



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estabilización de la sub-rasante con el uso de geomalla biaxial en la avenida
Piura en la localidad de Tunal, provincia de Huancabamba – Piura - 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Carhuamaca Borda, César Macedonio (ORCID: 0000-0003-3220-3710)

ASESOR:

Mg. Zevallos Vílchez, Máximo Javier (ORCID: 0000-0003-0345-9901)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

PIURA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a mis padres por darme su apoyo y sacrificio para poder lograr culminar con éxito ésta etapa

AGRADECIMIENTO

La presente tesis es producto de esfuerzo y dedicación, por ello agradezco a mis padres por darme ánimos a seguir avanzando.

Agradecer a los docentes encargados de brindarnos sus conocimientos durante la formación académica.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página de jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	11
2.1. Diseño de la Investigación.....	11
2.2. Operacionalización de Variables.....	11
2.3. Población y muestra.....	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	16
2.5. Procedimiento.....	17
2.6. Métodos de análisis de datos.....	18
2.7. Aspectos éticos.....	19
III. RESULTADOS.....	19
IV. DISCUSIÓN.....	57
V. CONCLUSIONES.....	58
VI. RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS.....	62
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	63
Anexo 02: Resultados de ensayos de laboratorio.....	65
Anexo 03: Instrumento de recolección de datos.....	75
Anexo 04: Validación de los instrumentos.....	76
Anexo 05: Constancia de validación.....	78
Anexo 06: Fotografías de ensayos de laboratorio.....	79
Anexo 07: Otros.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	12
Tabla 2. Índice medio diario semanal	21
Tabla 3. Índice medio diario anual	22
Tabla 4. Índice medio diario anual proyectado	25
Tabla 5. Calculo de esal.....	26
Tabla 6 Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes(EE) para pavimentos rígidos	28
Tabla 7. Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño	28
Tabla 8. Clasificación de suelos	30
Tabla 9. Ensayo de proctor modificado	31
Tabla 10. Valor relativo de soporte	32
Tabla 11. Valor relativo de soporte (CBR), utilizando geomalla biaxial	34
Tabla 12. Valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar normal (Z).38	
Tabla 13. Índice de serviciabilidad inicial (Pi), Índice de serviciabilidad final (Pt), Diferencial de serviciabilidad	39
Tabla 14. Coeficiente de drenaje de las capas granulares (Cd)	41
Tabla 15. Valores de coeficientes de transmisión de carga (J).....	41
Tabla 16. Categorías de sub-rasantes.....	42
Tabla 17. Espesor requerido (pavimento rígido convencional).....	44

RESUMEN

Para la presente investigación la cual se desarrolló con el fin de obtener el objetivo principal de estabilizar la sub-rasante para un pavimento convencional y un pavimento con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba, en lo que se utilizó como población las calles de la localidad de Tunal y como muestra la avenida Piura en dicha localidad. Lo que dio inicio a elaborar un estudio de Tráfico, la cual presenta un bajo volumen de tráfico vehicular, dividiéndolos en vehículos ligeros (62.50%) y vehículos pesados (37.50%), alcanzando un IMDA de 56veh/día, con una proyección de un periodo de diseño de 20 años, terminando con un ESAL de 465471.66 EE. Al término de dicha actividad se extrajeron dos muestras, trasladándolos al laboratorio QUALITY PAVEMENTS S.A.C para realizar los respectivos ensayos de mecánica de suelo y así dándonos los análisis físicos-mecánicos, en el cual se obtuvo que son muestras de un mismo tipo de suelo, trabajando con una sola muestra, con el fin de estabilizar la sub-rasante se realizó dos ensayos de CBR, un convencional y otro con el uso de una geomalla biaxial, llegando a obtener un 33% de incremento en su capacidad de soporte. Posterior a ello se propuso realizar un diseño de pavimento, con el fin de comparar que tan factible técnica y económicamente es implementar una geomalla biaxial, dejando en claro que el costo para la construcción del pavimento rígido por metro cuadrado disminuye en un 11.7% respecto al costo de la pavimentación convencional.

Palabras claves: Geomalla biaxial, Pavimento rígido, Estabilización.

ABSTRACT

For the present investigation, which was developed in order to obtain the main objective of stabilizing the subgrade for a conventional pavement and a pavement with the use of biaxial geogrid on Piura Avenue in the town of Tunal, Huancabamba Province, in what was used as population the streets of the town of Tunal and as shown by the avenue Piura in that town. This began to develop a Traffic study, which presents a low volume of vehicular traffic, dividing them into light vehicles (62.50%) and heavy vehicles (37.50%), reaching an ADT of 56veh / day, with a projection of a 20-year design period, ending with an ESAL of 465471.66 EE. At the end of said activity, two samples were extracted, transferring them to the QUALITY PAVEMENTS SA laboratory. C to carry out the respective soil mechanics tests and thus giving us the physical-mechanical analyzes, in which it was obtained that they are samples of the same type of soil, working with a single sample, in order to stabilize the sub-grade. carried out two CBR tests, one conventional and the other with the use of a biaxial geogrid, obtaining a 33% increase in its bearing capacity. After this, it was proposed to carry out a pavement design, in order to compare how technically and economically feasible it is to implement a biaxial geogrid, making it clear that the cost for the construction of the rigid pavement per square meter decreases by 11.7% compared to the cost of conventional paving. in which it was obtained that they are samples of the same type of soil, working with a single sample, in order to stabilize the subgrade, two CBR tests were carried out, one conventional and the other with the use of a biaxial geogrid, reaching to obtain a 33% increase in its support capacity. After this, it was proposed to carry out a pavement design, in order to compare how technically and economically feasible it is to implement a biaxial geogrid, making it clear that the cost for the construction of the rigid pavement per square meter decreases by 11.7% compared to the cost of conventional paving. in which it was obtained that they are samples of the same type of soil, working with a single sample, in order to stabilize the subgrade, two CBR tests were carried out, one conventional and the other with the use of a biaxial geogrid, reaching to obtain a 33% increase in its support capacity. After this, it was proposed to carry out a pavement design, in order to compare how technically and economically feasible it is to implement a biaxial geogrid, making it clear that the cost for the construction of the rigid pavement per square meter decreases by 11.7% compared to the cost of conventional paving.

Keywords: Biaxial Geogrid, Rigid Pavement, Stabilization

I. INTRODUCCIÓN

Una de las construcciones que existen en la Ingeniería son las obras viales, que son de mucha importancia ya que unen a diversos lugares al igual de servir como vías de acceso a diferentes puntos de nuestro país, haciendo que haya una mejor transitabilidad y así facilitar a los usuarios que circulan por las carreteras. Parte fundamental es el estado de los diferentes tipos de suelos existentes, en nuestro país podemos encontrar suelos que presentan características que dan lugar a reconocer a simple vista un suelo inadecuado para todo tipo de infraestructura, dicha problemática es la que presenta la sub-rasante de la avenida Piura en el pueblo de Tunal, provincia de Huancabamba, en esta zona no cuenta con una estructura de pavimentación, la sub-rasante se ve cada día deteriorándose debido a múltiples factores ocasionando que se dañe por completo el suelo, ya que en esta vía es frecuente que circulen vehículos pesados, es por ello que se va a realizar un diseño de pavimentación adecuado para dicha vía.

La verificación en que condición se encuentra la sub-rasante, es de mucha importancia mejorar o estabilizar la sub-rasante para que así se realice un buen diseño y a futuro tener un buen proceso constructivo. Pero para este diseño se va a utilizar de manera estratégica algo que se está viendo en los últimos años es la implementación de Geosintéticos, especialmente de las Geomallas como una medida de refuerzo en la que se le aplicará a la sub-rasante, haciendo que lo mejore y provocando una reducción de las capas superiores, a la vez obtener una resistencia optima ante las cargas aplicadas por los vehículos, haciendo que se prolongue la vida útil que normalmente dura un pavimento.

Los trabajo previos realizados internacionalmente tenemos la de la tesis de (BUSTAMANTE, 2016). “ Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Sub-rasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil” con el fin de optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Cuenca, 2016. Tuvo como objetivo determinar el nivel de resistencia sobre una sub-rasante, aplicando una geomalla y un geotextil a la vez como una estructura de refuerzo y comparar con la resistencia que pueden brindar con el uso de geomalla, geotextil y sin refuerzo, también se analizó los esfuerzos que se genera en la superficie de la capa sub-rasante debido a las deformaciones ocasionados por las cargas aplicadas. Lo que llegó a la conclusión que hubo una reducción del espesor en la capa superior a la sub-rasante y se confirmó que al aplicar un geotextil y geomalla a la vez no presentaría un mejoramiento hacia la capa superior.

En la tesis de (ALVARADO, 2012). “ Análisis técnico sobre el uso de geomallas de refuerzo para la pavimentación y repavimentación de carreteras” para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2012. El objetivo de esta investigación fue un análisis técnico y económico de las geomallas para una pavimentación, la metodología empleada para desarrollar la investigación fue mediante tres etapas, la Recolección de información mediante la búsqueda de datos sobre las técnicas que se utilizan en la construcción. Desarrollar el planeamiento sobre el estudio del diseño de pavimento, aplicando geomallas para analizar si es posible disminuir los espesores de la superficie. Observación de la implementación sobre la geomalla en una vía, para poder analizar las ventajas que existen de estas en el proyecto. Se llegó a la conclusión que con las geomallas se logró aumentar la resistencia ante las cargas que son aplicadas, también proporcionaron beneficios económicamente, ya que al aplicarlas se logra reducir los espesores de mezcla por colocar, además reducen los mantenimientos de los pavimentos.

Los trabajo previos realizados a nivel nacional tenemos la tesis de (ORREGO, 2014). “ Análisis técnico – económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles”, con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2014. Consistió en riguroso análisis en la aplicación de geosintéticos, en especial las geomallas como uso de refuerzo en la estructura del pavimento flexible, con el objetivo de determinar si es económicamente factible en la estructura del proyecto en estudio. Se tuvo que realizar un diseño bajo tres alternativas, la primera fue una sección no reforzada y los dos restantes en secciones reforzadas con geomallas biaxiales y multiaxiales respectivamente, para realizar el diseño alternativo fue necesario conocer las características y propiedades de las geomallas, por lo cual se hizo una clasificación y se conocieron sus respectivas aplicaciones típicas. Al término del análisis se obtuvo como resultado que las secciones no reforzadas tuvieron espesores mayores que las secciones reforzadas, alcanzó un promedio de 35% en el caso de refuerzo con geomallas biaxiales y un 45% en refuerzo con geomallas multiaxiales

La tesis de (MERA, 2017). “ Evaluación técnico-económico del uso de Geomalla Multiaxial como refuerzo en la sub-rasante de la carretera Santa Cruz-Bellavista, distrito Bellavista-Jaén-Cajamarca”, con el fin de optar el título de Ingeniero Civil en la

Universidad Nacional de Cajamarca. Esta investigación tuvo como objetivo realizar una evaluación técnica y económicamente sobre el uso de geomallas multiaxiales como refuerzo a la sub-rasante en la carretera mencionada, al igual de como es el procedimiento de aplicación de geomalla en una vía no pavimentada, se realizó una recopilación de datos mediante los formatos de clasificación vehicular que proporciona el MTC, estudio de mecánica de suelos. Se hizo una observación de la reducción de espesores en los tramos que fueron reforzados, con respecto a los tramos no reforzados. Se concluyó que el uso de geomallas multiaxiales es económicamente viable en tramos donde el suelo es pobre, al igual que la reducción de espesores en tramos reforzados con geomallas, a comparación de los tramos que no fueron reforzados.

Para tener enfoque más claro recurrimos a conceptos claros o teorías que se relacionan al tema de que se está investigando

Los suelos son materiales solidos provenientes de la superficie terrestre, frutos de las alteraciones de los suelos o rocas transportados por agua o viento, estos pueden contener materia orgánica'. (DUQUE, y otros, 2002). Existen diversos tipos de suelos que habitualmente trabajan los agricultores, entre ellos están existen cinco suelos que son la combinación de las partículas de rocas que componen los suelos arena, limo y arcilla, las combinaciones de estas crean diferentes características de suelo. (Tipos de suelos y caracterización, 2018). Entre ellos tenemos los suelos arenosos que son de partículas grandes a comparación del demás suelo, presenta características seca y áspera, porque las partículas están separadas entre ellas. Los suelos limosos tienen la característica de poder retener el agua y su composición es de arena fina y arcilla, y finalmente los suelos arcillosos, estos suelos están conformados por granos finos amarillentos, reteniendo el agua formando charcos

La estabilización es el proceso en la cual el suelo es sometido a tratamientos con el fin de mejorar su capacidad de soportar grandes cargas y efectos del clima severos. (EQUISERVICIOS INDUSTRIALES S.A.S). Los suelos colapsables. - son suelos que cuando son humedecidos sufren asentamientos fácilmente, poniendo en riesgo estructuras que están sobre ellas, en tanto los suelos expansivos. - son suelos al ser humedecidos se expanden.

Los Pavimentos son estructuras conformadas por una carpeta de rodadura sobre un conjunto de capas granulares y el suelo de cimentación o también llamado sub-rasante, está diseñado para transmitir las cargas vehiculares durante un tiempo establecido. (BECERRA, 2012).

Existen tipos de pavimentos para ser diferenciados en su estructura y en materiales a usar, estos tipos son:

Pavimentos Flexibles: .-Estos pavimentos cuentan con una capa de rodamiento constituida por una mezcla asfáltica, resulta más económico para su construcción, pero con la desventaja de requerir mantenimientos constantes para cumplir su vida útil. (TAPIA, 2018)

Pavimentos Rígidos: -En los pavimentos rígidos es proporcionada por losas de concreto hidráulico, por su mayor rigidez distribuyen las cargas aplicadas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de la superficie de la losa y de las losas adyacentes que en conjunto trabajan para recibir de manera directa las cargas. (TAPIA, 2018)

Los comportamientos de los pavimentos se pueden dividir en comportamiento funcional. - las cuales son los aspectos que afectan la calidad de la carpeta de rodadura y por ello están relacionados con la comodidad y seguridad para los usuarios. (BECERRA, 2012), y el comportamiento convencional. -son aspectos relacionados con la estructura del pavimento, es la capacidad que tiene el pavimento para soportar la acción del tránsito y del medioambiente. (BECERRA, 2012). De igual manera presentan características, como estructura tiene que proporcionar una superficie de una apropiada textura y color, resistencia a la acción del tránsito, al igual que los esfuerzos ocasionados por las cargas por el tránsito, de tal forma que no sobrepasen los esfuerzos que resisten las distintas capas.´´ (TAPIA, 2018)

Los pavimentos rígidos. - son aquellas estructuras que tienen una carpeta de rodadura conformada por concreto de cemento hidráulico. Debido a la naturaleza rígida de la carpeta de rodadura, las cargas vehiculares se distribuyen de una forma más eficiente, por ello requieren un menor número de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la sub-rasante.´´ (BECERRA, 2012), sus capas de vienen hacer la sub-rasante, es el suelo de cimentación, lo cual puede ser el suelo natural correctamente perfilado y compactado, o de material de préstamo cuando este suelo es deficiente. (BECERRA, 2012), la sub-

base.- es la capa apoyada sobre la sub-rasante conformada por materiales granulares, esta capa implica una mejora en la capacidad de soporte del suelo, es decir una reducción del espesor de la carpeta de rodadura. (BECERRA, 2012), la base. - es una capa que se encuentra bajo la carpeta de rodadura y cumple la función de resistir, ya que reciben la mayor parte de esfuerzos verticales y su resistencia a deformaciones transmitidas por el tránsito. (TAPIA, 2018), y la carpeta de rodadura.-conformada por mezclas de concreto, colocada en la superficie final del pavimento, soportando directamente las cargas originadas por el tránsito. (TAPIA, 2018)

Los tipos de pavimentos rígidos vienen hacer las losas de concreto simple- este tipo de pavimento es un sistema que consiste en aplicar placas de concreto sin ser reforzado, con el fin de detener las fisuras de las losas, y las losas de concreto reforzados- para este tipo se utiliza unas juntas de contracción y hacer de refuerzo para poder controlar las fisuras de las losas. (Ministerio de Transporte Instituto de Vías, 2006). También se tiene en cuenta los tipos de daños en pavimentos rígidos como las grietas,- para el presente manual las grietas que presentan un ancho menor de 0.03 mm se catalogan como fisuras, este tipo de deterioro contiene todas las fracturas que dañen las losas de concreto, los daños de juntas- se caracteriza por tener una abertura en las juntas longitudinales de los pavimentos, los deterioros superficiales.-se definen como una combinación del estado de los bloques que se originan por las fracturas en contacto con la junta, en la cual se clasifican como baja, media y alta.

