así determinar las deformaciones dependiendo de la carga que se implementará.

Se obtiene los resultados del laboratorio correspondiente al ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado.

Los datos y los resultados son acoplados a la investigación específicamente detallados.

Se obtiene los resultados y gráficos del ensayo de Placa de Carga y son a su vez específicamente detallados en la investigación para luego ser explicado paso a paso.

### **3.6 Métodos de Análisis de Datos**

Para la realización del Análisis de Datos se debe tener concordancia con los objetivos e hipótesis, por ende se utilizará el método descriptivo.

Los métodos de análisis de datos vienen de una explicación y gran organización de hechos, donde existen diagnósticos de dilemas y el uso de los datos para que el sistema pueda determinar los factores de un cambio. (Franklin, 2013)

En esta investigación se realizará los análisis de datos a base de los datos de los ensayos de laboratorio y de campo.

En referencia a los ensayos, se mencionan a continuación:

Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado

Ensayo de Placa de Cargas

### **3.7 Aspectos éticos**

La presente investigación se ha desarrollado en base a fuentes confiables, referenciando a cada autor de donde se obtuvo una información y así evitar concurrir en plagios no deseados. De la misma forma los datos obtenidos no fueron modificados, esto con el fin de brindar información real que no desfavorezca a la institución.

## IV.RESULTADOS

### 4.1 Ensayo de Laboratorio

Se obtuvieron muestras de la calicata para determinar las propiedades físicas, como son: contenido de humedad, densidad, granulometría, límites de consistencia y la capacidad íportante del suelo. A continuación se muestran los ensayos elaborados en la calicata.

### Resultados de la Muestra

Contenido de Humedad (ASTM D2216)

**Tabla N°2.** Contenido de Humedad

Contenido de Humedad	
Contenido de Humedad (%)	5.2

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Límites de Consistencia (ASTM D4318)

**Tabla N°3.** Límites de Consistencia

Límites de Consistencia	
Límite Líquido(LL)	19.1
Límite Plástico (LP)	16.0
Índice Plástico (IP) = (LL)-(LP)	3.1
Índice de Consistencia (IC)	4.5
Índice de Liquidez (IL)	-3.5

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** Para los límites de consistencia se tiene el límite líquido (LL), se obtuvo teniendo la humedad que corresponde a los 25 golpes realizados mediante el método de Casagrande, se obtiene el valor del límite plástico (LP) lo cual se sabrá la humedad más baja que llega el suelo en esta ocasión de la calle Real, el índice plástico (IP) es la diferencia entre límite líquido (LL) y plástico

(LP), el índice de consistencia (IC) es el valor donde indica la resistencia que tiene el terreno ante alguna deformación.

Luego tenemos el Análisis Granulométrico

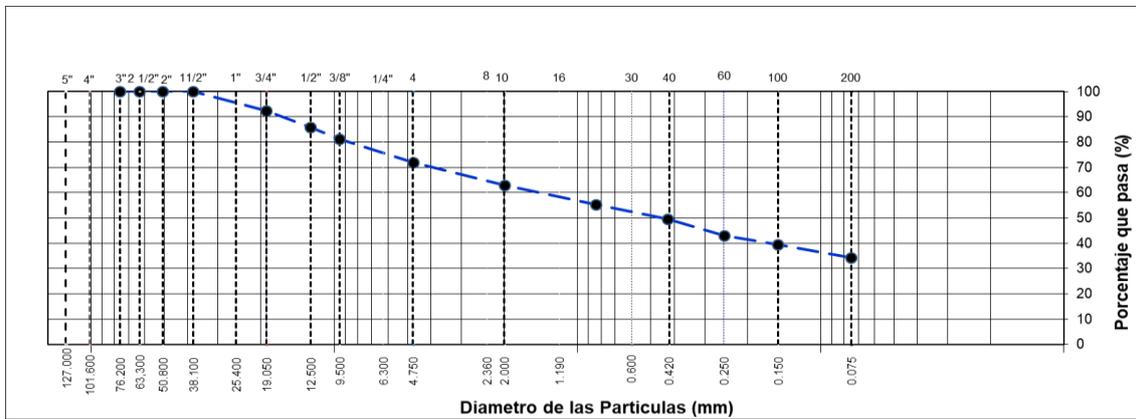
**Tabla N°4. Resultados de Análisis Granulométrico**

TAMIZ	AASHTO T.27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
5"	127	100	-
4"	101.6	100	-
3"	76.2	100	-
2 1/2"	63.3	100	-
2"	50.8	100	-
1 1/2"	38.1	100	-
1"	38.1	100	-
3/4"	19	92.3	-
1/2"	12.5	85.9	-
3/8"	9.5	81.4	-
Nº 4	4.75	72	-
Nº 10	2	62.9	-
Nº 20	0.84	55.4	-
Nº 40	0.425	49.6	-
Nº 60	0.25	42.9	-
Nº 100	0.15	39.4	-
Nº 200	0.075	34.4	-

Fuente: Elaboración Propia

## Curva Granulométrica

**Figura N°29.** Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia

### Interpretación:

Por ende, según la clasificación de suelos AASHTO, se tiene:

- Material: Arena Limosa con Grava
- A-2-4 = Suelo granulados arcillosos

Además, según la clasificación de suelos SUCS, se tiene:

- SM: Arena Limosa, mezcla arena-limo

## 4.2 Ensayo de Campo

Se realizó dos ensayos uno de suelo propio y el otro de suelo compactado con geomallas, así obtendremos la capacidad portante del suelo por el método de Balasto. A continuación se presentan los resultados en los ensayos en campo.

### Datos del ensayo de placa de carga sin geomalla:

#### DATOS DE CARGA

Diámetro de la Placa: 30 cm

Área de la Placa: 707m<sup>2</sup>

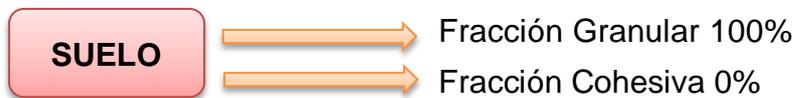


Figura N°30. Valores de Carga / Ensayo sin Geomalla

CARGA (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIALES	D-1	D-2	D-3
		(mm)	(mm)	(mm)
0.50	1 min	1.29	1.31	1.27
	2 min	1.33	1.35	1.30
	4 min	1.39	1.41	1.36
	6 min	1.41	1.43	1.38
	<b>PROMEDIO</b>	<b>1.36</b>	<b>1.38</b>	<b>1.33</b>
1.00	1 min	2.18	2.20	2.16
	2 min	2.28	2.31	2.24
	4 min	2.39	2.43	2.36
	6 min	2.41	2.42	2.38
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2.32</b>	<b>2.34</b>	<b>2.29</b>
1.50	1 min	3.84	3.85	3.80
	2 min	3.89	3.91	3.87
	4 min	3.94	3.97	3.91
	6 min	3.95	3.99	3.92
	<b>PROMEDIO</b>	<b>3.91</b>	<b>3.93</b>	<b>3.88</b>
2.00	1 min	5.23	5.25	5.22
	2 min	5.34	5.38	5.31
	4 min	5.43	5.46	5.41
	6 min	5.45	5.46	5.42
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.36</b>	<b>5.39</b>	<b>5.34</b>
2.50	1 min	6.14	6.15	6.12
	2 min	6.24	6.27	6.21
	4 min	6.35	6.39	6.32
	6 min	6.37	6.39	6.33
	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.28</b>	<b>6.30</b>	<b>6.25</b>
3.00	1 min	7.28	7.32	7.25
	2 min	7.34	7.37	7.30
	4 min	7.43	7.45	7.40
	6 min	7.45	7.46	7.43
	<b>PROMEDIO</b>	<b>7.38</b>	<b>7.40</b>	<b>7.35</b>
3.50	1 min	8.23	8.27	8.20
	2 min	8.29	8.31	8.27
	4 min	8.35	8.36	8.31
	6 min	8.36	8.39	8.33
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.31</b>	<b>8.33</b>	<b>8.28</b>
4.00	1 min	9.24	9.27	9.22
	2 min	9.29	9.33	9.26
	4 min	9.34	9.36	9.30
	6 min	9.36	9.37	9.33
	<b>PROMEDIO</b>	<b>9.31</b>	<b>9.33</b>	<b>9.28</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** El ensayo de Placa de Carga consta de 3 diales lo cual deben ser calculados por tiempos, esta tabla es de carga y sus valores son resultados del tiempo de 1,2,4 y 6 minutos y se muestra el aumento de los valores para cada esfuerzo, estos tiempos son utilizados dependiendo del laboratorio y se muestra la diferencia de 2 minutos.