Las aplicaciones de las Geomallas en los pavimentos son de mucha importancia, este geosintético puede traer varias consecuencias positivas.

Las geomallas: -son estructuras geosintéticos de refuerzo que son elaborados por polímeros de gran resistencia y durabilidad, interactúan con el suelo haciendo que exista una resistencia al momento de recibir todas las cargas producidas por el tránsito. (TEX DELTA S.L)

La clasificación de las geomallas se requiere para poder diferenciar que tipo de uso le vamos a dar, las Geomalla Uniaxial. - son estructuras bidimensionales fabricados de polietileno con una alta densidad, lo cual permite tener una estructura con una distribución de largas aberturas, obteniendo una fuerza a la tensión en una sola dirección (longitudinal) y finalmente este tipo de geomallas contiene un sistema de trabazón con

el suelo. (Departamento de Ingeniería-Geosistemas PAVCO, 2012), la Geomalla Biaxial. - son estructuras bidimensionales elaboradas de polipropileno para que sean estiradas en ambas direcciones (longitudinal y transversal), contienen espacios de forma rectangular con una alta resistencia a tensiones. Son efectivas para brindan refuerzo a pavimentos rígidos y flexibles. (Departamento de Ingeniería-Geosistemas PAVCO, 2012)

Las ventajas de estas son claves al momento de ser aplicadas a estructuras de pavimentos, las cuales son: Aumenta la vida útil de la estructura inicial, disminuye los espesores granulares al reemplazar parte de estos por el aporte que genera la geomalla, disminuye el impacto ambiental al disminuir los espesores, ya que es un recurso natural no renovable.

Las funciones de esta es darle refuerzo a muros, taludes y terraplenes. Las funciones de las Geomallas Biaxiales es estabilizar los suelos blandos, como cimientos, pavimentos y terraplenes. Estos dos tipos de geomallas brindan un confinamiento lateral en el suelo, haciendo que aumente su resistencia. Las aberturas que presentan permiten que tengan una alta adherencia en las capas del pavimento, principalmente ofrecen un aumento de resistencia en vías no pavimentadas como en pavimentos flexibles y rígidos. (AMANCO Geosintéticos, 2016), para poder aplicar estos geosinteticos se tiene que definir de acuerdo a su función para poder aplicarlos en diferentes campos. (Departamento de Ingeniería-Geosistemas PAVCO, 2012).

Las aplicaciones de geomallas uniaxiles son los principales campos de aplicación para este tipo de geomallas son: estabilización para suelos blandos, refuerzo para muros y taludes, reparación de deslizamientos, muros vegetados o de concreto. Los refuerzos de muros y taludes. - las construcciones donde se aplican este tipo de soluciones con geomallas uniaxiales son para las construcciones de terraplenes, rampas para accesos a puentes con taludes verticales, al igual que en terrazas en laderas y en toda construcción donde se requiera un talud con pendientes que sobrepasen a las que permite el ángulo de reposo para el suelo. (AMANCO Geosintéticos, 2016)

Las aplicaciones de geomallas biaxiales se pueden dar en los siguientes campos: terraplenes para caminos y vías férreas, refuerzos para estructuras de pavimentos de

pistas en aeropuertos, refuerzo en bases de pavimentos y vías no pavimentadas, refuerzo de materiales granulares. (Departamento de Ingeniería-Geosintemas PAVCO, 2012)

La Estabilización de suelos es una función de suma importancia para las construcciones en vías terrestres frecuentemente ocurren asentamientos en zonas arcillosas y arenosas, lo cual pueden ser estabilizados mediante las geomallas. Es el caso de las geomallas biaxiales que cumplen la función de distribuir en mayor área las cargas aplicadas por el tránsito, aumentando la resistencia de los suelos, disminuyendo las deformaciones en la superficie dando una vida útil mayor a los pavimentos, los criterios para escoger que tipo de geomallas utilizar es mediante un estudio que verifica como son transmitidos los esfuerzos a las estructuras, si sabemos que en una estructura donde se ejerce esfuerzos en una sola dirección como son los muros, que debido a que existe presión lateral del suelo sobre la estructura. Mientras que, para reforzar los pavimentos, los esfuerzos que se generan por el tráfico sobre la estructura se dispersan en varias direcciones. Por lo tanto, para realizar el refuerzo de geomallas se debe tener en conocimiento las mismas propiedades y sentidos que ejercen los esfuerzos. (Departamento de Ingeniería-Geosintemas PAVCO, 2012)

ESTABILIZACIÓN FÍSICO: Se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos, existen varios métodos como:

MEZCLAS DE SUELO: Este tipo de estabilización es de amplio uso, pero por si sola no logra los efectos deseados, necesitándose siempre de por lo menos la compactación como complemento. Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna lo que lo hacen soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser firme de una carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino. Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad. La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas.

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA: Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica. Cemento Portland: aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas.

Productos Asfálticos: es una emulsión muy usada para material triturado sin cohesión. Cloruro de Sodio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

Cloruro de Calcio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

Escorias de Fundición: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Polímeros: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

El proceso constructivo se debe tomar en cuenta las siguientes tareas: Preparación de terreno, Aplicación de geomalla, Colocación de capas de material granular. (Geomatrix)

PREPARACIÓN DEL TERRENO: Principalmente se deben remover las irregularidades tales como rocas, arbustos y cualquier otro material que se encuentre en el terreno. En el caso de reforzar la base granular, la geomalla se deberá colocar sobre la superficie de la capa sub-base debidamente compactada. (Geomatrix)

APLICACIÓN DE GEOMALLA: La geomalla se debe desenrollar en el lugar a instalar, alineándolo paralelamente al eje de la vía sin permitir que esta se arrugue ni se doble, luego para poder asegurarlas se debe colocar grapas metálicas a los bordes. (Geomatrix)

COLOCACIÓN DE CAPAS DE MATERIAL GRANULAR: El material de la capa granular se debe colocar mediante maquinarias, cuidando que dañe la integridad de la geomalla, no se debe permitir que se transite sobre la geomalla hasta que no se haya conformado la capa con material granular. (Geomatrix)

Una vez conocido los trabajos previos y las teorías relacionados al tema se tiene un enfoque más claro de lo que se intenta dar a conocer y dar una solución a la problemática que se está planteando, para ello se va analizar minuciosamente hasta llegar al problema y que solución se puede ofrecer. Primeramente, se analiza el problema que está aconteciendo.

El problema general es: ¿Es posible estabilizar la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba?

Los problemas específicos son: ¿Cuáles son las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba? ¿Cuáles son los análisis físicos – mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial que posee la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba? ¿Cuáles son los espesores correspondientes para el paquete para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba? ¿Cuál es el costo – beneficio para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba?

La justificación de estudio para la presente investigación es Teóricamente realizar con el propósito de aportar al conocimiento sobre el uso de Geomallas para poder mejorar la sub-rasante en vez de los métodos convencionales, cuyo resultado será beneficioso al momento de desarrollarse y será de gran aporte a la construcción, ya que se va a demostrar que la aplicación de Geomallas mejora la calidad de la sub-rasante y aumentar la resistencia de las capas superiores. Por otro lado, se justifica metodológicamente la aplicación de Geomallas como una alternativa diferente para poder mejorar los suelos que no son óptimos, cambiando totalmente los métodos convencionales. El problema que se observa en la mayoría de proyectos de construcción de pavimentos es que los suelos al no ser estabilizados correctamente provocan que el pavimento tienda a deteriorarse con facilidad, es por ello que se debe recurrir a otros métodos como es el caso del uso de Geomallas, el cual resulta una solución ante fenómenos que puedan dañar

la estructura. En el aspecto práctico existe la necesidad de mejorar el terreno natural que se ha visto afectado ya sea por factores climáticos o por las constantes cargas que es sometida la Avenida Piura, mejorándolo con la aplicación de Geomallas y a su vez contribuir con un adecuado diseño para una futura pavimentación. Esta investigación se justifica socialmente proporcionando una mejor alternativa para mejorar el mal estado del terreno, brindando una solución para dicha vía, viéndose también favorecidos los pobladores del pueblo de Tunal ya que al mejorar el suelo malo y proponiendo un adecuado diseño brindará un servicio de transitabilidad óptima para que los pobladores puedan realizar su comercialización sin ningún inconveniente.

La hipótesis general es posible estabilizar la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.

Las hipótesis específicas son: Es posible determinar las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba. Es posible determinar los análisis físicos - mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial que posee la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba. Se podrá obtener los espesores adecuados para el paquete estructural para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba. Es posible comparar el costo – beneficio para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.

El objetivo general es Estabilizar la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.

Los objetivos específicos son: Determinar las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba. Determinar los análisis físicos – mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y

una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba. Obtener los espesores correspondientes para el paquete para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba. Comparar el costo – beneficio para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de la Investigación

Aplicativa debido a la recolección de información del estudio de mecánica de suelos con el fin de emplear conocimientos propios o de fuentes bibliográficas para poder realizar la estabilización de la sub-rasante y posteriormente el diseño de pavimentación usando geomallas.

Pre-experimental, la cual se elabora con una sola muestra, yendo de la mano con un agregado (Análisis físicos-mecánicos) con el objetivo de determinar la consecuencia en la variable dependiente (Estabilización de la Sub-rasante)

2.2. Operacionalización de Variables

Variable Independiente:

Uso de Geomalla Biaxial

Variable Dependiente:

Estabilización de la Sub-rasante

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
ESTABILIZACIÓN DE LA SUB-RASANTE	Es el proceso en la cual el suelo es sometido a tratamientos con el fin de mejorar su capacidad de soportar grandes cargas y efectos del clima severos. (EQUISERVICIOS INDUSTRIALES S.A.S)	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	Se procede a recolectar muestras mediante calicatas, posteriormente llevarlos a laboratorio y determinar las características físicas y mecánicas del suelo	Calicatas Proctor, Límites de Consistencia, Densidad y Humedad, Capacidad de Soporte (CBR), Granulometría (%)	De Razón o Proporción

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
ESTABILIZACIÓN DE LA SUB-RASANTE	Es el proceso en la cual el suelo es sometido a tratamientos con el fin de mejorar su capacidad de soportar grandes cargas y efectos del clima severos. (EQUISERVICIOS INDUSTRIALES S.A.S)	PAQUETE ESTRUCTURAL (Espesores)	Se procederá a realizar la metodología de diseño de pavimento, y así obtener los espesores correspondientes	Metodología AASHTO 93	De Razón o Proporción

<p style="text-align: center;">USO DE GEOMALLA BIAXIAL</p>	<p>Las geomallas son estructuras geosintéticas de refuerzo que son elaborados por polímeros de gran resistencia y durabilidad, interactúan con el suelo haciendo que exista una resistencia al momento de recibir todas las cargas producidas por el tránsito. (TEX DELTA S.L)</p>	<p style="text-align: center;">Costo / Beneficio</p>	<p>Es la comparación del presupuesto del proyecto, con un pavimento convencional, y sí que es factible emplearlo.</p>	<p style="text-align: center;">Presupuesto Comparación (pavimento convencional y pavimentación con geomallas)</p>	<p style="text-align: center;">De Razón o Proporción</p>
--	--	--	---	---	--

FUENTE: Elaboración propia, 2019

2.3. Población y muestra

Población:

Para esta investigación se determina que la población son las Calles de la localidad de Tunal.

Muestra:

Entonces para la presente investigación la muestra que se considera es la Avenida Piura que es la vía principal de la localidad de Tunal.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para lograr el primer objetivo, el cual es determinar las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, se utilizará la técnica de observación para verificar la cantidad de tipo de vehículo que transitaran en dicha localidad, utilizando los formatos de conteo vehicular para clasificar los vehículos el cual está validado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

El segundo objetivo, el cual es determinar los análisis físicos - mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, se utilizará las técnicas de observación, teniendo como instrumentos los formatos de Excel de laboratorio, el cual es validado y aprobado por los especialistas correspondientes.

Para el tercer objetivo, el cual es obtener los espesores correspondientes para el paquete estructural para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura., se tendrá en cuenta la técnica de análisis documental, utilizando un software de la metodología AASTHO93, el cual es validado y aprobado por los especialistas correspondientes.

En el cuarto objetivo el cual es determinar el costo – beneficio del uso de Geomallas para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, se requerirá de la técnica de análisis documental, utilizando el software S10 para analizar los costos, el cual es validado por el mismo software.

2.5. Procedimiento

Para lograr el primer objetivo, el cual es determinar las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, se requirió realizar un estudio de tráfico en dicha localidad para obtener información real de la cantidad de tipos de vehículos que transitan por esa vía, y una vez recolectado toda la información se calculará el índice medio anual y por consiguiente los ejes equivalentes, es decir las cargas que serán distribuidas a lo largo del periodo de diseño del pavimento.

El segundo objetivo, el cual es determinar los análisis físicos - mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, se iniciará recopilando toda información del tipo de suelo gracias a un laboratorio que se serán llevados las muestras que serán extraídas en campo, esto se realizará para tener en cuenta al momento de realizar el diseño de pavimento que se verá más adelante.

Para el tercer objetivo, el cual es obtener los espesores correspondientes para el paquete estructural para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura., se analizarán los parámetros correspondientes para utilizar la metodología AASTHO93 y así obtener un espesor adecuado para los diseños que se realizarán.

En el cuarto objetivo el cual es determinar el costo – beneficio del uso de Geomallas para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, tratará de realizar una comparación entre los costos de los diseños que se llevarán a cabo y concluir si es que es factible usarlo.

2.6. Métodos de análisis de datos

Para obtener los resultados del primer objetivo, el cual es determinar las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, se realizará un conteo de los vehículos que transitan en la avenida que se está estudiando usando la técnica de observación para luego poder llenar las fichas del MTC, donde se clasificarán los vehículos para llegar al cálculo del IMD, y posteriormente determinar el ESAL que presenta la avenida, así nos llevará a determinar las cargas que soportará el tramo de la avenida.

Para obtener los resultados del siguiente objetivo, el cual es determinar los análisis físicos - mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, se llevará a cabo extrayendo muestras de las calicatas a realizar, las cuales tendrán una profundidad igual o mayor a 1.50 metros, luego serán dirigidas al laboratorio de Mecánica de Suelos para la realización de los ensayos para poder determinar las características del suelo.

Para obtener los resultados del tercer objetivo, el cual es obtener los espesores correspondientes para el paquete estructural para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura., se recurrirá a usar la metodología AASHTO 93, tomando en cuantos los parámetros correspondientes para obtener el cálculo de espesores para cada capa del pavimento.

Para alcanzar con el cuarto objetivo el cual es determinar el costo – beneficio del uso de Geomallas para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba-Piura, consistirá en analizar un presupuesto de un pavimento convencional, para luego realizar el presupuesto del pavimento usando geomallas, para ello se recurrirá al Software S10 para que así se pueda obtener una comparación y poder determinar si es factible la realización del proyecto.

2.7. Aspectos éticos

El investigador responsable del presente proyecto titulado “Estabilización de la sub-rasante con el uso de geomalla biaxial en la avenida Piura, en la localidad de Tunal, provincia de Huancabamba - Piura - 2019” se compromete a respetar la autenticidad del contenido, así como la confiabilidad de las fuentes que se han citado.

III. RESULTADOS

Con el fin de llegar al objetivo general de “Estabilización de la sub-rasante con el uso de Geomalla Biaxial en la Avenida Piura en localidad Tunal, provincia de Huancabamba - Piura”, se ha requerido desarrollar los siguientes objetivos específicos:

El primer objetivo específico el cual es Determinar las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de Geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, provincia de Huancabamba – Piura, se realizó los siguientes pasos:

- ✓ Metodología del Trabajo de Campo
- ✓ Evaluación del tránsito existente
- ✓ Determinación del Índice Medio Diario (IMD)
- ✓ Determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDA)
- ✓ Cálculo de Ejes Equivalentes

El estudio de conteo de tráfico tiene como objetivo determinar el flujo de tráfico de la localidad de Tunal para un futuro diseño de pavimentación.