### DATOS DE DESCARGA o RETORNO

Diámetro de la Placa: 30 cm

Área de la Placa: 707m<sup>2</sup>



**Figura N°31.** Valores de Descarga o Retorno / Ensayo sin Geomalla

CARGA (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIALES	D-1 (mm)	D-2 (mm)	D-3 (mm)
<b>RETORNO</b>				
3.50	1 min	9.02	9.06	8.99
	4 min	9.02	9.04	9.00
	6 min	9.00	9.01	8.96
	8 min	8.99	9.02	8.96
	<b>PROMEDIO</b>	<b>9.01</b>	<b>9.03</b>	<b>8.98</b>
3.00	1 min	8.91	8.95	8.88
	4 min	8.90	8.93	8.86
	6 min	8.90	8.92	8.87
	8 min	8.90	8.91	8.88
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.90</b>	<b>8.93</b>	<b>8.87</b>
2.50	1 min	8.70	8.71	8.68
	4 min	8.70	8.73	8.67
	6 min	8.69	8.73	8.66
	8 min	8.68	8.70	8.64
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.69</b>	<b>8.72</b>	<b>8.66</b>
2.00	1 min	8.34	8.36	8.32
	4 min	8.31	8.34	8.27
	6 min	8.30	8.34	8.27
	8 min	8.28	8.29	8.25
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.31</b>	<b>8.33</b>	<b>8.28</b>
1.50	1 min	8.43	8.46	8.41
	4 min	8.41	8.45	8.38
	6 min	8.39	8.41	8.35
	8 min	8.38	8.39	8.35
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.40</b>	<b>8.43</b>	<b>8.37</b>
1.00	1 min	8.24	8.27	8.22
	4 min	8.23	8.27	8.20
	6 min	8.20	8.22	8.16
	8 min	8.19	8.20	8.16
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.22</b>	<b>8.24</b>	<b>8.19</b>
0.50	1 min	8.19	8.20	8.15
	4 min	8.20	8.22	8.18
	6 min	8.18	8.21	8.15
	8 min	8.19	8.23	8.16
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.19</b>	<b>8.22</b>	<b>8.16</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** esta tabla es de descarga o retorno sus valores son resultados del tiempo de 1, 2,4 y 6 minutos y se muestra cómo va disminuyendo los valores para cada esfuerzo, además los esfuerzos van de mayor a menor respectivamente estos tiempos son utilizados dependiendo del laboratorio y se muestra la diferencia de 2 minutos.

Diámetro de la Placa: 30 cm

Área de la Placa: 707m<sup>2</sup>



**Tabla N°5.** Valores Promedio de Deformación de Placa de 30cm / Ensayo sin Geomalla

CARGA Promedio (kg)	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	Deformación (mm.)			Deformación Promedio (mm) Placa de 30cm
		D-1	D-2	D-3	
353	0.5	1.36	1.38	1.33	1.35
707	1.0	2.32	2.34	2.29	2.31
1060	1.5	3.91	3.93	3.88	3.90
1414	2.0	5.36	5.39	5.34	5.36
1767	2.5	6.28	6.30	6.25	6.27
2121	3.0	7.38	7.40	7.35	7.37
2474	3.5	8.31	8.33	8.28	8.31
2827	4.0	9.31	9.33	9.28	9.31
2474	3.5	9.01	9.03	8.98	9.01
2121	3.0	8.90	8.93	8.87	8.90
1767	2.5	8.69	8.72	8.66	8.69
1414	2.0	8.31	8.33	8.28	8.31
1060	1.5	8.40	8.43	8.37	8.40
707	1.0	8.22	8.24	8.28	8.24
353	0.5	8.19	8.22	8.16	8.19

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la tabla se muestra los valores promedio de los diales que viene a ser las deformaciones, siendo la sumatoria de los tres diales entre la cantidad de diales, especificando el valor de carga utilizado para cada esfuerzo, en este caso se realiza para una placa de 30cm.

## GRÁFICA ASENTAMIENTO vs ESFUERZO APLICADO

**Figura N°32.** Gráfica Asentamiento vs Esfuerzo Aplicado / Ensayo sin Geomalla



Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** Esta gráfica representa Asentamiento vs el Esfuerzo aplicado, los valores de carga y descarga o retorno (Ver tabla N°11 y 12) son llevados a un grafica formando pendientes, especificando que los puntos verdes son valores de carga y los puntos rojos son valores de descarga o retorno.

### **Análisis en los Ensayos Realizados**

Análisis de Modulo de Balasto (K30) mediante ensayo de placa de carga.

El módulo de balasto (K30) se define como:

$$K = \frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Asentamiento}} = \frac{\sigma}{\delta}$$

Para su cálculo se hace uso de la gráfica **Esfuerzo vs Asentamiento** conseguido del ensayo de placa de carga; si bien este valor depende del nivel de deformación-asentamiento, con fines de ingeniería se puede aproximar a un valor representativo de valor de módulo de balasto con la pendiente de la recta más próxima a los puntos conseguidos del ensayo (**recta de tendencia**).

Se define  $K_{30}$ , como el valor de módulo de balasto conseguido al usar una placa de ensayo de 30 cm.

## **Análisis de Capacidad Portante o Admisible del suelo mediante ensayo de Placa de Carga**

### **Método Francés y Método de Terzaghi – Peck**

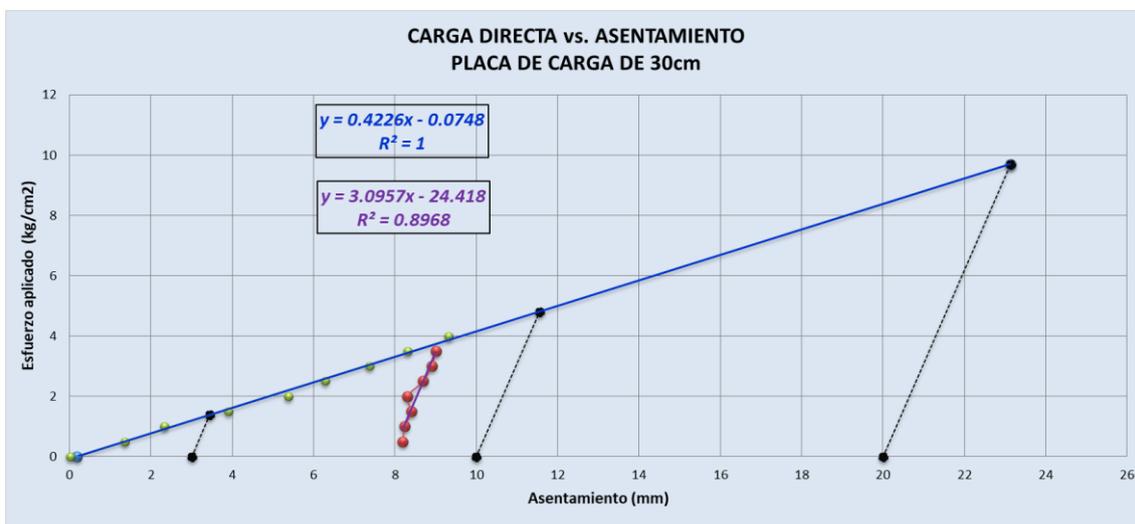
Capacidad admisible de la superficie: Se encuentran distintos métodos para determinar la capacidad admisible del suelo en referencia a los resultados del ensayo de Placa de Carga in-situ realizado en campo. El comité Francés de Mecánica de Suelos señala el valor representativo (**q<sub>ad</sub>**) (**Capacidad de carga admisible**) siendo el mínimo valor entre **q<sub>03</sub>**, **2/3 q<sub>10</sub>** y **1/2 q<sub>20</sub>**, donde los subíndices interpretan los resultados de retorno o descarga en unidades de milímetros. El valor de (**q<sub>ad</sub>**) (**Capacidad de carga admisible**) se obtiene como la capacidad adecuada en la gráfica donde se encuentra la curva con nombre esfuerzo - deformación, siendo el resultado de la intersección de una recta paralela a la curva de retorno o descarga, donde cruza por los valores de deformación en unidades de milímetros correspondientes y la curva indicada.

Existe también otro método para calcular la capacidad portante del terreno y es el método de Terzaghi y Peck, señala que la capacidad o carga admisible de un ensayo de carga es la mitad de esfuerzo, por ello provoca un asentamiento de un centímetro en el ensayo de placa de carga, o puede ser el medio del esfuerzo en el defecto o falla ocurrida. (Taller de Exploración Geotécnica – CISMID)

### **Método Terzaghi:**

Se calcula el esfuerzo asociado al asentamiento máximo permisible, que según normativa Peruana es de 25 mm; el esfuerzo admisible es el esfuerzo asociado a este asentamiento máximo permisible sobre dos.

**Figura N°33.** Gráfica de carga directa vs asentamiento en placa de 30cm /  
Ensayo sin Geomalla



Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En esta gráfica se visualiza una recta de tendencia que debe pasar por los puntos de carga y descarga o retorno, además esta recta está formada por los valores de la capacidad de carga admisible que viene a ser  $q_{03}$ ,  $q_{10}$  y  $q_{20}$  teoría del método Francés que viene a ser las rectas de color negro que se debe intersectar con la recta de tendencia.