❖ ESTUDIO DE TRÁFICO:

METODOLOGÍA DE TRABAJO DE CAMPO

La metodología desarrollada en el presente estudio se basó en las observaciones realizadas en dicha localidad, teniendo como recomendaciones el Manual para Conteo de Tráfico, en el trabajo de campo se estableció una estación para el conteo de tráfico:

Estación 01: Avenida Piura (Ubicación de la E01)

Las labores de Conteo y Clasificación en el campo se desarrollaron de forma continua, las 24 horas del día, durante 7 días de la semana, el cual se inició el día martes 02 de abril y concluyendo el día lunes 08 de abril del 2019.

De acuerdo al conteo de tráfico realizado se obtuvo lo siguiente:

- ✓ El tránsito existente que circula por la localidad es mediano, encontrándose por encima de 10 y por debajo de las 45 unidades diarias.
- ✓ Las unidades de transporte que circulan por el tramo son: Autos, Camionetas, Buses y Camiones de 2 y 3 ejes

EVALUACIÓN DE TRÁNSITO EXISTENTE

La vía en estudio se encuentra a nivel de terreno natural y con una topografía accidentada sobre todo por encontrarse en las laderas de cerro, presentando un mal estado y ocasionando principalmente un inadecuado acceso para el tránsito vehicular y peatonal. (Ver figura 01)

Según el conteo vehicular realizado los vehículos que transitan por esta vía son con mayor incidencia de vehículos ligeros y con un flujo vehicular regular (Ver figura 02)

CÁLCULO DE ÍNDICE MEDIO DIARIO SEMANAL

El Índice Medio Diario viene hacer el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor de un año, dividido entre el número de días del periodo.

Los resultados del procesamiento de los conteos vehiculares, en donde se ubicó la estación se muestran a continuación.

Se han identificado los siguientes vehículos:

1. Autos
2. Camionetas Pick Up, Panel, Rural Combi
3. Micro
4. Buses 2Ejes =>3Ejes
5. Camiones de 2 Ejes => Camiones de 3 Ejes

A partir de los datos obtenidos en los conteos y clasificación vehicular en campo, se procedió a analizar la consistencia de la misma.

En el siguiente cuadro se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria para cada sentido y total en ambos sentidos.

Tabla 2. Índice medio diario semanal

Día	Auto	Station Wagon	Camioneta			Micro	Bus		Camión		Total
			Pick Up	Panel	Rural Combi		2E	>=3E	2E	3E	
Diagra. Veh.											
Martes 02/04/2019											
ENTRADA	13	7	5	2	3	1	5	2	3	4	45
SALIDA	11	3	4	1	4	1	3	2	3	4	36
Ambos	24	10	9	3	7	2	8	4	6	8	81
Miércoles 03/04/2019											
ENTRADA	6	4	5	1	2	1	2	4	1	2	28
SALIDA	5	3	5	0	2	1	2	3	1	2	24
Ambos	11	7	10	1	4	2	4	7	2	4	52
Jueves 04/04/2019											
ENTRADA	4	3	6	0	2	1	2	4	1	4	27
SALIDA	3	3	5	1	2	1	1	4	0	4	24
Ambos	7	6	11	1	4	2	3	8	1	8	51
Viernes 05/04/2019											
ENTRADA	10	0	2	0	2	0	2	0	2	4	22
SALIDA	08	0	1	0	2	0	2	0	2	4	19
Ambos	18	0	3	0	4	0	4	0	4	8	41
Sábado 06/04/2019											
ENTRADA	8	0	2	0	2	0	2	0	2	4	20
SALIDA	8	0	1	0	2	2	0	0	2	4	19
Ambos	16	0	3	0	4	2	2	0	4	8	39
Domingo 07/04/2019											
ENTRADA	13	5	3	0	3	0	3	2	2	4	35
SALIDA	5	2	1	0	2	0	2	0	2	4	18
Ambos	18	7	4	0	5	0	5	2	4	8	53
Lunes 08/04/2019											
ENTRADA	6	4	4	0	2	1	2	1	3	5	28
SALIDA	5	3	3	1	2	0	2	0	3	5	24
Ambos	11	7	7	1	4	1	4	1	6	10	52
Total	105	37	47	6	32	9	30	22	27	54	369
IMDs	236						133				

FUENTE: Elaboración propia, 2019

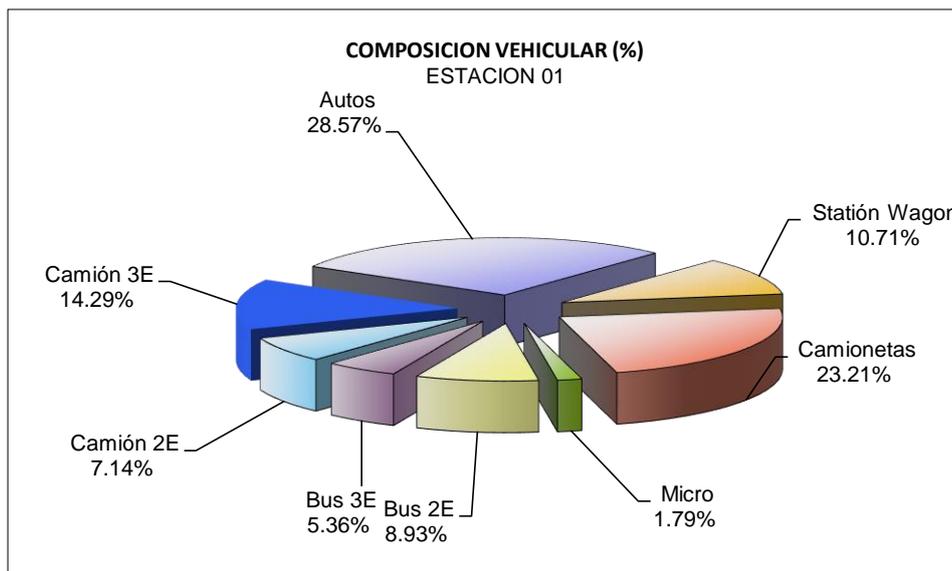
CÁLCULO DEL INDICE MEDIO ANUAL

A partir de los volúmenes diarios semanales por tipo de vehículo, se procedió a obtener el ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, el cual se muestra a continuación, es preciso mencionar que los valores que se muestran consideran el tránsito contabilizado en ambos sentidos.

Tabla 3. Índice medio diario anual

Día	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión		Total	Porc.
			Pick up	Panel	Rural Combi		2E	>=3E	2E	3E		%
Diagr. Veh.												
Martes	24	10	9	3	7	2	8	4	6	8	81	21.95
Miércoles	11	7	10	1	4	2	4	7	2	4	52	14.09
Jueves	7	6	11	1	4	2	3	8	1	8	51	13.82
Viernes	18	0	3	0	4	0	4	0	4	8	41	11.11
Sábado	16	0	3	0	4	2	2	0	4	8	39	10.57
Domingo	18	7	4	0	5	0	5	2	4	8	53	14.36
Lunes	11	7	7	1	4	1	4	1	6	10	52	14.09
TOTAL	105	37	47	6	32	9	30	22	27	54	369	100
%	28.45	10.03	12.74	1.63	8.67	2.44	8.13	5.96	7.32	14.63	100	
IMDs	15	5	7	1	5	1	4	3	4	8	53	
IMDa	16	6	7	1	5	1	5	3	4	8	56	
%	28.57	10.71	12.5	1.79	8.93	1.79	8.93	5.36	7.14	14.2	100	

FUENTE: Elaboración Propia, 2019



FUENTE: Elaboración Propia, 2019

Interpretación:

En este gráfico estadístico nos muestra el porcentaje de los resultados obtenidos en el estudio de tráfico realizado para cada tipo de vehículo, dando a conocer que existe una mayor cantidad de vehículos ligeros que vehículos pesados.

CALCULO DEL IMD DE VEHICULOS E-01	
Resumen de Metodología	
$IMDS = \sum V_i / 7$	
$V_i =$	volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días del conteo volumétrico
IMDA =	IMDSxFC
IMDA =	Índice medio diario anual
FC_L =	1.067426
FC_P =	1.050156
IMDA=	56
	Vehículos por día

FUENTE: Elaboración Propia, 2019

Interpretación:

Aquí se muestra como poder calcular el IMDA, previamente obtenemos el Índice Medio Diario Semanal para multiplicarlos por un factor de corrección (Fc), la cual se obtiene por unas reseñas históricas que se encuentran en cada peaje del país, este dato se escoge en el peaje más cercano a lugar en este caso es el de Sullana-Piura y en el mes de abril que fue el mes que se hizo el estudio de tráfico.

Tráfico Vehicular Diario		
Clasificación E-01		
(Veh/día)		
Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos	16	28.57
Station Wagon	6	10.71
Camionetas	13	23.21
Micro	1	1.79
Bus 2E	5	8.93
Bus 3E	3	5.36
Camión 2E	4	7.14
Camión 3E	8	14.29
Camión 4E	0	0.00
Semitrayler	0	0.00
Trayler	0	0.00
TOTAL	56	100.00

FUENTE: Elaboración Propia, 2019

Interpretación:

En la siguiente tabla expresa el total del Índice Medio Diario Anual, la cual es de 56 veh/día con sus respectivos porcentajes, este dato se calcula mediante la fórmula dicha en el cuadro anterior, con este dato se podrá obtener el IMDA proyectado para finalmente realizar el cálculo de los Ejes Equivalentes.

PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

Las tasas de crecimiento vehicular varían dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo en estudio o de otras vías de naturaleza similar. Para el presente tramo en estudio no se ha encontrado información histórica o estadística de tráfico en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), que pueda resultar de utilidad.

Tabla 4. Índice medio diario anual proyectado

DIA	Auto	Camioneta			Micro	Bus		Camión		Total	Veh/día
		Pick up	Panel	Rural combi		2E	>=3E	2E	3E		
DIAGRA. VEH.											
IMDS	20	7	1	5	1	4	3	4	8	53	Veh/día
Fc (VEH.LIGEROS)	1.0674	FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL									
Fc (VEH.PESADO)	1.0502	FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL									
IMDA	22	7	1	5	1	5	6	4	8	56	Veh/día
r = 1.71%	Tasa de crecimiento										
n = 20	Proyección de tráfico (20 años)										
IMDA proyectado	30	10	1	7	2	6	5	6	11	77	Veh/día
TRÁFICO GENERADO 10%	3	1	0	1	0	6	0	1	1	8	Veh/día
IMDA proyectado total	33	11	1	7	2	7	5	6	12	85	Veh/día

FUENTE: Elaboración Propia, 2019

CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL)

Para un diseño de pavimento tiene mucha importancia la demanda del tráfico pesado (ómnibus y camiones). Los Ejes Equivalentes (EE) vienen hacer los factores de un factor destructivo de las diferentes cargas por cada tipo de eje que contiene los distintos vehículos pesados sobre el pavimento.

A partir del tráfico proyectado y los factores de carga se procede a calcular el número de ejes equivalentes para el último año de diseño para la estación E-01(Avenida Piura), obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 5. Cálculo de esal

PROYECTO: ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE GEOMALLA BIAxIAL EN AVENIDA PIURA DE LA LOCALIDAD DE TUNAL, DISTRITO LALAQUIZ, PROVINCIA HUANCABAMBA- PIURA				
CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL) PAVIMENTO RIGIDO				
TIPO DE VEHICULOS	IMDA	CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 8.2 Tn)	F.IMDA
AUTO	33	1	0.000436385	0.01
	33	1	0.000436385	0.01
CAMIONETA PICK UP	11	1	0.000436385	0.00
	11	1	0.000436385	0.00
CAMIONETA PANEL	1	1	0.000436385	0.00
	1	1	0.000436385	0.00
C. RURAL Y MICROS	9	1	0.000436385	0.00
	9	1	0.000436385	0.00
B2	7	7	1.272834178	8.70
	7	11	3.334826273	22.79
B3	5	7	1.272834178	6.38
	5	16	2.133537109	10.69
C2	6	7	1.272834178	7.83
	6	11	3.334826273	20.51
C3	12	7	1.272834178	15.65
	12	18	3.458004411	42.53
C4	0	7	1.272834178	0.00
	0	23	3.685352143	0.00
T2S1	0	7	1.272834178	0.00
	0	11	3.334826273	0.00
	0	11	3.334826273	0.00
T2S2	0	7	1.265366749	0.00
	0	11	3.238286961	0.00
	0	18	2.019213454	0.00

	0	7	1.265366749	0.00
T2S3	0	11	3.238286961	0.00
	0	25	1.706026248	0.00
3S1	0	7	1.272834178	0.00
	0	16	2.133537109	0.00
	0	10	2.256125246	0.00
3S2	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
3S3	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
	0	23	1.232418575	0.00
2T2	0	7	1.272834178	0.00
	0	10	2.256125246	0.00
	0	10	2.256125246	0.00
	0	10	2.256125246	0.00
2T3	0	7	1.265366749	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
3T2	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
3T3	0	7	1.265366749	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
	0	10	2.211793566	0.00
	0	16	1.260585019	0.00
		Σ	F.IMDA	135

FUENTE: Elaboración Propia, 2019

Interpretación:

En esta tabla nos muestra el cálculo de F. IMDA, para ello se necesita el dato Eje Equivalente, la cual se obtiene mediante las formulas según el tipo de eje de cada vehículo, tal y como se muestra en la tabla 6 que nos brinda el Manual de carretera, suelos, geología, geotecnia y pavimento, luego de obtener dicho dato se procederá a reemplazar en la formula general para calcular el ESAL.

Tabla 6 Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para pavimentos rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{a,2m}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 13.0]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 17.5]^{4.0}$
P = peso real por eje en toneladas	

FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento

Tabla 7. Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Numero de Calzadas	Numero de Sentidos	Número de carriles por Sentido	Factor Direccional (fd)	Factor Carril (fc)	Factor Ponderado fd x fc para carril de diseño
1 Calzada (para IMDa total de la Calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
2 Calzadas con separador central. (para IMDa total de las dos Calzadas)	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentido	4	0.50	0.50	0.25

FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Interpretación:

En la tabla 7 nos muestra los datos del factor direccional y el factor carril, ante ello se debe saber el número de calzada y sentidos de la vía, para la presente investigación la vía que se está estudiando es de una calzada con dos sentidos y presentando dos carriles, dicho esto se toman los datos correspondientes.

$$\text{ESAL} = (\text{F.IMDA}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \left(\frac{(1+r)^n}{r-1} \right)$$

- Días del año: 365
- Factor Direccional: 0.50
- Factor de Carril: 0.80

$$\text{ESAL(EE)} = 465,471.66 \text{ EE}$$

$$\text{W18} = 465,471.66$$

- Para desarrollar el segundo objetivo específico, Determinar los Análisis físicos – mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, provincia de Huancabamba, se realizó los siguientes ensayos en laboratorio:

ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS:

En este proyecto se presenta un tramo de 1,175 mts de la Avenida Piura, en la cual se extrajo dos muestras para poder analizarlas, es importante resaltar que mediante las visitas a campo se puede prever que el suelo de la subrasante en su mayoría contempla un mismo tipo de suelo, de igual manera se realizó los ensayos correspondientes para poder verificarlos.

Se hizo una preparación de las dos muestras en campo para proceder a analizarlos en dicho laboratorio (Ver figura N°05).

Los primeros ensayos que se ejecutaron a las dos muestras fueron un Análisis granulométrico y Límites de Atterberg, dando como resultado un mismo tipo de suelo y un alto índice de plasticidad (Ver Anexo 02)

Calicata C-01:

En la primera muestra de acuerdo a los resultados obtenidos se presenta una muestra conformado por un tipo de suelo de arcilla inorgánica (CL), color marrón rojizo, teniendo una clasificación granulométrica de 0.0% de grava, 10.2% de arena y 89.8% de finos, finalmente con un índice de plasticidad (IP) de 21.

Calicata C-02:

En la segunda muestra de acuerdo a los resultados obtenidos se presenta una muestra conformado por un tipo de suelo de arcilla inorgánica de media plasticidad (CL), color marrón rojizo, teniendo una clasificación granulométrica de 0.0% de grava, 6.5% de arena y 93.5% de finos, finalmente con un índice de plasticidad (IP) de 20.

Tabla 8. Clasificación de suelos

Calicata	Profundidad	Muestra	Grava	Arena	Finos	L.L	L.P	IP	S.U.C.S
N°	m		%	%	%				
C – 01	1.5	M1	0.0	10.2	89.8	45	24	21	CL
C – 02	1.5	M2	0.0	6.5	93.5	46	26	20	CL

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Interpretación:

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de suelos de las calicatas extraídas en campo, se procedió a realizar en laboratorio los ensayos de granulometría y límites de atterberg, concluyendo que se trata de un mismo tipo de suelo, es decir un suelo arcilloso inorgánico, al saber esto se procedió a coger una sola muestra para los ensayos restantes.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

El ensayo de Proctor Modificado se realizó con el objetivo de poder determinar la densidad máxima seca que pueda alcanzar la muestra del suelo, así como el contenido de humedad óptima a que deberá realizarse la compactación.

Tabla 9. Ensayo de proctor modificado

Datos de Ensayo / Punto N°	Unid	I	II	III	IV
Cápsula para humedad N°	-	I	II	III	IV
Peso de molde + Seco húmedo	gr	3755	3927	3886	3854
Peso húmedo compactado	gr	1755	1927	1886	1854
Peso volumétrico húmedo	gr/cm3	1.90	2.09	2.04	2.01
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.58	1.70	1.64	1.58
Peso de cápsula	gr	100	100	100	100
Peso de cápsula + Suelo húmedo	gr	256.6	201.3	318.2	326
Peso de cápsula + Suelo Seco	gr	230	182.3	275	278.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	20.46%	22.64%	24.69%	26.61%

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Interpretación:

Se extrajo una única muestra, la cual se coloca en una fuente para humedecerlo con una porción de agua lo mezclamos hasta que quede todo su volumen bien humedecido(Ver figura N°06), para luego dividirlo en cinco partes las cuales se colocaran en el molde para proceder con los 25 golpes correspondientes en cada capa (Ver figura N°07), terminado de realizar los golpes se retira el collarín para poder extraer el material excedente en la parte superior del molde para proceder a pesarlo(Ver figura N°08), finalmente extraemos la muestra del

molde para que también sea pesado para luego secarlo en el horno donde permanecerá durante unas horas para poder calcular la humedad de la muestra.

ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

El último ensayo realizado que es el CBR, se requirió realizarlo dos veces, el primero se desarrolló normalmente y para el segundo implementando la geomalla biaxial, todo esto para poder medir el índice de resistencia del suelo con condiciones de humedad y densidad.

Tabla 10. Valor relativo de soporte

Espécimen	Número de golpes	CBR (%)	Densidad seca (g/cm³)	Expansión (%)	Penetración (pulg)	M.D.S (%)	CBR (%)
1	10	6	1.588	0.45	0.1	100.00	12.00
2	25	9	1.640	0.50	0.1	95.00	7.50
3	56	12	1.698	0.75			

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Interpretación:

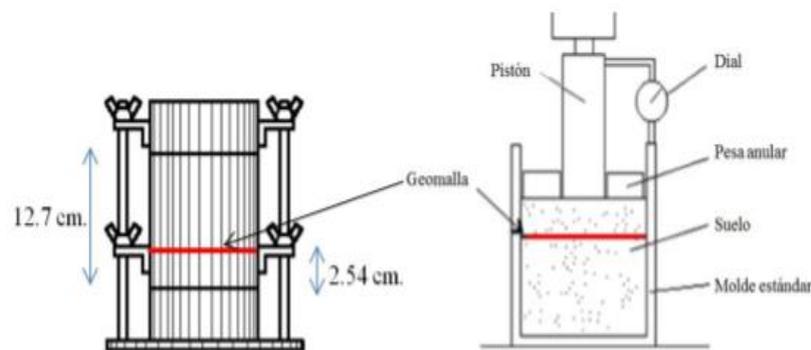
El primer ensayo fue desarrollado de la siguiente manera:

- Se preparó tres especímenes, pesando cada uno de ellos colocándoles el collar y el disco espaciador sobre este, luego se procedió a compactar con 5 capas, a 10, 25 y 56 golpes el primer, segundo y tercer espécimen respectivamente.
- Se desmonta el molde para invertirlo y volverlo a colocarlo, retirando el disco espaciador y colocando un papel filtro entre el molde y la base, se lleva a una superficie con anillos para completar las sobrecargas para posteriormente sumergirlo por un periodo de 4 días.
- Una vez cumplido el periodo de tiempo se traslada al mecanismo de la prensa para aplicarle la carga del pistón de penetración, se anotan las lecturas de las cargas para las penetraciones de 0.025'', 0.050'', 0.075'', 0.100'', 0.150'', 0.125'', 0.150'', 0.200'', 0.300'', 0.400'', 0.500''.
- Se tomaron los valores de 0.1'' y 0.2'' de penetración para poder calcular los respectivos valores de relación de soporte.

ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR, UTILIZANDO GEOMALLA BIAxIAL

Para el segundo ensayo implementando la geomalla biaxial se desarrolló de manera similar al anterior ensayo teniendo en cuenta ciertas consideraciones al momento de colocar el geosintético al molde.

- Se implementó la geomalla biaxial a una altura del 20% desde la parte superior del espécimen, dicha altura se midió desde la parte inferior antes de proceder con la compactación, puesto que al finalizar el espécimen fue invertida.
- Se muestra la implementación de la geomalla biaxial y el proceso de penetración al molde ya invertido.



- En el momento de la compactación se coloca la primera capa del material por debajo de la geomalla, el cual se aplicará 10, 25 y 56 golpes para el primer, segundo y tercer espécimen respectivamente.
- Mediante ensayos previos se observó que en el primer espécimen si se rellenaban los 2.54cm y luego se compactaba, la capa del material se mantenía a nivel, mientras que para el segundo espécimen se conformó con una capa de 3cm, ya que con la compactación de 25 golpes la capa descendía a los 2.54cm, producido por el esponjamiento del propio material. Finalmente, para el tercer espécimen se conformó con una capa de 4cm, ya que al recibir la compactación de 56 golpes ésta bajaba hasta los 2.54cm requeridos.
- Una vez se compacte la primera capa se coloca la geomalla biaxial, ésta es cortado de manera circular, con un diámetro menor al del molde para facilitar su colocación para posteriormente aplicarle la carga del pistón de penetración.

Tabla 11. Valor relativo de soporte (CBR), utilizando geomalla biaxial

Espécimen	Número de golpes	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	Penetración (pulg)	M.D.S (%)	CBR (%)
1	10	7	1.555		0.1	100.00	15.00
2	25	11	1.612		0.1	95.00	10.00
3	56	15	1.680				

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Luego de haber realizado los dos ensayos, los valores de CBR de los tres especímenes presentan una variación en su porcentaje, esto debido a las aberturas del geosintético, hace que logre compenetrar el material con mayor solidez, obteniendo como consecuencia tener valores elevados al CBR original y que se ven reflejados en los resultados obtenidos en laboratorio (Ver Anexo)

Debido que el CBR para subrasantes se determina al 95% de la Máxima densidad seca del suelo, se realizaron las gráficas "Densidad Seca vs CBR" para poder determinar su porcentaje y su incremento de la capacidad de soporte cuando la subrasante es reforzada con el geosintético.

CBR al 95% para 0.1" de suelo tipo CL, sin geomalla biaxial: 7.5%

CBR al 95% para 0.1" de suelo tipo CL, con geomalla biaxial: 10%

$$\% \text{ incremento de CBR} = \frac{10-7.5}{7.5} \times 100 = 33\%$$

- Para desarrollar tercer objetivo específico, Obtener los espesores correspondientes para el paquete para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba, consta de realizar una propuesta de un diseño de un pavimento convencional y un diseño de un pavimento utilizando una geomalla biaxial como estabilización a la sub-rasante.

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO (CONVENCIONAL)

Para poder obtener los espesores del paquete estructural se tomó en cuenta analizar diversos factores o parámetros a tener en cuenta para elaborar el diseño del pavimento, las cuales fueron analizados de la siguiente manera:

PARÁMETROS DE DISEÑO:

I. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

A. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Para este parámetro se la ha considerado una fuerza a la compresión de 210 kg/cm², ya que es el más usado en carreteras, y que precisamente recomienda el manual de carreteras.

B. MÓDULO DE ELASTICIDAD DE CONCRETO

Este parámetro es de mucha importancia para poder dimensionar las estructuras de concreto. Para la presente investigación nos vamos a basar en AASTHO 93, en la cual indica que este valor se estima mediante una formula, que es recomendada por ACI.

$$E = 57000(Fc)^{0.5}, \text{ fc en PSI}$$

$$1\text{kg/cm}^2 \rightarrow 14.2233\text{PSI}$$

$$210\text{ kg/cm}^2 \rightarrow X$$

$$X = 2986.90\text{ PSI}$$

$$E = 57000(2986.90)^{0.5}, \text{ fc en PSI}$$

$$E = 3115194.71\text{ PSI}$$

C. MÓDULO DE ROTURA

Según ACI para el módulo de rotura del concreto (M_r) se calcula teniendo en cuenta el módulo de compresión (f'_c), mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = a\sqrt{f'_c} \quad , \text{ donde los valores de "a" varían entre 1.99 y 3.18} \quad M_r = 2.5\sqrt{210}$$

$$M_r = 36.22 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 14.2233 \text{ PSI}$$

$$36.22 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow X$$

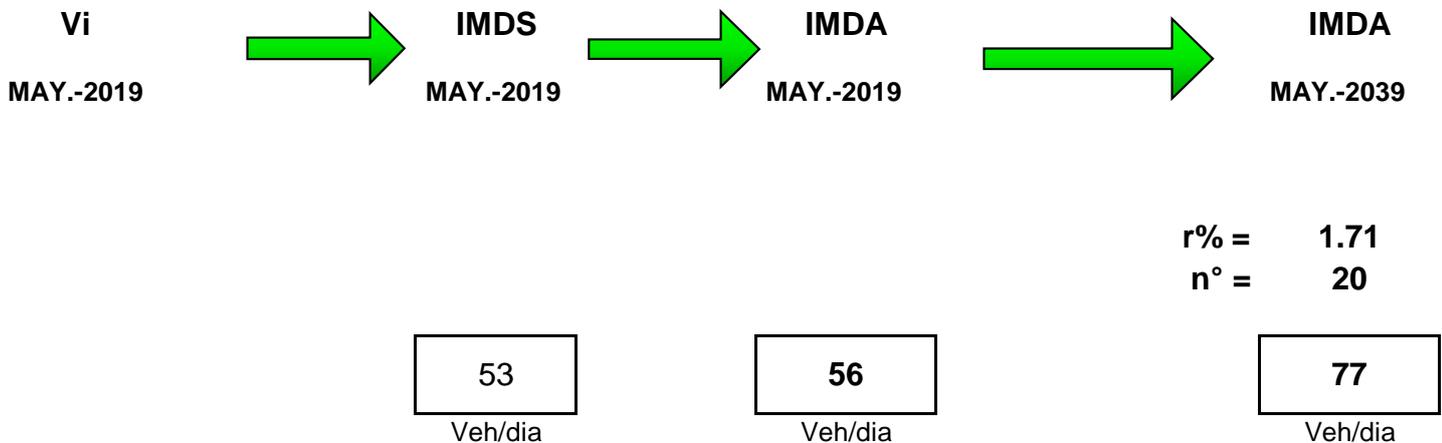
$$X = 515.19 \text{ PSI}$$

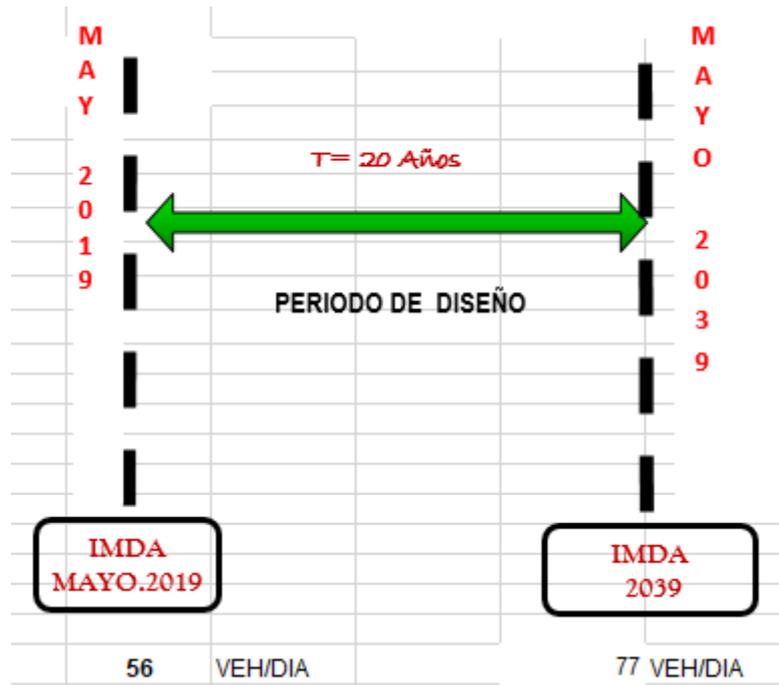
$$\underline{M_r = 515.19 \text{ PSI}}$$

II. DATOS DE TRÁFICO Y OTRAS PROPIEDADES

A. PERIODO DE DISEÑO

Para esta investigación se utilizará un periodo de diseño de 20 años para un pavimento rígido.





B. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)

Para poder apreciar el valor de este parámetro se requiere visualizar la tabla 4 (cálculo de ESAL), en la cual obtenemos la ΣF . IMDA, para posteriormente ser reemplazado en la fórmula que se aprecia:

$$ESAL = (F \cdot IMDA) \times 365 \times DD \times DL \times \left(\frac{(1+r)^n}{r-1} \right)$$

C. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R.) Y DESVIACIÓN ESTANDAR (So)

En este punto se basa en el Manual de carreteras, nos dice que el rango que sugiere AASTHO para el valor de desviación estándar (So) comprende entre $0.30 < So > 0.40$, la cual se recomienda en el presente manual un valor de $So = 0.35$.

Tabla 12. Valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar normal (Z)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Interpretación:

En esta tabla se muestra de donde obtenemos los datos de confiabilidad y desviación estándar, las cuales son parámetros para el diseño del pavimento, para definir qué datos escoger se debe ver el tipo de camino, el cual de acuerdo al estudio realizado se tiene que es un camino de bajo volumen de tránsito y el rango de ejes equivalentes.