### Módulo de Balasto (K30):

Para hallar el (K30) se toma la ecuación de la curva de carga y es:

$$y = 0.4226x - 0.0748$$

Este valor tiene como unidad (kg/cm<sup>2</sup>/mm) pero como el módulo de balasto está en unidad de cm que es el **(K30)** debería estar en unidad de (kg/cm<sup>2</sup>/cm) se debe reemplazar la variable "x" por **10** por ende será convertido a la unidad correspondiente, solo se toma en la ecuación **0.4226x** ya que el número restante en la ecuación es referencial.

$$K30 = 4.23 \text{ (kg/cm}^2\text{/cm)}$$

El módulo de balasto calculado en el suelo sin reforzar (**K30**), resulta un valor de 4.23 kg/cm<sup>2</sup>/cm, valor que está en el intervalo de valores de 3 a 9 kg/cm<sup>2</sup>/cm referenciales recomendados por Rodríguez Ortiz y teniendo una clase de suelo, arena media seca o húmeda.

Las rectas de tendencia tienen bajo grado de dispersión ( $R^2 > 0.85$ ), por lo que los valores de módulo de balasto se podrían considerar representativos.

**Capacidad portante del Suelo por el Método Francés:**

**Tabla N°6.** Capacidad Portante – Método Francés / Ensayo sin Geomalla

<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE MÉTODO FRANCÉS</b>			
Esfuerzo en el Suelo	Asentamiento (mm)		
	3.00	10.00	20.00
Esfuerzo calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	1.38	4.81	9.70
Capacidad Portante (kg/cm <sup>2</sup> )	1.38	3.20	4.85
	1.38		

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** Para el cálculo de la Capacidad Portante (kg/cm<sup>2</sup>) es por teoría del Método Francés

**q<sub>03</sub>** = La capacidad de Carga con un asentamiento de 3mm será el mismo al esfuerzo calculado con la capacidad portante.

**2/3 q<sub>10</sub>** = La capacidad de Carga con un asentamiento de 10 mm será los 2/3 al esfuerzo calculado, por ende obtendremos la capacidad portante.

**1/2 q<sub>20</sub>** = La capacidad de Carga con un asentamiento de 20 mm será 1/2 al esfuerzo calculado, por ello se obtendrá la capacidad portante.

## Capacidad Portante del Suelo por el Método Terzaghi – Peck

**Tabla N°7.** Capacidad Portante – Método Terzaghi – Peck / Ensayo sin Geomalla

<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE MÉTODO TERZAGHI - PECK</b>	
Esfuerzo en el Suelo	Asentamiento (mm)
	10.0
Esfuerzo calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	4.81
Capacidad Portante (kg/cm <sup>2</sup> )	2.4

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En este tipo de método solo se utilizará un asentamiento de 10 mm y por teoría la carga admisible de un ensayo de carga es la mitad de esfuerzo calculado. Por medio de seguridad y ser conservador se elige el valor menor de la capacidad portante del suelo, de los dos métodos utilizados Método Francés y Método de Terzaghi – Peck usualmente la mayoría de ingenieros de infraestructura vial lo recomiendan, en este caso se trató del ensayo con suelo propio- ensayo sin geomallas.

## Datos del ensayo de Placa de carga con geomalla:

### DATOS DE CARGA

Diámetro de la Placa: 30 cm

Área de la Placa: 707m<sup>2</sup>



**Figura N°34.** Valores de carga / Ensayo con geomalla

CARGA (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIALES	D-1 (mm)	D-2 (mm)	D-3 (mm)
0.50	1 min	0.85	0.89	0.93
	2 min	0.88	0.90	0.92
	4 min	0.91	0.95	0.96
	6 min	0.93	0.97	0.98
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.89</b>	<b>0.93</b>	<b>0.95</b>
1.00	1 min	1.43	1.49	1.53
	2 min	1.50	1.55	1.58
	4 min	1.57	1.61	1.63
	6 min	1.59	1.61	1.64
	<b>PROMEDIO</b>	<b>1.52</b>	<b>1.57</b>	<b>1.60</b>
1.50	1 min	2.62	2.64	2.68
	2 min	2.65	2.69	2.71
	4 min	2.68	2.73	2.76
	6 min	2.69	2.75	2.78
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2.66</b>	<b>2.70</b>	<b>2.73</b>
2.00	1 min	3.47	3.49	3.52
	2 min	3.54	3.58	3.62
	4 min	3.60	3.66	3.68
	6 min	3.62	3.67	3.68
	<b>PROMEDIO</b>	<b>3.56</b>	<b>3.60</b>	<b>3.63</b>
2.50	1 min	4.00	4.02	4.06
	2 min	4.07	4.11	4.15
	4 min	4.14	4.19	4.21
	6 min	4.15	4.21	4.22
	<b>PROMEDIO</b>	<b>4.09</b>	<b>4.13</b>	<b>4.16</b>
3.00	1 min	4.75	4.77	4.78
	2 min	4.79	4.85	4.87
	4 min	4.85	4.89	4.93
	6 min	4.86	4.88	4.94
	<b>PROMEDIO</b>	<b>4.81</b>	<b>4.85</b>	<b>4.88</b>
3.50	1 min	5.43	5.45	5.46
	2 min	5.47	5.51	5.55
	4 min	5.51	5.57	5.59
	6 min	5.52	5.57	5.61
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.48</b>	<b>5.53</b>	<b>5.55</b>
4.00	1 min	6.08	6.12	6.13
	2 min	6.11	6.13	6.17
	4 min	6.14	6.19	6.23
	6 min	6.16	6.22	6.24
	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.12</b>	<b>6.17</b>	<b>6.19</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** El ensayo de Placa de Carga consta de 3 diales lo cual deben ser calculados por tiempos, esta tabla es de carga y sus valores son resultados

del tiempo de 1, 2,4 y 6 minutos y se muestra el aumento de los valores para cada esfuerzo, estos tiempos son utilizados dependiendo del laboratorio y se muestra la diferencia de 2 minutos.

### DATOS DE DESCARGA o RETORNO

Diámetro de la Placa: 30 cm

Área de la Placa: 707m<sup>2</sup>



**Figura N°35.** Valores de Descarga o Retorno / Ensayo con geomalla

CARGA (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIALES	D-1 (mm)	D-2 (mm)	D-3 (mm)
<b>RETORNO</b>				
3.50	1 min	5.97	6.00	6.05
	4 min	5.97	5.96	6.01
	6 min	5.96	5.93	6.01
	8 min	5.95	5.92	6.00
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.96</b>	<b>5.95</b>	<b>6.02</b>
3.00	1 min	5.90	5.92	5.95
	4 min	5.89	5.90	5.94
	6 min	5.89	5.86	5.93
	8 min	5.89	5.86	5.92
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.89</b>	<b>5.89</b>	<b>5.94</b>
2.50	1 min	5.76	5.79	5.81
	4 min	5.76	5.75	5.80
	6 min	5.75	5.72	5.80
	8 min	5.75	5.71	5.79
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.76</b>	<b>5.74</b>	<b>5.80</b>
2.00	1 min	5.62	5.66	5.70
	4 min	5.60	5.61	5.64
	6 min	5.59	5.60	5.64
	8 min	5.58	5.59	5.63
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.60</b>	<b>5.62</b>	<b>5.65</b>
1.50	1 min	5.58	5.49	5.62
	4 min	5.57	5.57	5.62
	6 min	5.56	5.57	5.60
	8 min	5.55	5.56	5.59
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.57</b>	<b>5.55</b>	<b>5.61</b>
1.00	1 min	5.46	5.46	5.54
	4 min	5.45	5.44	5.53
	6 min	5.43	5.44	5.51
	8 min	5.42	5.43	5.49
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.44</b>	<b>5.44</b>	<b>5.52</b>
0.50	1 min	5.42	5.43	5.47
	4 min	5.43	5.44	5.46
	6 min	5.42	5.43	5.44
	8 min	5.42	5.43	5.44
	<b>PROMEDIO</b>	<b>5.42</b>	<b>5.43</b>	<b>5.45</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** Esta tabla es de descarga o retorno sus valores son resultados del tiempo de 1, 2,4 y 6 minutos y se muestra cómo va disminuyendo los

valores para cada esfuerzo, además los esfuerzos van de mayor a menor respectivamente estos tiempos son utilizados dependiendo del laboratorio y se muestra la diferencia de 2 minutos.