D. SERVICIABILIDAD

Tabla 13. Índice de serviciabilidad inicial (Pi), Índice de serviciabilidad final (Pt), Diferencial de serviciabilidad

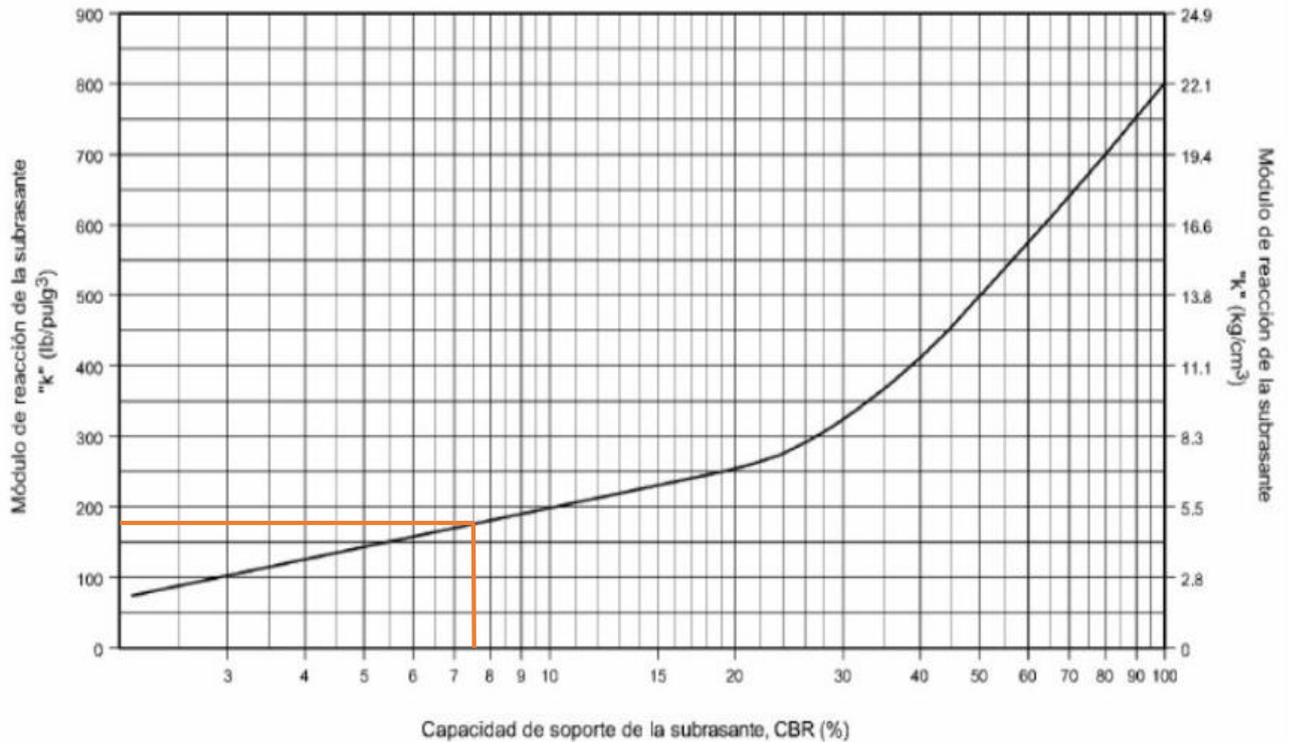
TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

E. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUB-RASANTE (k)

Este parámetro permite caracterizar el tipo de sub-rasante que va a tener nuestro pavimento, se puede calcular de dos formas, mediante un gráfico y por medio de fórmulas, en este caso se ha escogido realizar mediante el siguiente gráfico. Cabe resaltar que también se puede comprobar mediante dichas fórmulas que se observan:

RELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUB-RASANTE



Fuente: Portland Cement Association. Concrete pavement design. 1951.

Para CBR < 10%, $K(\text{Kg/cm}^3) = 0.25 + 5.15 \cdot \text{Log}(\text{CBR}\%)$, $K(\text{Lb/pulg}^3) = 36.05 \cdot K(\text{Kg/cm}^3)$, $K(\text{Kg/cm}^3) = 0.02768 \cdot (\text{Lb/pulg}^3)$

Para CBR \geq 10%, $K(\text{Kg/cm}^3) = 4.51 + 0.89[\text{Log}(\text{CBR}\%)]^{4.34}$, $K(\text{MPa/m}) = 46 + 9.08[\text{Log}(\text{CBR}\%)]^{4.34}$

Interpretación:

Mediante este gráfico podemos obtener el valor de Modulo de reacción de la subrasante, el cual está de acuerdo al primer CBR, lo interceptamos con la línea del gráfico y se une con el valor "K", que nos permitirá diseñar el pavimento.

F. COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)

Para darle un valor a este parámetro, nos trasladamos a la localidad de Tunal, la cual presenta pendientes pronunciadas y desniveladas provocando que al momento de producirse una lluvia no se origine una saturación o se empoce, ante esto se puede escoger el valor en el siguiente cuadro.

Tabla 14. Coeficiente de drenaje de las capas granulares (Cd)

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturacion			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Interpretación:

Para el dato de coeficiente de drenaje se escogió calidad excelente, ya que la vía contiene una pendiente considerable provocando que agua fluya hacia un alcantarillado y no se empoce al momento de llover.

G. COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CARGA (J)

Tabla 15. Valores de coeficientes de transmisión de carga (J)

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
		3.2	3.8-4.4	2.8

FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Interpretación:

Aquí se muestra el valor de coeficiente de transmisión de carga, considerando el valor de 2.8 ya que consideramos que debe llevar pasadores, la cual va entre las juntas de la losa para servir de amarre y reforzar ante las cargas de transitabilidad.

Tabla 16. Categorías de sub-rasantes

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Interpretación:

Mediante esta tabla se podrá diferenciar la calidad de la subrasante para el diseño, en este caso de acuerdo a los ensayos realizados el primer CBR tenemos de 7.5%, la cual se considera una subrasante regular, en cambio en el segundo ensayo arrojó un CBR de 10%, estos datos son importante para la conformación del paquete estructural del pavimento.

III. ESTRUCTURACIÓN DEL PAVIMENTO

Para obtener el espesor de la losa del pavimento rígido, se recolectó todos los componentes que son necesarios para poder calcularlo, como se sabe AASTHO93 nos proporciona una fórmula para estimarlo. Para la presente investigación se utilizó un software de ecuación AASTHO93.

DISEÑO DE PAVIMENTO CONVENCIONAL

Diseño de Pavimento Rígido
[-] [□] [X]

Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial:

PSI Final:

Confiabilidad [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: +

So:

Información Adicional

Módulo de Elasticidad del Concreto Ec [psi]:

Coefficiente de Transmisión de Carga [J]:

Módulo de Rotura de Concreto Sc [psi]:

Coefficiente de Drenaje [Cd]:

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18:

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: pci

Resultado

D: plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]

psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]

plg = Pulgadas

Calcular

Insertar

Limpiar

LEYENDA:

Pi	=	Serviciabilidad Inicial
Pt	=	Serviciabilidad Final
R	=	Confiabilidad
So	=	Desviación estándar
Ec	=	Módulo de Elasticidad del concreto
J	=	Coefficiente de transmisión de carga
Sc	=	Módulo de Rotura de concreto
Cd	=	Coefficiente de drenaje
k	=	Módulo de reacción de la subrasante
W18	=	Ejes Equivalentes

Interpretación:

En la imagen mostrada se aprecia el software AASTHO93 que se ha utilizado para obtener el espesor de losa, para ello se necesita introducir los parámetros de diseño mencionados anteriormente, una vez calculado todos los parámetros mediante el software AASTHO93 obtenemos un espesor de losa de 5.04 pulg. →12.81 cm, este espesor se debe a dos factores que influyen de manera directa en el diseño.

El CBR de la sub-rasante (7.5%) que clasifica para sub-rasantes de categoría regular (S2). Ver tabla 15

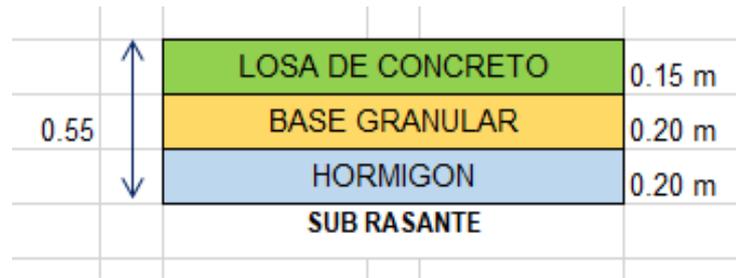
El tráfico vehicular, el cual representa un volumen de tráfico pesado (36.04%) y por el contrario un tráfico liviano que representa del (63.96%)

Sin embargo, el manual de diseño de Pavimentos del MTC señala que el espesor mínimo para una losa de concreto es de $e = 15$ cm.

Tabla 17. Espesor requerido (pavimento rígido convencional)

COMPONENTES		
ESAL W18	465471.66	CALCULADO
MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K) psi	170	GRÁFICO(K – CBR)
CONFIABILIDAD (%R)	75%	TABLA 11
COEFICIENTE ESTADISTICO DE DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)	-0.674	TABLA 11
DESVIACION ESTANDAR COMBINA (So)	0.35	MANUAL DE CARRETERAS
SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	4.10	TABLA 12
SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (PT)	2.00	TABLA 12
VARIACION DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)	2.10	TABLA 12
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO f'c Kg/cm ²	210	VALOR DE DISEÑO
MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (PSI)	3115194.71	CALCULADO
MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO (PSI)	515.19	CALCULADO
COEFICIENTE DE DRENAJE	1.10	TABLA 13
COEFICIENTE DE TRASMISION DE CARGA	2.80	TABLA 14
ESPESOR REQUERIDO (PULG - CM)	5.04	12.81

FUENTE: Elaboración propia, 2019



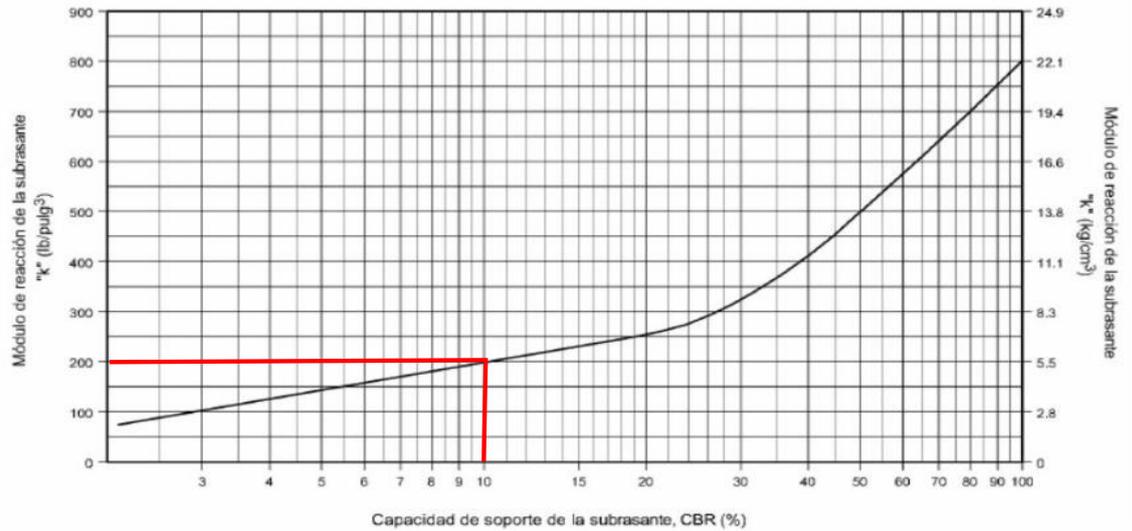
Interpretación:

Ya vistos los componentes e ingresados al software se obtuvo una losa de 12cm, pero escogió un espesor de 15cm según norma como espesor mínimo para losa de concreto, ahora según el estudio de mecánica de suelos en la zona en estudio presenta un suelo del tipo arcilla inorgánica de media plasticidad por lo que se recomienda el uso de una capa de hormigón de 0.20m, la cual también actuará como material de drenaje ante fenómenos lluviosos y de filtro ante fenómenos de capilaridad del suelo.

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO UTILIZANDO GEOMALLA BIAxIAL

Para proponer un diseño utilizando geomalla biaxial como estabilización a la sub-rasante se emplearán los mismos componentes (Ver tabla 15) a utilizar excepto el parámetro del Módulo de reacción de la sub-rasante (K), la cual se alterará a consecuencia del cambio de porcentaje de CBR (Ver tabla 10)

Tal como se obtuvo el valor de "K" en el diseño anterior se procede a elaborar el mismo cambiando el porcentaje de CBR:



Fuente: Portland Cement Association. Concrete pavement design. 1951.

Para CBR < 10%, $K(\text{Kg/cm}^3) = 0.25 + 5.15 \cdot \text{Log}(\text{CBR}\%)$, $K(\text{Lb/pulg}^2) = 36.05 \cdot K(\text{Kg/cm}^3)$, $K(\text{Kg/cm}^3) = 0.02768 \cdot (\text{Lb/pulg}^2)$

Para CBR \geq 10%, $K(\text{Kg/cm}^3) = 4.51 + 0.89[\text{Log}(\text{CBR}\%)]^{4.34}$, $K(\text{MPa/m}) = 46 + 9.08[\text{Log}(\text{CBR}\%)]^{4.34}$

Interpretación:

Mediante este gráfico podemos obtener el valor de Modulo de reacción de la subrasante, el cual está de acuerdo al segundo CBR, lo interceptamos con la línea del gráfico y se une con el valor "K", que nos permitirá diseñar el pavimento usando la geomalla biaxial.

Una vez obtenido el nuevo Módulo de reacción de la sub-rasante se procedió a calcular un nuevo espesor, de igual manera mediante el software AASTHO93.

DISEÑO DE PAVIMENTO USANDO GEOMALLA BIAxIAL

Diseño de Pavimento Rígido
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 4.1

PSI Final: 2.0

Confiability [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -0.674

So: 0.35

Información Adicional

Módulo de Elasticidad del Concreto E_c [psi]: 3115194.71

Coefficiente de Transmisión de Carga [J]: 2.8

Módulo de Rotura de Concreto S_c [psi]: 515.19

Coefficiente de Drenaje [Cd]: 1.1

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18: 465471.66

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 200 pci

Resultado

D: 4.89478 plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

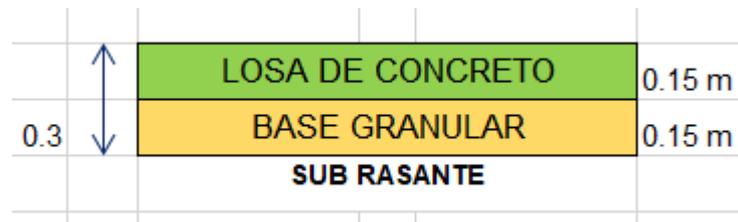
Calcular Insertar Limpiar

Interpretación:

Ya calculado todos los parámetros con el nuevo Módulo de reacción de la sub-rasante (K) mediante el software AATHO93 obtenemos un nuevo espesor de losa de 4.89 pulg. →12.42 cm, este espesor se debe a dos factores que influyen de manera directa en el diseño.

- El CBR de la sub-rasante (10%) que clasifica para sub-rasantes de categoría buena (S3). Ver tabla 15.
- El tráfico vehicular, el cual representa un volumen de tráfico pesado (36.04%) y por el contrario un tráfico liviano que representa del (63.96%)

Sin embargo, el manual de diseño de Pavimentos del MTC señala que el espesor mínimo para una losa de concreto es de $e = 15$ cm.



Interpretación:

Según el estudio de mecánica de suelos en la zona en estudio presenta un suelo arcilla inorgánica de mediana plasticidad y aplicando la geomalla a la subrasante aumenta a 10% el CBR; considerando una categoría Buena (S3); por lo tanto, se recomienda colocar la base mínima de 15cm según reglamento.

- Para el desarrollo del cuarto objetivo, Comparar el costo – beneficio para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.

Para poder comparar los efectos que ocasiona en los costos en la estabilización de la sub-rasante y posteriormente la pavimentación convencional y una pavimentación usando la Geomalla biaxial.

Se determinó un análisis de los costos unitarios que presenta el costo por metro cuadrado.

PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL:

Como el diseño de pavimento resultó tener espesores de losa de 15cm, una base granular de 20cm y proponiendo hormigón de 20cm debido a la sub-rasante pobre que presentaba. Se tomó en cuenta la mano de obra, materiales y equipos que se utilizaría en un proyecto de pavimentación.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – PAVIMENTO CONVENCIONAL

Partida	CORTE HASTA NIVEL SUBRASANTE C/EQUIPO				
Rendimiento m3/día	470.00	Costo unitario por m3	6.37		
INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					
PEÓN	H-H	1.0000	0.0170	15.55	0.26
CONTROLADOR	H-H	1.0000	0.0170	15.55	0.26
					0.56
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%		3.0000	0.56	0.02
TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	H-M	1.0000	0.0170	340.00	5.79
					5.81

Partida	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE		
Rendimiento m3/día	500.00	Costo unitario por m3	17.64

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					
PEÓN	H-H	1.0000	0.0160	15.55	0.25
CONTROLADOR	H-H	1.0000	0.0160	15.55	0.25
					0.50
EQUIPOS					
CARGADOR FRONTAL S/LLANTAS 200 HP 3YD3	H-M	1.0000	0.0160	260.00	4.16
CAMION VOLQUETE 6X4 330 HP 10 m3	H-M	6.0000	0.0960	135.00	12.96
					17.12

Partida	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE CON EQUIPO			
Rendimiento	m2/día	2500.00	Costo unitario por m2	1.99

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					
PEÓN	H-H	3.0000	0.0096	15.55	0.15
CONTROLADOR	H-H	1.0000	0.0032	15.55	0.05
					0.20
MATERIALES					
YESO 20 kg	Bols		0.0030	3.00	0.01
					0.01
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.21	0.01
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	H-M	1.0000	0.0032	250.00	0.80
MOTONIVELADORA 125 HP	H-M	1.0000	0.0032	225.00	0.72
CAMION CISTERNA (2000 GLNS.)	H-M	0.5000	0.0016	160.00	0.26
					1.78

Partida	CAPA DE HORMIGON E=0.20m			
Rendimiento	m2/día	1900.00	Costo unitario por m2	18.20

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					
OPERARIO	H-H	1.0000	0.0042	22.05	0.09
OFICIAL	H-H	1.0000	0.0042	18.00	0.08
PEÓN	H-H	4.0000	0.0168	15.55	0.26
MATERIALES					
HORMIGON	m3		0.2600	58.00	15.08
					15.08
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.43	0.01
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	H-M	1.0000	0.0042	250.00	1.05
MOTONIVELADORA 125 HP	H-M	1.0000	0.0042	225.00	0.95
CAMION CISTERNA (2000 GLNS.)	H-M	1.0000	0.0042	160.00	0.67
					2.69

Partida	CONFORMACION DE BASE E=0.20 m		
Rendimiento m2/día	2000.00	Costo unitario por m2	18.52

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					.
OPERARIO	H-H	1.0000	0.0040	22.05	0.09
OFICIAL	H-H	1.0000	0.0040	18.00	0.07
PEÓN	H-H	5.0000	0.0200	15.55	0.31
					0.46
MATERIALES					
MATERIAL GRANULAR	m3		0.2500	62.00	15.50
					15.50
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.46	0.01
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	H-M	1.0000	0.0040	250.00	1.00
MOTONIVELADORA 125 HP	H-M	1.0000	0.0040	225.00	0.90
CAMION CISTERNA (2000 GLNS.)	H-M	1.0000	0.0040	160.00	0.64
					2.55

Partida	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 E=0.15m		
Rendimiento m2/día	100.00	Costo unitario por m2	114.77

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					.
OPERARIO	H-H	2.0000	0.1600	22.05	3.53
OFICIAL	H-H	2.0000	0.1600	18.00	2.88
PEÓN	H-H	8.0000	0.6400	15.55	9.95
MATERIALES					16.36
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.1000	126.00	12.60
ARENA GRUESA	m3		0.0700	84.00	5.88
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	Bols		1.4100	20.26	28.57
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0333	8.50	0.28
					47.33
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.36	49.08
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	H-M	1.0000	0.0800	10.00	0.80
MOTONIVELADORA 125 HP	H-M	1.0000	0.0800	15.00	1.20
					51.08

Interpretación:

Se mostraron una serie de costos unitarios para verificar el precio total por metro cuadrado que se va a requerir para una ejecución de un proyecto de un pavimento, se usaron las partidas necesarias para el proyecto, las cuales son 6 partidas con sus respectivos costos unitarios llegando a un total de 166.68 soles por metro cuadrado para un pavimento convencional.

PAVIMENTO RÍGIDO CON USO DE GEOMALLA BIAIXIAL:

Con respecto al diseño usando la geomalla biaxial, resultó darnos el mismo espesor de losa (e=15cm), pero disminuyendo en la capa de la base granular, con un espesor de 15cm y de necesitar una capa de hormigón por encima de la sub-rasante, debido que la geomalla reemplaza esa función de mejorar y resistir las cargas que transmite el tráfico, dicho esto se reflejará en los costos unitarios y confirmar el ahorro que produce la instalación de dicho geosintético.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS – PAVIMENTO CON USO DE GEOMALLA BIAIXIAL

Partida	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE			
Rendimiento	m3/día	500.00	Costo unitario por m3	17.64

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					.
PEÓN	H-H	1.0000	0.0170	15.55	0.26
CONTROLADOR	H-H	1.0000	0.0170	15.55	0.26
					0.56
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%		3.0000	0.56	0.02
TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	H-M	1.0000	0.0170	340.00	5.79
					5.81

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					.
PEÓN	H-H	1.0000	0.0160	15.55	0.25
CONTROLADOR	H-H	1.0000	0.0160	15.55	0.25
					0.50
EQUIPOS					
CARGADOR FRONTAL S/LLANTAS 200 HP 3YD3	H-M	1.0000	0.0160	260.00	4.16
CAMION VOLQUETE 6X4 330 HP 10 m3	H-M	6.0000	0.0960	135.00	12.96
					17.12

Partida	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE CON EQUIPO		
Rendimiento m2/día	2500.00	Costo unitario por m2	1.99

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					.
PEÓN	H-H	3.0000	0.0096	15.55	0.15
CONTROLADOR	H-H	1.0000	0.0032	15.55	0.05
					0.20
MATERIALES					
YESO 20 kg	Bols		0.0030	3.00	0.01
					0.01
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.21	0.01
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	H-M	1.0000	0.0032	250.00	0.80
MOTONIVELADORA 125 HP	H-M	1.0000	0.0032	225.00	0.72
CAMION CISTERNA (2000 GLNS.)	H-M	0.5000	0.0016	160.00	0.26
					1.78

Partida	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMALLA BIAXIAL		
Rendimiento m2/día	350.00	Costo unitario por m2	9.78

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					.
OPERARIO	H-H	1.0000	0.0229	22.05	0.50
OFICIAL	H-H	3.0000	0.0686	15.55	1.07
					1.57
MATERIALES					
GEOMALLA BIAXIAL	M2		1.0000	8.16	8.16
					8.16
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.57	0.05
					0.05

Partida	CONFORMACION DE BASE E=0.15 m		
Rendimiento m2/día	2800.00	Costo unitario por m2	13.51

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					.
OPERARIO	H-H	1.0000	0.0029	22.05	0.06
OFICIAL	H-H	1.0000	0.0029	18.00	0.05
PEÓN	H-H	3.0000	0.0086	15.55	0.13
					0.25
MATERIALES					
MATERIAL GRANULAR	m3		0.1845	62.00	11.44
					11.44
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.25	0.01
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	H-M	1.0000	0.0029	250.00	0.71
MOTONIVELADORA 125 HP	H-M	1.0000	0.0029	225.00	0.64
CAMION CISTERNA (2000 GLNS.)	H-M	1.0000	0.0029	160.00	0.46
					1.82

Partida	CONCRETO f'c=210 kg/cm ² E=0.15m		
Rendimiento m ² /día	100.00	Costo unitario por m ²	114.77

INSUMOS	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
MANO DE OBRA					
OPERARIO	H-H	2.0000	0.1600	22.05	3.53
OFICIAL	H-H	2.0000	0.1600	18.00	2.88
PEÓN	H-H	8.0000	0.6400	15.55	9.95
MATERIALES					16.36
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m ³		0.1000	126.00	12.60
ARENA GRUESA	m ³		0.0700	84.00	5.88
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	Bols		1.4100	20.26	28.57
AGUA PUESTA EN OBRA	m ³		0.0333	8.50	0.28
					47.33
EQUIPOS					
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.36	49.08
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	H-M	1.0000	0.0800	10.00	0.80
MOTONIVELADORA 125 HP	H-M	1.0000	0.0800	15.00	1.20
					51.08

Interpretación:

Una vez realizado los análisis de costos unitarios para un pavimento rígido, se realizó un cuadro comparativo para donde se puede apreciar los costos para la construcción del pavimento por metro cuadrado, donde se podrá verificar que tan factible es implementar la geomalla biaxial para una pavimentación y qué diferencia hay en un pavimento convencional.

CUADRO COMPARATIVO		
PARTIDAS	Pavimento Rígido	
	Convencional	C/Geomalla biaxial
CORTE HASTA NIVEL SUBRASANTE C/ EQUIPO	3.50	1.91
ELIMINACION CON EQUIPO DE MATERIAL EXCEDENTE A BOTADERO Dp=5km.	9.70	5.29
PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE CON EQUIPO	1.99	1.99
CAPA DE HORMIGON E=0.20m	18.20	
SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMALLA BIAXIAL		9.78
CONFORMACION DE BASE E=0.15 m		13.51
CONFORMACION DE BASE E=0.20 m	18.52	
CONCRETO f'c=210 kg/cm2 E=0.15m	114.77	114.77
TOTAL (soles / m2)	166.68	147.25
SOLES		19.43
PORCENTAJE		11.7%

Interpretación:

Al realizar el cuadro comparativo sobre los costos de análisis unitarios se observa una disminución del 11.7% en el pavimento usando la geomalla biaxial con respecto a los costos para un pavimento convencional.

Estableciendo así que al utilizar la geomalla biaxial en una pavimentación convencional trae beneficios económicos reflejándose en el porcentaje de los costos, también en el análisis técnico, ya que se demostró que si se pudo levantar su capacidad de soporte de la subrasante tal como se observa en el diseño anterior, disminuyendo en el espesor de la base y ahorrando en una capa extra de hormigón, ya que radica en el confinamiento que ofrece sus aberturas y resistencia a la tracción

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, se procede a debatir y comparar los resultados de la presente investigación con la teoría que se relacionan al tema y los antecedentes que se elaboraron previamente.

Según la tesis de (ALVARADO, 2012) desarrolló un estudio de diseño de pavimento aplicando geomallas para analizar si es posible disminuir los espesores de la superficie, concluyendo que sí aumentan la resistencia, reduciendo espesores a colocar en el pavimento. Con respecto a nuestra investigación se asemeja a nuestros resultados obtenidos en el sentido que si se logra alcanzar una resistencia y por ende no implementar una capa extra en el diseño con geomalla biaxial.

Con respecto a los resultados del tercer objetivo, dándonos una disminución de espesor aplicando las geomallas a la sub-rasante en el diseño, la cual se confirma en la investigación de (BUSTAMANTE, 2016), lo que llegó a la conclusión que hubo una reducción del espesor en la capa superior a la sub-rasante, y a comparación de nuestra investigación la disminución es mínima, pero con esto basta para ahorrar en otra capa ya que al mejorar la sub-rasante y tener mayor resistencia no fue necesario aplicar dicha capa.

Con respecto al cuarto objetivo, el cual es determinar el costo / beneficio del uso de geomallas en una pavimentación, tal y como lo demuestra en la tesis de (MERA, 2017), en la cual realiza un análisis económico para el uso de geomallas en sub-rasantes pobres, llegando a concluir que en efecto si es factible emplear el geosintético, al igual que en la presente tesis, se hizo un análisis de costos y se verifica que si existe una disminución económica al momento de llevar a cabo el proyecto.

En la tesis de (ORREGO, 2014) consistió en analizar económicamente las geomallas en una estructura de pavimento, realizando tres alternativas para comparar en cambio que existiría en los espesores finales, a comparación de nuestra trabajo, se realizó en dos diseños, llegando a obtener resultados similares en el sentido de que sí se logró corroborar que en el diseño donde no se usó la geomalla presentan mayor espesor que las del diseño con geomalla, ahorrando en los costos unitarios y facilitar la economía.

De acuerdo al costo / beneficio del presente proyecto se logró disminuir el espesor de base con respecto al espesor del diseño convencional, también comparando los costos en

una pavimentación llegando a obtener una disminución de precios, ahorrando en materiales a utilizar, tal y como se muestra en las conclusiones de la tesis de (ALVARADO, 2012) que logró aumentar la resistencia antes cargas aplicadas, proporcionando también beneficios económicos, logrando reducir espesores de mezcla por colocar.

V. CONCLUSIONES

1. El estudio de Tráfico realizado en la avenida Piura en la localidad de Tunal presenta un bajo volumen de tráfico vehicular, dividiéndolos en vehículos ligeros (62.50%) y vehículos pesados (37.50%), alcanzando un IMDA de 56veh/día, con una proyección de un periodo de diseño de 20 años, terminando con un ESAL de 465471.66 EE.
2. Las muestras extraídas llevadas a laboratorio presentan una clasificación de suelos de arcilla inorgánica color marrón rojizo tanto en la primera como la segunda muestra, variando en lo más mínimo sus valores, por ende, se constata que viene a ser de un mismo tipo de suelo, llegando a trabajar con una sola muestra para los siguientes ensayos correspondientes. A esto se añade que al ensayo de CBR aumentó su porcentaje de 7.5% a 10% aplicando la geomalla biaxial a la sub-rasante, pasando de una sub-rasante regular a una sub-rasante buena, según el Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
3. Mediante el software AASTGO93 se calculó un espesor de losa de 12.81cm para un pavimento convencional, teniendo una sub-rasante regular (CBR de 7.5%), optando por un espesor de 15cm, ya que así lo señala el manual de diseño de pavimentos del MTC, asimismo para la base granular en este caso de 20cm. Ahora para para un pavimento usando geomalla biaxial se calculó un espesor de losa de 12.42cm, esta vez con una sub-rasante buena (CBR de 10%), de igual manera que el convencional optamos con un espesor de 15cm, el cual es el mínimo para una losa, y en la base a comparación del anterior se considera también de 15cm.
4. El costo para la construcción del pavimento rígido por metro cuadrado disminuye en un 11.7% respecto al costo de la pavimentación convencional, siempre y cuando la geomalla sea capaz de mejorar las condiciones de la subrasante. Ésta disminución en el costo podría apreciarse ampliamente aplicado a grandes metrados de pavimento.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.** Cumplir con lo que se dicta en el Manual de ensayos de materiales para la buena elaboración ensayos de mecánica de suelo, para poder obtener buenos resultados y cumplir con los parámetros que nos ofrece dicho manual.
- 2.** Según el estudio de mecánica de suelos en la zona en estudio presenta un suelo del tipo arcilla inorgánica de media plasticidad, por lo que se recomienda el uso de una capa de hormigón de 0.20m, la cual también actuará como material de drenaje ante fenómenos lluviosos y de filtro ante fenómenos de capilaridad del suelo para un pavimento convencional.
- 3.** Aplicando la geomalla a la subrasante aumenta a 10% el CBR; considerando una categoría Buena; por lo tanto, se recomienda colocar la base mínima de 15cm según reglamento para un pavimento usando geomalla biaxial.

REFERENCIAS

ALVARADO, Sergio. *Análisis técnico sobre el uso de geomallas de refuerzo para la pavimentación y repavimentación de carreteras. Tesis (Para optar el grado de licenciatura). Costa Rica: Instituto Tecnológico, 2012.*

Geomallas coextruídas y de fibra de vidrio, funciones y aplicaciones. Lima, 1(1). Febrero 2016.

ISSN: 2746-6800

BECERRA, Mario. *Tópicos de Pavimentos de Concreto [en línea]. 3era ed. Lima : [s.n.], 2012 [fecha de consulta: 21 de marzo de 2006] Disponible en https://issuu.com/flujolibreperu/docs/libro_pavimentos_al_cap_2*

ISBN: 8720480570452

¿SABÍAS que son las geomallas? [Mensaje de un blog]. Lima: BLANCO, E., (14 de julio de 2017). [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2014]. Disponible en <https://blog.portinos.com/novedades/tecnologia/sabias-que-son-las-geomallas>.