Diámetro de la Placa: 30 cm

Área de la Placa: 707m<sup>2</sup>



**Tabla N°8.**Valores Promedio de Deformación / Ensayo con geomalla

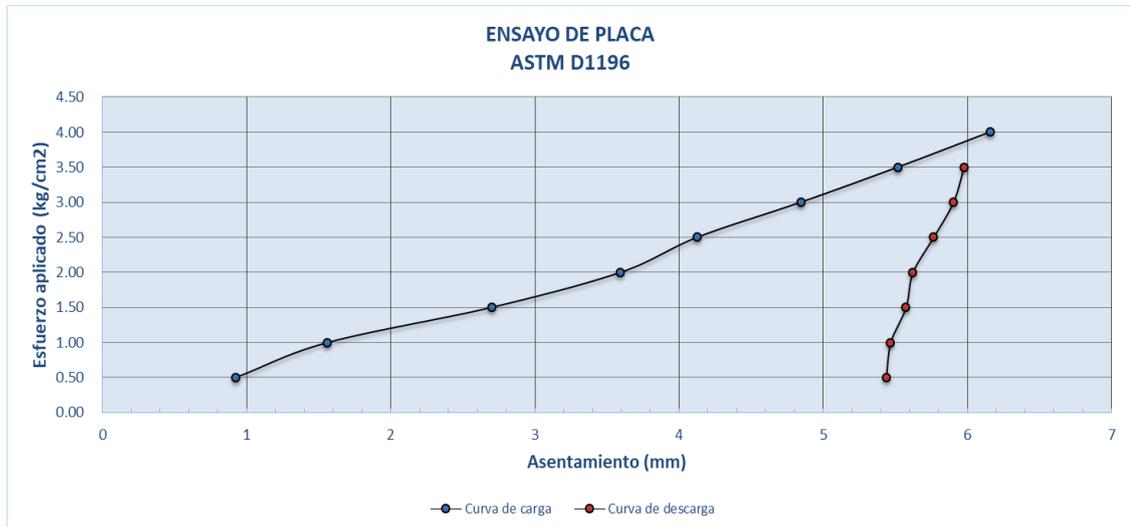
CARGA Promedio (kg)	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	Deformación (mm.)			Deformación Promedi (mm) Placa de 30cm
		D-1	D-2	D-3	
353	0.5	0.89	0.93	0.95	0.92
707	1.0	1.52	1.57	1.60	1.56
1060	1.5	2.66	2.70	2.73	2.70
1414	2.0	3.56	3.60	3.63	3.59
1767	2.5	4.09	4.13	4.16	4.13
2121	3.0	4.81	4.85	4.88	4.85
2474	3.5	5.48	5.53	5.55	5.52
2827	4.0	6.12	6.17	6.19	6.16
2474	3.5	5.96	5.95	6.02	5.98
2121	3.0	5.89	5.89	5.94	5.90
1767	2.5	5.76	5.74	5.80	5.77
1414	2.0	5.60	5.62	5.65	5.62
1060	1.5	5.57	5.55	5.61	5.57
707	1.0	5.44	5.44	5.52	5.47
353	0.5	5.42	5.43	5.45	5.44

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la tabla se muestra los valores promedio de los diales que viene a ser las deformaciones, siendo la sumatoria de los tres diales entre la cantidad de diales, especificando el valor de carga utilizado para cada esfuerzo, en este caso se realiza para una placa de 30cm.

## GRÁFICA ASENTAMIENTO vs ESFUERZO APLICADO

Figura N°36. Gráfica Asentamiento vs Esfuerzo Aplicado / Ensayo con geomalla



Fuente: Elaboración Propio

**Interpretación:** Esta gráfica representa Asentamiento vs el Esfuerzo aplicado, los valores de carga y descarga o retorno (Ver tabla N°16 y 17) son llevados a un gráfica formando pendientes, especificando que los puntos verdes son valores de carga y los puntos rojos son valores de descarga o retorno.

### Análisis en los Ensayos Realizados

Análisis de Modulo de Balasto (K30) mediante ensayo de placa de carga.

El módulo de balasto (K30) se define como:

$$K = \frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Asentamiento}} = \frac{\sigma}{\delta}$$

Para su cálculo se hace uso de la gráfica **Esfuerzo vs Asentamiento** conseguido del ensayo de placa de carga; si bien este valor depende del nivel de deformación-asentamiento, con fines de ingeniería se puede aproximar a un valor representativo de valor de módulo de balasto con la pendiente de la recta más próxima a los puntos conseguidos del ensayo (**recta de tendencia**).

Se define  $K_{30}$ , como el valor de módulo de balasto conseguido al usar una placa de ensayo de 30 cm.

## **Análisis de Capacidad Portante o Admisible del suelo mediante ensayo de Placa de Carga**

### **Método Francés y Método de Terzaghi – Peck**

Capacidad admisible de la superficie: Se encuentran distintos métodos para determinar la capacidad admisible del suelo en referencia a los resultados del ensayo de Placa de Carga in-situ realizado en campo. El comité Francés de Mecánica de Suelos señala el valor representativo (**q<sub>ad</sub>**) (**Capacidad de carga admisible**) siendo el mínimo valor entre **q<sub>03</sub>**, **2/3 q<sub>10</sub>** y **1/2 q<sub>20</sub>**, donde los subíndices interpretan los resultados de retorno o descarga en unidades de milímetros. El valor de (**q<sub>ad</sub>**) (**Capacidad de carga admisible**) se obtiene como la capacidad adecuada en la gráfica donde se encuentra la curva con nombre esfuerzo - deformación, siendo el resultado de la intersección de una recta paralela a la curva de retorno o descarga, donde cruza por los valores de deformación en unidades de milímetros correspondientes y la curva indicada.

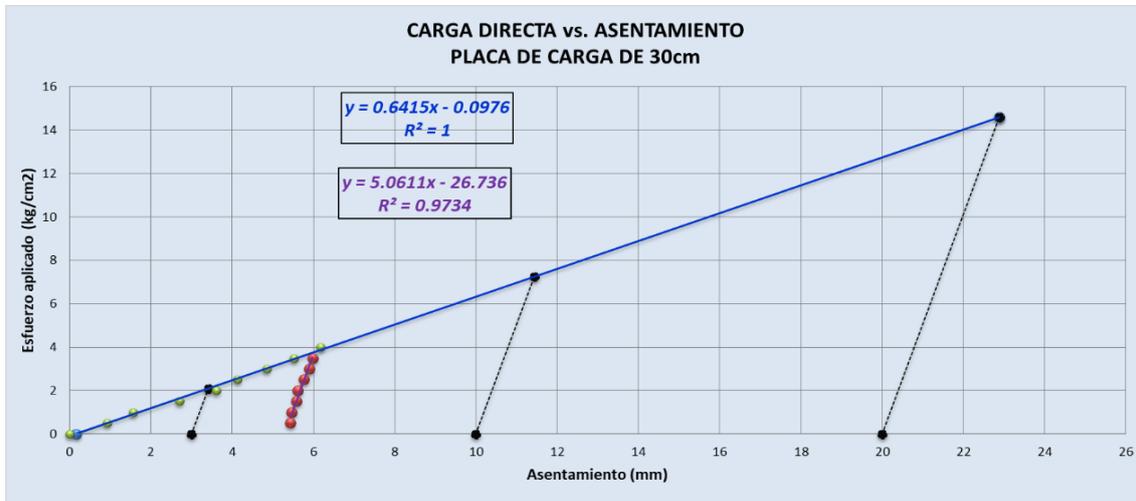
Existe también otro método para calcular la capacidad portante del terreno y es el método de Terzaghi y Peck, señala que la capacidad o carga admisible de un ensayo de carga es la mitad de esfuerzo, por ello provoca un asentamiento de un centímetro en el ensayo de placa de carga, o puede ser el medio del esfuerzo en el defecto o falla ocurrida. (Taller de Exploración Geotécnica – CISMID)

### **Método Terzaghi:**

Se calcula el esfuerzo asociado al asentamiento máximo permisible, que según normativa Peruana es de 25 mm; el esfuerzo admisible es el esfuerzo asociado a este asentamiento máximo permisible sobre dos.

## Gráfico para calcular el Modulo de Balasto

**Figura N°37.** Gráfica de Carga Directa vs Asentamiento en Placa de 30 cm / Ensayo con geomalla



Fuente: Elaboración Propio

**Interpretación:** En esta gráfica se visualiza una recta de tendencia que debe pasar por los puntos de carga y descarga o retorno, además esta recta está formada por los valores de la capacidad de carga admisible que viene a ser  $q_{03}$ ,  $q_{10}$  y  $q_{20}$  teoría del método Francés que viene a ser las rectas de color negro que se debe intersectar con la recta de tendencia.

### Módulo de Balasto (K30):

Para hallar el (K30) se toma la **ecuación de la curva de carga** y es:

$$y = 0.6415x - 0.0976$$

Este valor tiene como unidad (kg/cm<sup>2</sup>/mm) pero como el módulo de balasto esta en unidad de cm que es el (**K30**) debería estar en unidad de (kg/cm<sup>2</sup>/cm) se debe reemplazar la variable "x" por **10** por ende será convertido a la unidad correspondiente.

$$K30 = 6.42 \text{ (kg/cm}^2\text{/cm)}$$

Las rectas de tendencia tienen bajo grado de dispersión ( $R^2 > 0.85$ ), por lo que los valores de módulo de balasto se podrían considerar representativos.