BUSTAMANTE, Andrés. *Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil. Tesis (Para optar el título de Ingeniero Civil). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2016.*

CORDO, Oscar. *Diseño de Pavimentos AAAHTO 93. 3ra. ed. Navarro: Universidad de Lima, 2010. [250] pp.*

DEPARTAMENTO de Ingeniería. *Manual de diseño con geosintéticos [en línea] . 9na ed. Bogotá: [s.n.], 2012 [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2009].*

Disponible en <http://www.geosoftpavco.com/manualvirtual/document.pdf>

ISBN: 9760470130475

DUQUE, Gonzalo y ESCOBAR, Carlos. *Mecánica de suelos. Lima: [s.n], 2002. [138] pp.*

ISBN: 9720480270452

REVISTA Geomatrix. *Guía de manejo e instalación de geomallas biaxiales para el Refuerzo de suelos de subrasante y capas granulares. Bogota, 1(1). Marzo 2010.*

ISSN: 2576-8351

MERA, Jeans. 2017. *Evaluación técnico-económico del uso de Geomalla Multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz-Bellavista, distrito Bellavista-Jaén-Cajamarca. Tesis (Para optar el título de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.*

MINISTERIO de Transporte Instituto de Vías. *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. Bogotá, 2006. [52] pp.*

ORREGO, Daniel. 2014. *Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. Tesis (Para optar el título de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.*

PAVCO. *Manual de diseño con geosintéticos [en línea]*. 9na ed. Bogota: [s.n.], 2012.

REGLAMENTO Nacional de edificaciones. *Norma OS 060 Drenaje pluvial urbano*. Lima, 1998

TAPIA, Miguel. *Pavimentos*. 3era ed. Mexico : [s.n.], 2018.

TEX DELTA S.L. Geomallas para la estabilización y refuerzo [en línea]. (10 de febrero de 2016). [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2018]. Disponible en <https://texdelta.com/blog/geomallas/>.

TIPOS de suelos y caracterización. BELLVER, Elena. 18 de noviembre de 2018. Disponible en <https://tendencias.com/eco/tipos-de-suelos/>

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
TÍTULO	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS
Estabilización de la Sub-rasante con el uso de Geomalla Biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, provincia de Huancabamba - Piura	¿Cuáles son las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba?	Es posible determinar las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.	Determinar las cargas de transitabilidad para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.
	¿Cuáles son los análisis físicos – mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación que posee la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba?	Es posible determinar los análisis físicos - mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial que posee la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba	Determinar los análisis físicos – mecánicos de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
TÍTULO	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Estabilización de la Sub-rasante con el uso de Geomalla Biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, provincia de Huancabamba - Piura	¿Cuáles son los espesores correspondientes para el paquete estructural para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de Geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba?	Se podrá obtener los espesores adecuados para el paquete estructural para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.	Obtener los espesores correspondientes para el paquete estructural para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.
	¿Cuál es el costo – beneficio para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba?	Es posible comparar el costo – beneficio para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba	Comparar el costo – beneficio para la estabilización de la sub-rasante para una pavimentación convencional y una pavimentación con el uso de geomalla biaxial en la Avenida Piura en la localidad de Tunal, Provincia de Huancabamba.

FUENTE: Elaboración propia, 2019

ANEXO 02: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO 2.1: ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE SUELOS (Primera muestra)



LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

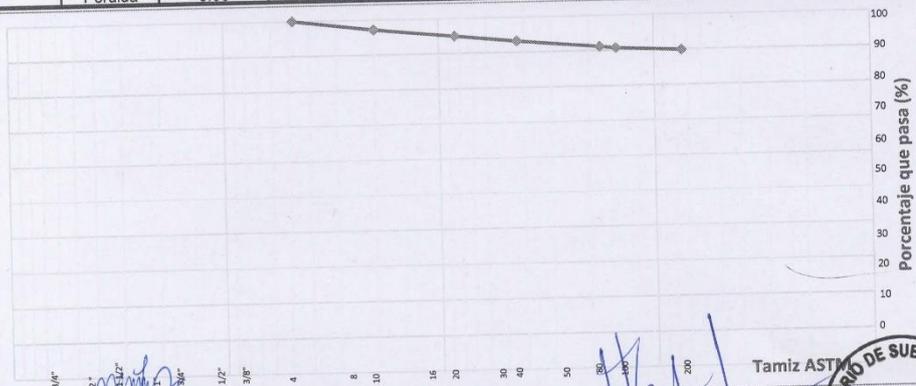
ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE SUELOS
NTP 339.128 / ASTM D422

Fecha de Recepción	: 2/05/2019	Orden de Servicio	: 190124
Fecha de Ensayo	: 6/05/2019	N° Informe	: 00438
Fecha de Emisión	: 13/05/2019		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA	TERRENO NATURAL
ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE		PROCEDENCIA : TUNAL PROGRESIVA
GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL		0+380
PROVINCIA HUANCABAMBA PIURA.		

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Total (%)	Pasa (%)	DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:
76.2	3"		-	-		MUESTRA DE AFIRMADO PROVENIENTE DEL TERRENO NATURAL TUNAL PROGRESIVA 0+380 % GRAVA 0.0 % ARENA 10.2 % FINOS 89.8
62.7	2 1/2"		-	-		
50.8	2"		-	-		
38.1	1 1/2"		-	-		
24.4	1"		-	-		
19.1	3/4"		-	-		
12.7	1/2"		-	-		
9.52	3/8"		-	-		
6.35	1/4"		-	-		
4.76	4		-	-	100.0	
2	10	9.5	2.8	2.8	97.2	LIMITES DE ATTERBERG LIMITE LIQUIDO 45 LIMITE PLÁSTICO 24 IP 21
0.84	20	7.5	2.2	5.1	94.9	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS CL AASHTO A-7-6 (13)
0.43	40	5.8	1.7	6.8	93.2	
0.177	80	6.8	2.0	8.9	91.1	OBSERVACIONES ARCILLA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD COLOR MARRON ROJIZO
0.149	100	1.6	0.5	9.3	90.7	
0.074	200	2.8	0.8	10.2	89.8	
Fondo		300.10	89.8	100.0	-	
Total		334.10	100.00			
Peso Inicial		334.10				
Pérdida		0.00				



Luis Alberto Valdez Girón
 Ingeniero Civil
 CIP: 62041
 Responsable

Ivan Víctor Ramírez García
 Técnico Laboratorista de Suelos



El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANEXO 2.2: ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE SUELOS (Segunda muestra)



LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

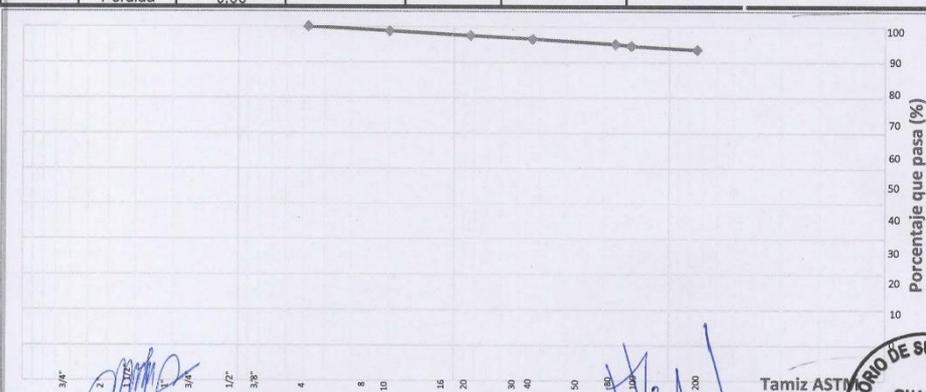
ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE SUELOS NTP 339.128 / ASTM D422

Fecha de Recepción : 2/05/2019	Orden de Servicio : 190124
Fecha de Ensayo : 6/05/2019	N° Informe : 00452
Fecha de Emisión : 13/05/2019	

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE : CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA	TERRENO NATURAL
ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE	PROCEDENCIA : TUNAL PROGRESIVA
GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL	0+600
PROVINCIA HUANCABAMBA PIURA.	

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Total (%)	Pasa (%)	DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:
76.2	3"		-	-		MUESTRA DE AFIRMADO PROVENIENTE DEL TERRENO NATURAL TUNAL PROGRESIVA 0+600 % GRAVA 0.0 % ARENA 6.5 % FINOS 93.5
62.7	2 1/2"		-	-		
50.8	2"		-	-		
38.1	1 1/2"		-	-		
24.4	1"		-	-		
19.1	3/4"		-	-		
12.7	1/2"		-	-		
9.52	3/8"		-	-		
6.35	1/4"		-	-		
4.76	4		-	-	100.0	
2	10	4.4	1.3	1.3	98.7	LIMITES DE ATTERBERG LIMITE LIQUIDO 46 LIMITE PLÁSTICO 26 IP 20
0.84	20	4.5	1.3	2.5	97.5	
0.43	40	3.3	0.9	3.5	96.5	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS CL AASHTO A-7-6 (13)
0.177	80	5.1	1.5	4.9	95.1	
0.149	100	1.7	0.5	5.4	94.6	OBSERVACIONES ARCILLA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD COLOR MARRON ROJIZO
0.074	200	3.7	1.1	6.5	93.5	
	Fondo	327.30	93.5	100.0	-	
	Total	350.00	100.00			
	Peso Inicial	350.00				
	Pérdida	0.00				



Luis Alberto Valdez Girón
Ingeniero Civil
CIP: 62041
Responsable

Iván Victor Ramírez García
Técnico Laboratorista de Suelos



El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANEXO 2.3: LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Primera muestra)



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129 / ASTM D4318

Fecha de Recepción	: 2/05/2019	Orden de Servicio	: 190124
Fecha de Ensayo	: 7/05/2019	N° Informe	: 00453
Fecha de Emisión	: 14/05/2019		

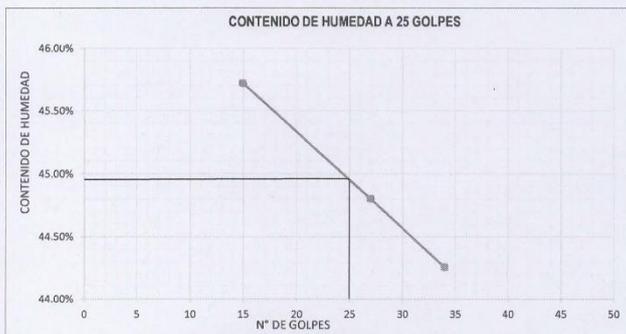
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA	TERRENO NATURAL
	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE	PROCEDENCIA : TUNAL PROGRESIVA
OBRA	GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL	0+380
	PROVINCIA HUANCABAMBA PIURA.	

INFORMACIÓN GENERAL

MUESTRA 1	MUESTRA 2		
N° Recipiente	: 1	N° Recipiente	: 2
Peso de Recipiente (gr)	: 4.3	Peso de Recipiente (gr)	: 4.3
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr)	: 11.2	P. recipiente + S. húmedo (gr)	: 9.9
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr)	: 9.9	P. recipiente + S. Seco (gr)	: 8.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 23.21%	C.HUMEDAD (%)	24.44%

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)	I	II	III
N° Recipiente	-	1	2
N° de Golpes	-	15	27
Peso de Recipiente	gr	10.3	9.1
Peso de recipiente + Suelo húmedo	gr	36.50	27.20
Peso de recipiente + Suelo Seco	gr	28.28	21.60
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	45.72%	44.80%



CONSTANTES DE SUELO	
LÍMITE LÍQUIDO :	45
LÍMITE PLÁSTICO :	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	21

OBSERVACIONES:

Luis Alberto Valdez Girón
 Ingeniero Civil
 CIP: 62041
 Responsable



Ivan Victor Ramirez Garcia
 Técnico Laboratorista de Suelos

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANEXO 2.4: LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Segunda muestra)



QUALITY PAVEMENTS S.A.C.
ENSAYO • DISEÑO • CONSULTORÍA

LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
NTP 339.129 / ASTM D4318

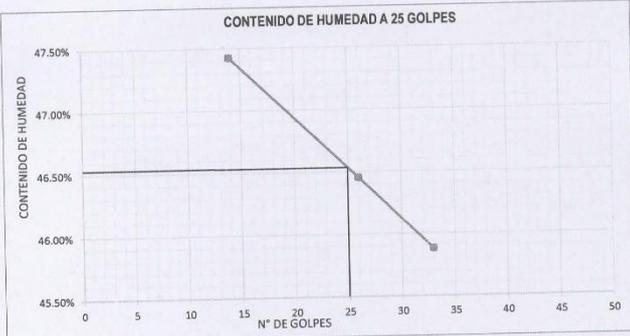
Fecha de Recepción	: 2/05/2019	Orden de Servicio	: 190124
Fecha de Ensayo	: 7/05/2019	N° Informe	: 00454
Fecha de Emisión	: 14/05/2019		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA	PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL
OBRA	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL PROVINCIA HUANCABAMBA PIURA.		: TUNAL PROGRESIVA 0+600

INFORMACIÓN GENERAL		MUESTRA 1	MUESTRA 2
N° Recipiente	:	1	2
Peso de Recipiente (gr)	:	4.3	4.3
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr)	:	9.2	10.5
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr)	:	8.2	9.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	25.64%	26.53%

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)	I	II	III
N° Recipiente	1	2	3
N° de Golpes	14	26	33
Peso de Recipiente	gr 9.8	9.2	9.5
Peso de recipiente + Suelo húmedo	gr 38.40	31.90	29.50
Peso de recipiente + Suelo Seco	gr 29.20	24.70	23.21
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 47.42%	46.45%	45.88%



CONSTANTES DE SUELO

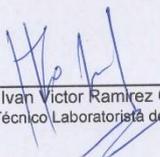
LÍMITE LÍQUIDO :	46
LÍMITE PLÁSTICO :	26
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	20

OBSERVACIONES:



Luis Alberto Valdez Girón
Ingeniero Civil
CIP: 62041
Responsable





Ivan Victor Ramirez Garcia
Técnico Laboratorista de Suelos

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANEXO 2.5: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D1557

Fecha de Recepción	: 2/05/2019	Orden de Servicio	: 190124
Fecha de Ensayo	: 8/05/2019	N° Informe	: 00455
Fecha de Emisión	: 11/05/2019		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA	TERRENO	: NATURAL TUNAL
TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL PROVINCIA HUANCABAMBA, PIURA.	PROCEDENCIA	: PROGRESIVA
			: 0+380, 0+600

DATOS GENERALES

Procedimiento realizado	: *C*	Cond. de Muestra	: Natural
N° Molde	: 1	Vol. de Molde (cm ³)	: 924
Peso del molde (gr)	: 2000	Altura de caída (pulg)	: 18
N° Capas	: 5	N° de golpes	: 25
Peso de martillo	: 10 lb		

Datos de Ensayo / Punto N°	Unid.	I	II	III	IV	V
Cápsula para humedad N°	-	I	II	III	IV	-
Peso de molde + Suelo húmedo	gr	3755	3927	3886	3854	-
Peso húmedo compactado	gr	1755	1927	1886	1854	-
Peso Volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.90	2.09	2.04	2.01	-
DENSIDAD SECA	gr/cm³	1.58	1.70	1.64	1.58	-
Peso de cápsula	gr	100	100	100	100	-
Peso de cápsula + Suelo húmedo	gr	256.6	201.3	318.2	326	-
Peso de cápsula + Suelo seco	gr	230	182.6	275	278.5	-
CONTEN'DO DE HUMEDAD	%	20.46%	22.64%	24.69%	26.61%	-



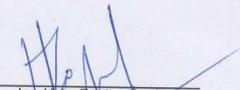
Densidad Máx. : 1.70 gr/cm³

H. Óptima : 22.54 %

OBSERVACIONES:


 Luis Alberto Valdez Giron
 Ingeniero Civil
 CIP: 62041
 Responsable




 Ivan Victor Ramirez Garcia
 Técnico Laboratorista

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANEXO 2.6: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO UTILIZANDO GEOMALLA BIAIXIAL



QUALITY PAVEMENTS S.A.C.
ENSAYO • DISEÑO • CONSULTORÍA

LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D1557

Fecha de Recepción	: 2/05/2019	Orden de Servicio	: 190124
Fecha de Ensayo	: 8/05/2019	N° Informe	: 00456
Fecha de Emisión	: 11/05/2019		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA	TERRENO	: -
TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL PROVINCIA HUANCABAMBA, PIURA.	PROCEDENCIA	: NATURAL TUNAL PROGRESIVA 0+380, 0+600

DATOS GENERALES

Procedimiento realizado	: "C"	Cond. de Muestra	: Natural
N° Molde	: 1	Vol. de Molde (cm ³)	: 924
Peso del molde (gr)	: 2000	Altura de caída (pulg)	: 18
N° Capas	: 5	N° de golpes	: 25
Peso de martillo	: 10 lb		

Datos de Ensayo / Punto N°	Unid.	I	II	III	IV	V
Cápsula para humedad N°	-	I	II	III	IV	-
Peso de molde + Suelo húmedo	gr	3740	3891	3886	3830	-
Peso húmedo compactado	gr	1740	1891	1886	1830	-
Peso Volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.88	2.05	2.04	1.98	-
DENSIDAD SECA	gr/cm³	1.56	1.67	1.64	1.57	-
Peso de cápsula	gr	100	100	100	100	-
Peso de cápsula + Suelo húmedo	gr	362.3	241.8	298.5	379.6	-
Peso de cápsula + Suelo seco	gr	317.6	216	259.4	321	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	20.54%	22.24%	24.53%	26.52%	-



Densidad Máx. : 1.68 gr/cm³

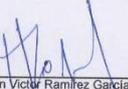
H. Óptima : 22.78 %

OBSERVACIONES:
Proctor Modificado del terreno natural de Tunal Progresiva 0+380 utilizando Geomalla.