**Capacidad portante del Suelo por el Método Francés:**

**Tabla N°9.** Capacidad Portante – Método Francés / Ensayo con Geomalla

<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE MÉTODO FRANCES</b>			
Esfuerzo en el Suelo	Asentamiento (mm)		
	3.00	10.00	20.00
Esfuerzo calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	2.09	7.23	14.58
Capacidad Portante (kg/cm <sup>2</sup> )	2.09	4.82	7.29
	2.09		

Fuente: Elaboración Propio:

**Interpretación:** Para el cálculo de la Capacidad Portante (kg/cm<sup>2</sup>) es por teoría del Método Francés

**q<sub>03</sub>** = La capacidad de Carga con un asentamiento de 3mm será el mismo al esfuerzo calculado con la capacidad portante.

**2/3 q<sub>10</sub>** = La capacidad de Carga con un asentamiento de 10 mm será los 2/3 al esfuerzo calculado, por ende obtendremos la capacidad portante.

**1/2 q<sub>20</sub>** = La capacidad de Carga con un asentamiento de 20 mm será 1/2 al esfuerzo calculado, por ello se obtendrá la capacidad portante.

**Capacidad Portante del Suelo por el Método Terzaghi – Peck**

**Tabla N°10.** Capacidad Portante – Método Terzaghi – Peck / Ensayo con Geomalla

<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE MÉTODO TERZAGHI - PECK</b>	
Esfuerzo en el Suelo	Asentamiento (mm)
	10.0
Esfuerzo calculado (kg/cm <sup>2</sup> )	7.23
Capacidad Portante (kg/cm <sup>2</sup> )	3.62

Fuente: Elaboración Propio

**Interpretación:** En este tipo de Método solo se utilizará un asentamiento de 10 mm y por teoría la carga admisible de un ensayo de carga es la mitad de esfuerzo calculado. Por medio de seguridad y ser conservador se elige el valor menor de la capacidad portante del suelo, de los dos métodos utilizados Método Francés y Método de Terzaghi – Peck usualmente la mayoría de ingenieros de infraestructura vial lo recomiendan, en este caso se trató del ensayo con suelo propio/ensayo con geomallas.

## V.DISCUSIÓN

### Discusión 1

Arce (2015), según su tesis: *Mejoramiento de la Subrasante con Geomallas Multiaxiales Aplicado en un tramo de la Calle Alemania – la Molina en Cajamarca*. Tiene como objetivo: Estimar la mejora en la subrasante utilizando las geomallas multiaxiales, así ver la resistencia del tramo escogido. Cada estudio pedológico del terreno obtuvo resultados correspondientes para analizar las características físicas, como: la granulometría, capacidad portante, contenido de humedad, densidad, entre otros. Por lo tanto, concluye: Que el uso de las geomallas son muy importantes ya que es una alternativa de mejora para el pavimento, además de su gran ahorro en material utilizado para las ejecuciones de carreteras.

Los resultados de mi tema de investigación son idénticos con respecto a la mejora de la subrasante utilizando las geomallas multiaxiales, ya que realizando el ensayo de placa de carga se muestra la gran resistencia y rigidez que tiene el suelo compactado con geomallas utilizando el módulo de balasto, el método Francés y de Terzaghi – Peck (Ver tabla N°19 y 20) para tener su capacidad portante y obtener una mejora al pavimento flexible. Este tipo de refuerzo te da muchas ventajas en el área de infraestructura vial y es muy utilizado a nivel internacional. Se comparte con el autor la gran importancia que tiene la aplicación de geomallas para el reforzamiento de los pavimentos y que tiene ventajas positivas y no se necesita mucho esfuerzo en mano de obra, siendo su aplicación en las carreteras de gran facilidad. En la tesis escogida se discute que falta especificar el ensayo en campo o laboratorio utilizado así demostrar la resistencia de la geomallas, ya que es importante tener una confiabilidad ante su aplicación, tener todos los equipos calibrados para que no haya problemas con la ejecución y resultados.

## Discusión 2

Zevallos, (2009), según su tesis: *Reconocimiento e Inspección en las fisuras superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca*. Tuvo como objetivo: Reconocer las condiciones de fisura que tiene una vía, carretera o avenidas y realizar varios estudios pensando en la situación que se encuentra el pavimento. Las fisuras son factores negativos que se visualiza luego de su ejecución, y son ocasionados por la gran carga vehicular, exceso de materiales, personal inexperta, por ende se debería realizar mantenimientos. Por lo tanto se concluye: Que las vías deben de recibir mantenimiento constante para que no exista fisuras u otro factor negativo, además se recomienda el estudio de las carreteras, así perdure su periodo de vida útil.

Los resultados de mi tema de investigación son similares con respecto al reconocimiento de las fisuras que tiene una vía, se reconoció las fisuras en el pavimento flexible antes de realizar el ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado y son fisuras de piel de cocodrilo y ahullamiento que se provocó por la falta de control vehicular, además falta de mantenimiento. Es necesario realizar el ensayo nombrado así tener conocimiento de las características, tipo y clase de suelo y recién realizar la ejecución de las carreteras, es importante que tenga constante mantenimiento la carretera aun cuando no exista un control en los vehículos, siendo esta calle de doble vía está claro que vehículos pesados no pueden transitar. Comparto con el autor de la tesis designada porque es esencial reconocer el estado de fisuramiento y así realizar estudios para evitar estos aspectos negativos. Como discusión ante mi trabajo de investigación es la especificación de qué tipo de fisuras existe en la ciudad de Barranca y que ensayos se realizó para mejorar y evitar los fisuramiento en el pavimento flexible en esa ciudad.

### Discusión 3

Sicha, (2012), según su tesis: *Diseño con Geosintéticos para la función de separación, Filtración y Refuerzo en Pavimentos Flexibles de Lima*. Tiene como objetivo: Ofrecer ideas globales sobre el diseño de geotextil como separación – filtración y con geomallas como refuerzo al pavimento flexible, además de aplicarse procedimientos a un proyecto y se determinó los problemas técnicos y de ámbito económico en los elementos utilizados. La aplicación de estos materiales podría permitir un mayor avance y eficiencia al proyecto de los pavimentos flexibles con geosintéticos, además tiene el método técnico y económico. Por lo tanto, se concluye: Que el uso de geotextil de filtración siendo un tipo de geosintéticos ayudará a drenar toda el agua filtrada manteniendo el coeficiente de filtración de diseño del pavimento flexible.

Los resultados de mi tema de investigación son similares en el aspecto que se utilizó a las geomallas multiaxiales como refuerzo al pavimento flexible, para ellos también se relaciona con él ensayo de placa de carga siendo este completo y te da resultados confiables ya que es un ensayo en campo y se utilizó una carga pesada como un volquete lleno de material y teniendo diferentes esfuerzos colocados en ello mediante un gato hidráulico con tres diales, es de gran diferencia entre un suelo propio (ensayo sin geomallas) y un suelo compactado (ensayo con geomallas), mediante los resultados en base a los cálculos es visible la rigidez del terreno que tiene estos diferentes ensayos, con ello se demostró que las geomallas multiaxiales reducen al fisuramiento y consigo traen resultados positivos, siendo la calle real en provincia Huancayo un clima lluvioso, las geomallas ayudan a que no se forme filtración en el pavimento y las aguas se deslicen para las cunetas, por ese lado coincido con el autor ya que nos indica que este tipo de geosintéticos ayuda a la separación que son de los agregados y así evitar fisuras, grietas u otra aspecto negativo y comparado con otros refuerzos este es muy económico y fiable. En nuestro país debería realizarse más proyecto con geomallas multiaxiales ya que el más utilizado son las biaxiales. Se discute con el autor porque no solo los geotextiles se usan para la

filtración sino es demostrado que las geomallas tienen ese uso en el área de infraestructura vial.

#### **Discusión 4**

Humpiri, (2015), según su tesis: *Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región de Puno*. Tiene como objetivo: Estudiar las fisuras externas que son producidas en los pavimentos en la Región de Puno. Los pavimentos flexibles que se encuentra en Puno tienen varios daños causados en la capa asfáltica, por ende se realizaron varios estudios topográficos para encontrar el problema que conlleva este daño, además la cantidad de carretas en la Región de Puno está incrementando día tras día, la carga vehicular causa muchos problemas a la pavimentación causando deterioro, fisuras ocasionando que las capas bajen su resistencia, por ello el mantenimiento que se realiza no es el adecuado en las construcciones viales por ende no cumplen su tiempo de vida útil, lo cual fue ejecutado dichas Por lo tanto se concluye: Reducir la cantidad de factores negativos que se muestran en las infraestructuras viales, en algunos casos se visualizan pero en otros casos a la hora de que los vehículos transitan se manifiesta los problemas.

Los resultados de mi tema de investigación son similares en el aspecto a los daños que son producidos en el pavimento flexible en este caso en la calle Real de la provincia de Huancayo, siendo parte sierra al igual que Puno tienen parecido sus características del suelo y conllevan a tener pavimentos en mal estado, por ende es muy importante antes de ejecutar ver su clima del lugar proyectado porque existe las filtraciones, es un problema muy común y realizar estudios de suelo, ya que cada carretera tiene su tiempo vida útil y al no ser estudiando no cumple y se forman aspectos negativos. Se discute con la tesis elegida que no solo se debe estudiar las fisuras externas sino estudiarlos a profundidad, la razón específica del porque se están formando estas fisuras, puede ocasionarse por el exceso de material, personal no adecuado para este tipo de trabajo.

## VI.CONCLUSIONES

### Conclusión General

Se analizó la aplicación de geomallas para la reducción de fisuramiento al pavimento flexible, este proceso fue establecido en el ensayo de campo, y dio resultados positivos, resaltando la resistencia que tiene las geomallas multiaxiales, además se puede resaltar que el módulo de balasto a nivel de la subrasante sin geomalla resulta un valor de 4.23 kg/cm<sup>2</sup>/cm, sin embargo se verifica que si se refuerza con la geomalla este aumenta a 6.42kg/cm<sup>2</sup>/cm, resultando en un aumento del 52%, valor que se encuentra en el intervalo de mejora estudiado por el Dr. Steve Perkins.

### Conclusiones Específicas

Se identificó las fisuras en el pavimento flexible, ante la aplicación de las geomallas multiaxiales, estas son fisuras de piel de cocodrilo y ahullamiento que se forman por la falta de control de carga vehicular.

Se estableció ensayos en campo y es el ensayo de Placa de Carga que fue realizada en suelo propio (sin geomallas) y suelo compactado (con geomallas) y así dar como resultado la diferencia de rigidez del terreno por el módulo de balasto, siendo (k<sub>30</sub>/sin geomalla) de 4.23kg/cm<sup>2</sup>/cm obteniendo una clase de suelo de arena media seca o húmeda y (k<sub>30</sub>/con geomallas) de 6.42kg/cm<sup>2</sup>/cm lo cual se hace uso de la **gráfica esfuerzo vs asentamiento**, cabe resaltar que la resistencia en el ensayo con geomalla es muy notoria y da la certeza de que es un refuerzo que reduce el fisuramiento al pavimento flexible.

Se estableció la distribución de agregados ante la aplicación de geomallas, realizando el ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado y así tener las características y el tipo de suelo por la clasificación AASTHO, en este tipo de suelo fue material arena limosa con grava.

## VII.RECOMENDACIONES

Se recomienda Iniciar las labores con orden de trabajo aprobada, para que no ocurre un problema durante su ejecución.

Se recomienda utilizar como material de refuerzo a las geomallas multiaxiales ya que trae ventajas como su bajo costo, su colocación es de manera rápida, no se requiere alta mano de obra y sobretodo da una mejora al pavimento.

Se recomienda que directamente debajo de la placa, no debe encontrarse material granular con tamaño superior a una cuarta parte del diámetro de la placa.

Es recomendable que las empresas apoyen con mayor información sobre este tipo de refuerzo y así brindarle un mejor desarrollo en el trabajo de investigación.

La identificación de si es un suelo granular (arenoso) o fino (cohesivo), y en específico sus fraccionamientos (porcentaje), es importante para la correlación entre módulo de balasto calculado a partir del diámetro de la placa empleado y el módulo balasto de una placa cuadrada rectangular y/o rectangular con dimensiones definidas.

Se recomienda un mínimo de cuatro tamaños de placa diferentes para el diseño del pavimento o para fines de evaluación. Solo para fines de evaluación, se puede usar una sola placa, siempre que su área sea igual al área de contacto del neumático correspondiente a lo que se puede considerar como la combinación más crítica de condiciones de carga de la rueda y presión de los neumáticos.

## REFERENCIAS

AGUIRRE, Juan. Consideraciones Generales sobre Diseño de Geosintéticos, Bogotá - Colombia. Revista de Ingeniería de Construcción, (3): 50-100, 2010.

Caballeros Torres, EA. 2006. Utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible. Tesis. Ing. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 168p.

CAJIGAS, Alberto. Definición y Aplicación de las Geomallas Biaxiales en los pavimentos flexibles. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). México: Universidad D.F, 2007. 310 pp.

CASTRO, Néstor y CASTRO, Juan. Comparativo de las Patologías o Fisuras del Pavimento en la Localidad de Chapinero en la UPZ 99 Chapinero. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Bogotá: Un Piloto, 2017. 69 pp.

CONIRSA. 2007. Caso histórico: Pavimentación carretera interoceánica sur, uso de geomallas biaxiales en centros poblados [en línea]. Lima, Perú. [Consultado 08 diciembre].2016. Disponible en <http://www.grupotdm.com/pdf/casos%20historicos/Pavimentacion-CarreteraInteroceanica-Sur.pdf>.

Corredor, G. (2009). Diseño de pavimentos y evaluación de pavimentos. Managua, Nicaragua.

Cruz Vargas, E. 2013. Influencia de geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías terrestres. Tesis. Mg. Ing. México, UNAM. 148p.

DEROUSSEN, Matthieu. Modelos Empíricos de Diseño de Pavimentos Flexibles para Nuevas Construcciones. Tesis (Magíster en Ciencias, Especialidad en Ingeniería y Administración de la Construcción). Monterrey: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2005. 222 pp.

ESCOBAR, Luis y HUINCHO, Jesús. Diseño de Pavimento Flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al Deterioro del Pavimento en Santa

Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2017. 192 pp.

Gavilanes, N. (2012). Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua – La Maná – Quito. Ecuador.

George B. Sowers & George F. Sowers (2012). Introducción a la mecánica de suelos y cimentación. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Giroud, J. P., & Noiray, L. (1981). Geotextile Reinforced Unpaved Road Design - Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 107

GOMEZ, Susan. Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el Anillo Vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2014. 121 pp.

HILQUIÍN, Mariana. Evaluación del estado de Conservación del Pavimento, utilizando el Método PCI, en la Av. Jorge Chávez del Distrito de Pocollay en el año 2016. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2016. 239 pp.

HUMPIRI, Katia. Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región de Puno. Tesis (Magíster en Ingeniería Civil). Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2015. 171 pp.

Koerner, RM. 2016. Designing with geosynthetics: 6 ed . USA, Xlibris. V. 1, 1753 p. MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, PE). 2008. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. 171p.

LOCKHART, Jorge. Diseño de Espesores de Pavimentos Flexibles para Pavimentación Urbana. Buenos Aires: Comisión permanente de Asfalto, 1970.

M5.1. Catálogo de deterioros de Pavimentos Flexibles. México, 11. 2002

MEDINA, Armando y DE LA CRUZ, Marcos. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015. 134 pp.

MENDOZA, Lorenzo. Los Geosintéticos Aplicados a Obras de pavimento flexible – Ecuador – 2011. Tesis (Magister en Ingeniería Civil con Experiencia en el ámbito de Infraestructura Vial). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2019.95pp.

Meléndez, A. (2010). Construcción de vías de acceso utilizando geomallas y geotextiles en terrenos de mala calidad en el proyecto minero Gold Fields La Cima S.A. Hualgayoc – Cajamarca. Perú

Mengelt, A., Wulff, F., Fonseca, & Saavedra. (2000). Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito. Bogotá

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima, 2014. 302 pp.

MIRANDA, Ricardo. Fisuras en Pavimentos Flexibles y Rígidos. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Constructor). Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2010. 93 pp.

NOBOA, Charles. Evaluación en el Nivel de Resistencia en una Subrasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil. Tesis (Magister en Ingeniería Civil – Universidad de Cuenca – Ecuador, 2016.124pp.

Orrego Cabanillas, DA. 2014. Análisis técnico- económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. Tesis. Ing. Lima, Perú, Pontifica Universidad Católica. 81.

PALMEIRA, Agustín. Refuerzo de vías no pavimentadas en la Av. Luis Montero,

distrito de San Jerónimo Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad de los Andes, 2006. 167 pp.

PARRA, Manuel. Estabilización de un Suelo. Tesis (Título Profesional de Ingeniería Civil). Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2018.20pp.

PATTILLO, Juan. Consideraciones Generales sobre Diseño de Pavimentos Asfálticos, Santiago – Chile. Revista de Ingeniería de Construcción, (4): 94 – 110, 1988.

Perkins, S. (1999). Pavimentos Flexibles Reforzados con Geosintéticos. Montana

Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Decreto Supremo n° 058-2003-MTC: Reglamento Nacional de Vehículos.

Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Decreto Supremo n° 010-2014-MTC: Manual de carreteras "suelos, geología, geotecnia y pavimentos".

Pokharel, S. K., Han, J., Leshchinsky, D., Parson, R. L., & Halahmi, I. (2010). Investigation of factors influencing behavior of single geocell-reinforced bases under static loading. Geotextiles and geomembranes. Vol 28

POVEDA, Manuel, BERNAL, Fausto y MARÍN, Andrés. Diseño de un Pavimento para la Estructura Vial, de la vía conocida como “El Kilómetro 19”, desde el K2+000 al K2+500, que comunica a los municipios de Chipaque – Une, en el departamento de Cundinamarca. Tesis (Título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2014. 85 pp.

PRODAC (Productos de Acero Cassadó S.a., PE). 2015. Soluciones confiables para el sector infraestructura.1. ed. 48p.

Raj, P. P. (2005). Ground improvement techniques.

RODRÍGUEZ, Edgar. Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2009. 167 pp.

RUIZ, César. Análisis de los factores que producen el Deterioro de los Pavimentos Rígidos. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército, 2011. 279 pp.

Silva, A. (setiembre 2013). Uso de geomallas en accesos mineros-Haul Roads, experiencias en Yanacocha y Pierina. Ponencia presentada en la 31 Convención Minera – Perumin. Arequipa

Tensar International Corporation (2013). Propiedades y ventajas en el desempeño de las Geomallas Tensar Triax.

USACE (Army Corps of Engineers, US). 2003. ETL 1110-1-189, Use of geogrids in pavement construction. Washington, DC. 38p.

U.S. Army corps of engineers. (2003). Use of geogrids in pavement construction. Technical Letter ETL 1110-1-189. Washington D.C. 2003. 38 p.

U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA). (2008). NHI Course No.132013 Geosynthetic Design & Construction Guidelines Reference Manual.

Valencia, R. (2009). Nuevas tendencias en el diseño y construcción de carreteras reforzadas con geomallas. San José. 19 p.

Velásquez Lujerio, EP. 2009. Uso de geomallas en la estructura de carreteras afirmadas, para trabajos de operación de los equipos en la explotación minera a cielo abierto. Tesis. Ing. Chimbote, Perú, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. 81.

Vargas, J. J., Moncayo T. M., Córdova R. J., Maza C., Barzola Z. I., Velasco C.

G., Salcedo, I., Guzhñay, J., Lucio, S. et.al. (2017). La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles, 21, ISSN 1665-529X

Webster, S.L. (1992). Geogrid Reinforced Base Courses for Light Aircraft, Department of the Army Waterways Experiment Station, Corps of Engineer. Mississippi.

ZEVALLOS, Rafael. Identificación y Evaluación de las fisuras superficiales en los Pavimentos Flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017. Tesis (Magíster en Ingeniería Civil con Mención en Dirección de Empresas de la Construcción). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 102pp.

## **ANEXOS**



**ENSAYO DE PLACA DE CARGA  
ASTM D1196**

Diámetro de la placa: 0.0 cm

Fracciones de suelo:

Fraccion granular: 0.0 %  
Fracción cohesiva: 0.0 %

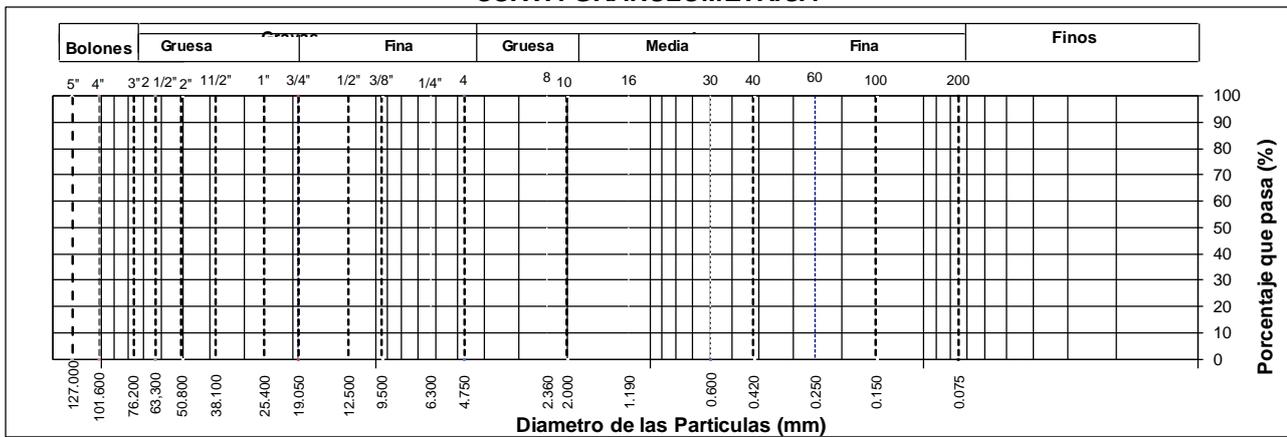
CARGA (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIALES	D-1 (mm)	D-2 (mm)	D-3 (mm)
<b>RETORNO</b>				
<b>3.50</b>	1 min			
	4 min			
	6 min			
	8 min			
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>3.00</b>	1 min			
	4 min			
	6 min			
	8 min			
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>2.50</b>	1 min			
	4 min			
	6 min			
	8 min			
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>2.00</b>	1 min			
	4 min			
	6 min			
	8 min			
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>1.50</b>	1 min			
	4 min			
	6 min			
	8 min			
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>1.00</b>	1 min			
	4 min			
	6 min			
	8 min			
	<b>PROMEDIO</b>			
<b>0.50</b>	1 min			
	4 min			
	6 min			
	8 min			
	<b>PROMEDIO</b>			

## ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO PÒR TAMIZADO

ASTM D6913 / MTC E - 204

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
5"			/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>	
4"				Contenido Humedad (%)	
3"				<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>	
2 1/2"				Límite Líquido (LL)	
2"				Límite Plástico (LP)	
1 1/2"				Índice Plástico (IP)	
1"				Índice de Consistencia (Ic)	
3/4"				Índice de Liquidez (IL)	
1/2"				<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	
3/8"					
1/4"					
Nº 4				Clasificación SUCS (ASTM D2487)	ML
Nº 8					
Nº 10				Clasificación AASHTO (D3282)	
Nº 16					
Nº 20					
Nº 30				Nombre del Grupo	Arena Limosa con Grava
Nº 40					
Nº 60				<b>INDICACIONES:</b>	
Nº 80				<i>El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.</i>	
Nº 100					
Nº 200					
< Nº 200	FONDO				

### CURVA GRANULOMETRICA



**ANEXO N° 1**

**MATRIZ DE OPERALIZACION DE VARIABLES**

**APLICACIÓN DE GEOMALLAS MULTIAXIALES PARA REDUCIR EL  
FISURAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CALLE REAL DE LA  
PROVINCIA DE HUANCAYO, 2019**

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
V.I (Y) Aplicación de Geomallas Multiaxiales	Según SANTILLAN(2015.p.3) indica que las Geomallas multiaxiales de polipropileno están ejecutadas específicamente para la resistencia del pavimento, buscando como solución a los problemas de las carreteras consiguiendo el ahorro de costos y de plazos en infraestructuras viales.	Para realizar la aplicación de Geomallas Multiaxiales se realizaron ensayos no destructivos para determinar la resistencia del suelo	Especificaciones Técnicas  Distribución de Cargas  Resistencia y deformabilidad	Carpeta Asfáltica Base Sub base  Flujo Vehicular  Estabilización de Suelos	Razón  Razón  Razón
V.D (X) Fisuramiento del Pavimento Flexible	Según HUMPIRI (2011.p.31) indica que el fisuramiento son grietas perpendiculares que se presentan en las calzadas de las carreteras, no están cubiertas de pavimentos, cemento u otra mezcla, además de no contar con mantenimiento adecuado.	Se evaluara las fisuras del pavimento mediante una inspección técnica, además de ensayos no destructivos para determinar la calidad de los materiales utilizados	Deformaciones  Ensayos en campo  Distribución de Agregados	Grietas Baches  Ensayo de Placa de Carga  Análisis Granulométrico por Tamizado	Razón  Razón  Razón

**ANEXO N°2**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## APLICACIÓN DE GEOMALLAS MULTIAXIALES PARA REDUCIR EL FISURAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CALLE REAL DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO, 2019

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Geomallas Multiaxiales		
¿Cómo la aplicación de geomallas multiaxiales podrá reducir el fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019?	Analizar la aplicación de geomallas multiaxiales para la reducción del fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019.	La aplicación de geomallas multiaxiales es relevante para la reducción del fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019.	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
			¿De qué manera las deformaciones es influenciado para la aplicación de las geomallas Multiaxiales para la reducción del fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019?	Identificar las fisuras ante la aplicación de las Geomallas Multiaxiales para la reducción del fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019.	Los estudios en las deformaciones ayudaran ante la aplicación de las geomallas multiaxiales para la reducción del fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019.
¿Cómo los ensayos en campo contribuirá con la aplicación de las geomallas multiaxiales para reducir el fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019?	Establecer ensayos en campo para la aplicación de geomallas multiaxiales reduciendo el fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019.	Los ensayos en campo permiten la aplicación de las geomallas multiaxiales para la reducción del fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019.	Distribución de Cargas	Flujo Vehicular	Normas Técnicas-MTC
¿Cómo la distribución de agregados analizaran ante la aplicación de las geomallas multiaxiales para el fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019?	Establecer la distribución de agregados ante la aplicación de geomallas multiaxiales, para así reducir el fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019.	La distribución de agregados ante la aplicación de las geomallas multiaxiales reduce el fisuramiento del Pavimento Flexible en la Calle Real en la Provincia de Huancayo, 2019.	Resistencia y Deformabilidad	Estabilización de suelos	Ensayo en campo-NTP 339.127
			Fisuramiento del Pavimento		
			Deformaciones	Grietas Baches Fisuras	Normas Técnicas- MTC
			Ensayos en campo	Ensayo de Placa de Carga	Ensayo en campo- NTP 339.128
			Distribución de Agregados	Análisis Granulométrico por Tamizado	Ensayo de laboratorio.ASTM D 6913

## REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ENSAYO DE PLACA DE CARGA ESTÁTICA



Ensamblaje del equipo de placa de carga estática

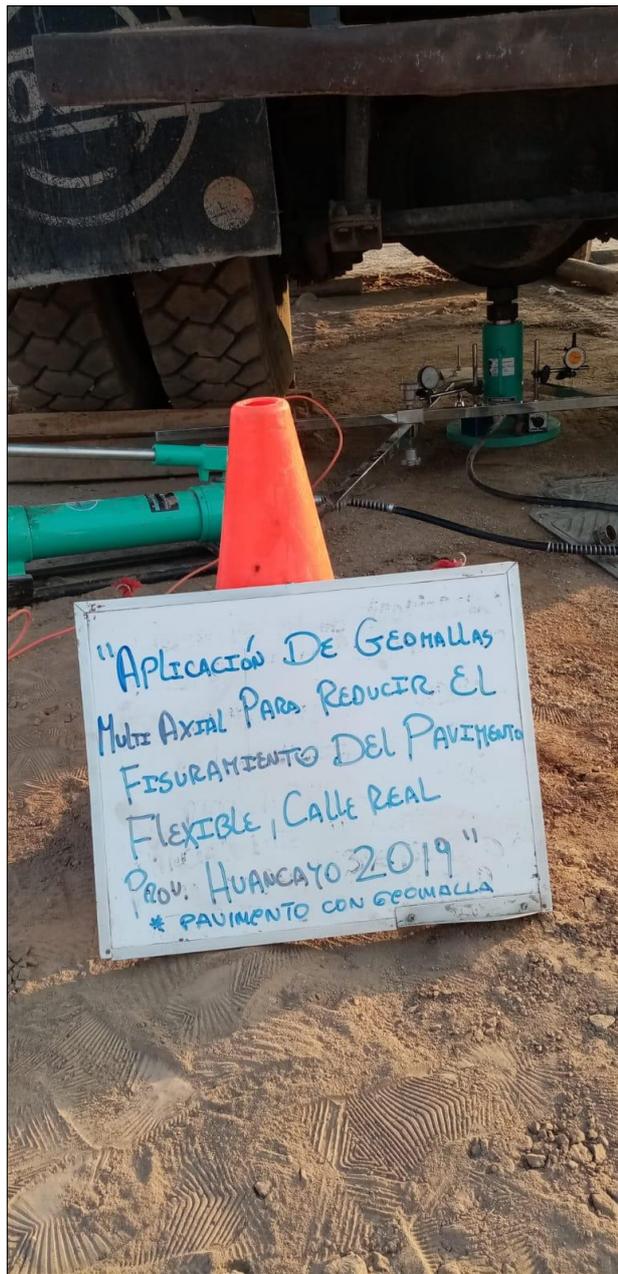




Preparación del terreno con adición de “Geomallas Multiaxiales”



Compactación del terreno con el uso de “Geomallas Multiaxiales”



Ensamblaje del equipo de placa de carga estática en terreno compactado con la adición de "Geomallas Multiaxiales"



Registro de datos de carga y deformación en el terreno compactado con la adición de "Geomallas Multiaxiales"



Finalización del ensayo de carga de placa estática





# PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF -0122 - 2019

Página 2 de 2

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa, utilizando patrones rastreables al LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de PERUTEST S.A.C.  
Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.3 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg f	INF-LE 272 - 18
Celdas patrones calibradas en PUCP Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Galga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg f	INF-LE 093-19

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permaneció estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730  
E-mail: [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe) Web: [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

# CERTIFICADO DE CALIBRACION DE COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL)

## METROTEC

### METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LL - 361 - 2019

Página 1 de 1

1. Expediente	190844	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	MTL GEOTECNIA S.A.C.	
3. Dirección	Cal. La Madrid N° 264 Asc. Los Olivos, San Martín de Porres - Lima - LIMA	
4. Instrumento de Medición	COMPARADOR DE CUADRANTE ( DIAL )	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual esté en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Alcance de indicación	0 mm a 25 mm	
División de Escala / Resolución	0,01 mm	
Marca	BAKER	
Modelo	J08A	
Número de Serie	R7280	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Tipo de indicación	ANALÓGICO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Calibración	2019-09-20	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2019-09-20

JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá 36 F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú  
Tel: (51) 149-6642  
Cel: (51) 971 438 272 / 897 846 766 / 842 633 342 / 971 438 282  
RPC: 940637490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
calidad@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LL - 361 - 2019***Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	20.8 °C	20.8 °C
Humedad Relativa	69 %	69 %

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/informe de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-C-091-2018
COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES: LLA-138-2018		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.



# CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL TERMOMETRO DIGITAL

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 1502 - 2019

PROFORMA : 0702A

Fecha de emisión : 2019 - 04 - 25

Página : 1 de 5

**SOLICITANTE :** MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal. La Madrid No. 264 Av. Los Olivos, Lima - Lima - San Martín De Porres

**EQUIPO :** HORNO  
Marca : GEMMY INDUSTRIAL CORP  
Modelo : YCD-010  
N° de Serie : 510647  
Tipo de Ventilación : Turbulencia  
Procedencia : No Indica  
Identificación : No Indica  
**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** TERMÓMETRO DIGITAL  
Marca : No Indica  
Alcance : No Indica  
Resolución : 0,1 °C  
**TIPO DE CONTROLADOR :** DIGITAL  
Marca : No Indica  
Alcance : No Indica  
Resolución : 0,1 °C  
Fecha de Calibración : 2019 - 04 - 25  
Ubicación<sup>1)</sup> : LABORATORIO DE SUELOS

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana (SOTEC 17025).

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

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

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

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

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

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

### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,4 °C	21,6 °C
Humedad Relativa	59,0 %	57,9 %

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

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lt. Nicolás Ramos Pizarro  
Gerente Técnico  
C.F.P. 0366

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: [informes@testcontrol.com.pe](mailto:informes@testcontrol.com.pe)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.

# CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA BALANZA PARA EL ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

 <p><b>Test &amp; Control</b> Laboratorio de Calibración</p>	<p><b>SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b> NTP ISO / IEC 17025:2017</p>	
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>TC - 1505 - 2019</b>		
PROFORMA : 0712A	Fecha de emisión: 2019 - 04 - 25	Página : 1 de 3
<b>SOLICITANTE: MTL GEOTECNIA S.A.C.</b> Dirección : Cal La Madrid Nro. 204 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres		
<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA</b> Tipo : ELECTRÓNICA Marca : SARTORIUS Modelo : LC22015 N° de Serie : 50310007 Capacidad Máxima : 2200 g División de Escala (d) : 0.01 g División de Verificación (e) : 0.01 g Clase de Exactitud <sup>(1)</sup> : 1 Capacidad Mínima <sup>(2)</sup> : 1 g Procedencia : ALEMANIA Identificación : No indica Intervalo de $\pm T$ Local : 18 °C hasta 30 °C Fecha de Calibración : 2019 - 04 - 24 Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS	<p>TEST &amp; CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.</p> <p>TEST &amp; CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.</p> <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.</p> <p>Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p>	
<b>LUGAR DE CALIBRACIÓN</b> Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.		
<b>MÉTODO DE CALIBRACIÓN</b> La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrón según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.		
<p>TEST &amp; CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueden ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.</p> <p>El presente documento carece de valor sin firma y sello.</p>		
		 <b>Lic. Nicolás Ramos Pevcar</b> Gerente Técnico CFP: 0216
PGC-95-r08/Octubre 2017/Rev.01		
Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe		
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.		