Luis Alberto Valdez Girón
Ingeniero Civil
CIP: 62041
Responsable





Ivan Víctor Ramírez García
Técnico Laboratorista

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANEXO 2.7: VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR



LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
NTP 339.145 / ASTM D1883

Fecha de Recepción	: 2/05/2019	Orden de Servicio	: 190124
Fecha de Ensayo	: 10/05/2019	N° Informe	: 00457
Fecha de Emisión	: 13/05/2019		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA
TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL PROVINCIA HUANCABAMBA, PIURA.
CANTERA	: TERRENO NATURA, TUNAL PROGRESIVA 0+380, 0+600.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
ASTM D698 / NTP 339.141

Maxima Densidad Seca	1.70	g/cm ³
Optimo Contenido de Humedad	22.54	%

ENSAYO CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S	CBR %
1	10	6	1.588	0.45	01	100.00	12.00
2	25	9	1.640	0.50	01	95.00	7.50
3	56	12	1.698	0.75			

OBSERVACIONES:

Pag. 1/2



[Signature]

Luis Alberto Valdez Girón
Ingeniero Civil
CIP: 62041
Responsable

[Signature]

Ivan Victor Ramirez Garcia
Técnico Laboratorista

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

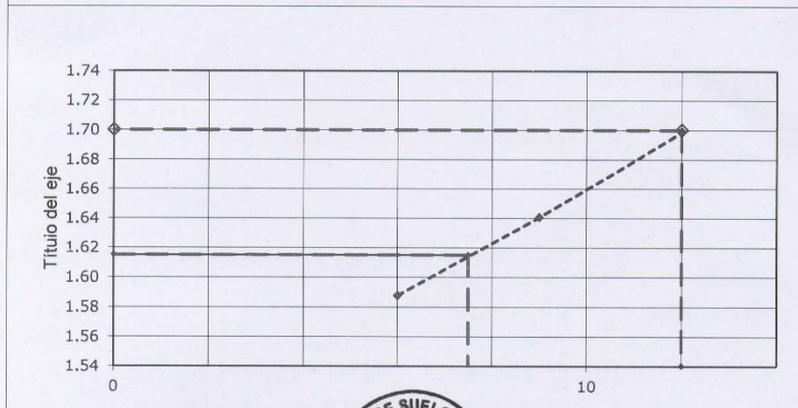
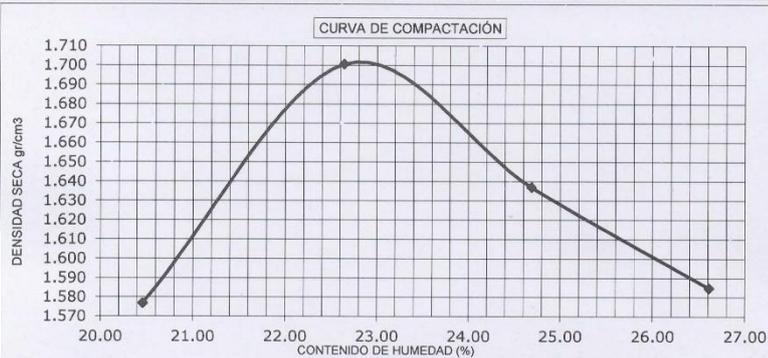
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Fecha de Recepción	: 2/05/2019	Orden de Servicio	: 190124
Fecha de Ensayo	: 10/05/2019	N° Informe	: 00457
Fecha de Emisión	: 13/05/2019		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA
OBRA	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL PROVINCIA HUANCABAMBA, PIURA.
CANTERA	: TERRENO NATURA, TUNAL PROGRESIVA 0+380, 0+600.



OBSERVACIONES:

[Signature]
 Luis Alberto Valdez Giron
 Ingeniero Civil
 CIP: 62041
 Responsable



Pag. 2/2
[Signature]
 Ivan Victor Ramirez Garcia
 Técnico Laboratorista

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANEXO 2.8: VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR, UTILIZANDO GEOMALLA BIAXIAL

	LABORATORIO QUALITY PAVEMENTS S.A.C <small>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</small>																																
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR NTP 339.145 / ASTM D1883																																	
Fecha de Recepción : 2/05/2019 Fecha de Ensayo : 10/05/2019 Fecha de Emisión : 13/05/2019	Orden de Servicio : 190124 N° Informe : 00457																																
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE																																	
SOLICITANTE : CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL PROVINCIA HUANCABAMBA, PIURA. CANTERA : TERRENO NATURA, TUNAL PROGRESIVA 0+380, 0+600.																																	
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM D698 / NTP 339.141																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Maxima Densidad Seca</td> <td style="width: 20%;">1.70</td> <td style="width: 20%;">g/cm³</td> </tr> <tr> <td>Optimo Contenido de Humedad</td> <td>22.54</td> <td>%</td> </tr> </table>	Maxima Densidad Seca	1.70	g/cm ³	Optimo Contenido de Humedad	22.54	%																											
Maxima Densidad Seca	1.70	g/cm ³																															
Optimo Contenido de Humedad	22.54	%																															
ENSAYO CBR																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Especimen</th> <th>Numero de Golpes</th> <th>CBR %</th> <th>Densidad Seca (g/cm³)</th> <th>Expansión %</th> <th>Penetración (pulg.)</th> <th>% M.D.S</th> <th>CBR %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>6</td> <td>1.588</td> <td>0.45</td> <td>01</td> <td>100.00</td> <td>12.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>25</td> <td>9</td> <td>1.640</td> <td>0.50</td> <td>01</td> <td>95.00</td> <td>7.50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>56</td> <td>12</td> <td>1.698</td> <td>0.75</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S	CBR %	1	10	6	1.588	0.45	01	100.00	12.00	2	25	9	1.640	0.50	01	95.00	7.50	3	56	12	1.698	0.75				
Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S	CBR %																										
1	10	6	1.588	0.45	01	100.00	12.00																										
2	25	9	1.640	0.50	01	95.00	7.50																										
3	56	12	1.698	0.75																													
OBSERVACIONES:	Pag. 1/2																																
Luis Alberto Valdez Girón Ingeniero Civil CIP: 62041 Responsable	Ivan Victor Ramirez Garcia Técnico Laboratorista																																
El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.																																	

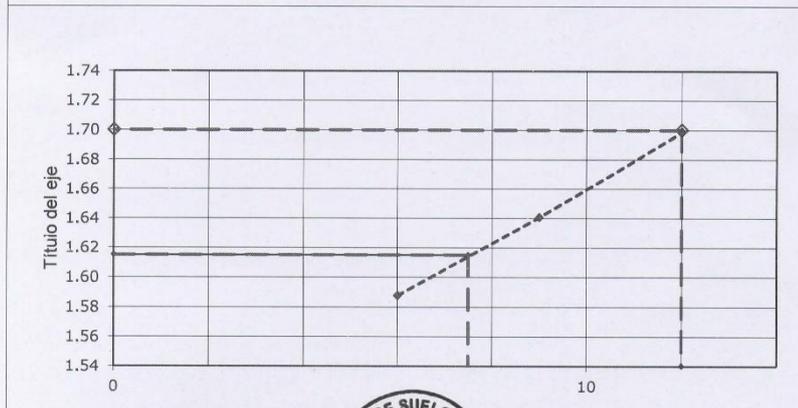
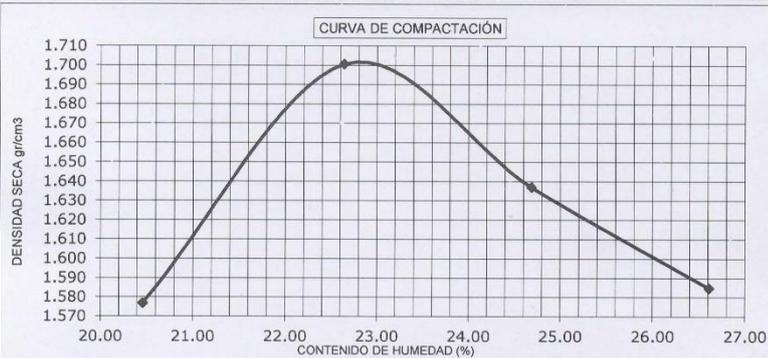
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR

NTP 339.145 / ASTM D1883

Fecha de Recepción	: 2/05/2019	Orden de Servicio	: 190124
Fecha de Ensayo	: 10/05/2019	N° Informe	: 00457
Fecha de Emisión	: 13/05/2019		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: CESAR MACEDONIO CARHUAMACA BORDA
OBRA	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON EL USO DE GEOMALLA EN LA AVENIDA PIURA EN LA LOCALIDAD DE TUNAL PROVINCIA HUANCABAMBA, PIURA.
CANTERA	: TERRENO NATURA, TUNAL PROGRESIVA 0+380, 0+600.



OBSERVACIONES:

[Signature]
 Luis Alberto Valdez Giron
 Ingeniero Civil
 CIP: 62041
 Responsable



Pag. 2/2
[Signature]
 Ivan Victor Ramirez Garcia
 Técnico Laboratorista

El laboratorio Quality Pavements emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original, queda prohibida la reproducción del mismo con otros fines al original. El laboratorio Quality Pavements queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de resultados.

ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

pavimR (Para diseñar Pavimentos) - [Diseño de Pavimento Rígido]

Archivo Pavimento Ayuda

Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial:

PSI Final:

Confiability [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: 

So:

Información Adicional

Módulo de Elasticidad del Concreto Ec [psi]:

Coefficiente de Transmisión de Carga [J]:

Módulo de Rotura de Concreto Sc [psi]:

Coefficiente de Drenaje [Cd]:

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18:

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: pci

Resultado

D: plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

=====

 Calcular  Insertar  Limpiar

ANEXO 04: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

pavimR (Para diseñar Pavimentos) - [Diseño de Pavimento Rígido]

Archivo Pavimento Ayuda

Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial:

PSI Final:

Confiableza [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr:

So:

Información Adicional

Módulo de Elasticidad del Concreto E_c [psi]:

Coefficiente de Transmisión de Carga [J]:

Módulo de Rotura de Concreto S_c [psi]:

Coefficiente de Drenaje [Cd]:

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18:

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: pci

Resultado

D: plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas


César E. Caruamaca Rodríguez
ING. CIVIL - CIP 10000

pavimR (Para diseñar Pavimentos) - [Diseño de Pavimento Rígido]

Archivo Pavimento Ayuda

Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial:

PSI Final:

Confiability [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: 

So:

Información Adicional

Módulo de Elasticidad del Concreto E_c [psi]:

Coefficiente de Transmisión de Carga [J]:

Módulo de Rotura de Concreto S_c [psi]:

Coefficiente de Drenaje [Cd]:

Seleccionar dato que tiene

Espesor D Eje W18

W18:

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: pci

Resultado

D: plg

pci = Libras /pulgadas³ [lb/plg³]
psi = Libras /pulgadas² [lb/plg²]
plg = Pulgadas

=====

 Calcular  Insertar  Limpiar


Osvaldo Carabazero Rodríguez
ING. CIVIL - CIP 56581

ANEXO 05: CONSTANCIA DE VALIDACIÓN



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, César Luis Carhuamaca R. con DNI N° 26192327 de profesión ING. CIVIL, desempeñándome actualmente como Supervisor de Obras en A.S.U.A.P.E.C. Construcción EIRL

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el instrumento: Formato 01 "SOFTWARE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

FORMATO DE SOFTWARE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				x	
2. Objetividad				x	
3. Actualidad					x
4. Organización			x		
5. Suficiencia				x	
6. Intencionalidad			x		
7. Consistencia				x	
8. Coherencia			x		
9. Metodología					x

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los..... días del mes de julio del dos mil diecinueve..

Doctor(a) :
DNI :
Especialidad :
E-mail :


 César L. Carhuamaca Rodríguez
 ING. CIVIL - CIP 56590

ANEXO 06: FOTOGRAFÍAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Fotografía N°1: Muestras del terreno



Fotografía N° 2: Preparación de la muestra



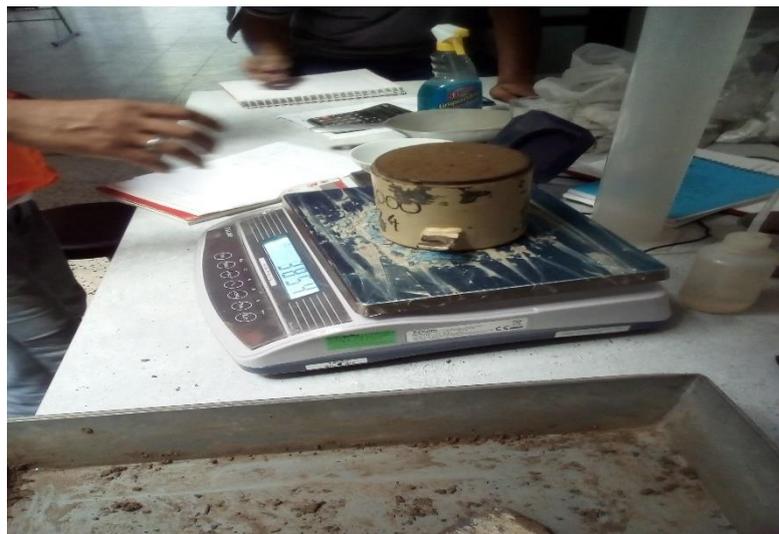
Fotografía N° 3: Mezcla de la muestra con proporciones de agua



Fotografía N° 4: Realización de 25 golpes por capa



Fotografía N° 5: Pesado del molde



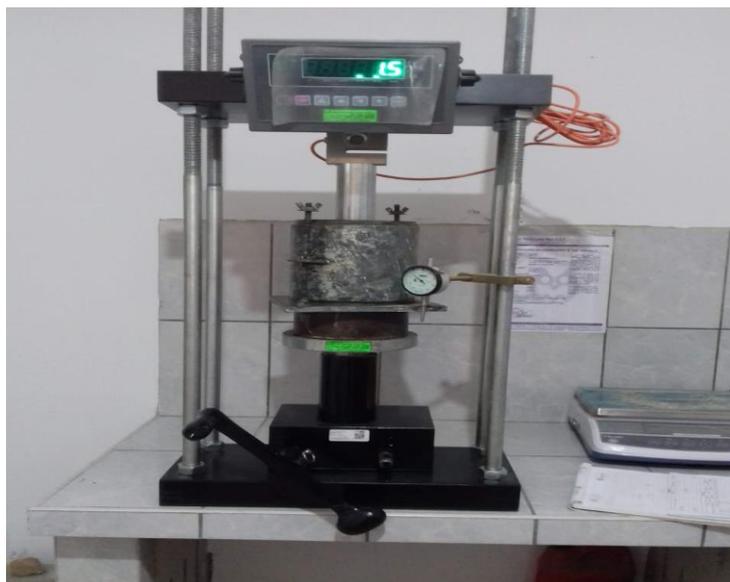
Fotografía N° 6: Colocación de la geomalla biaxial a 2.5cm



Fotografía N° 7: Moldes de CBR sumergidos en tanque



Fotografía N° 8: Prensa de carga de penetración al espécimen con geomalla biaxial



Fotografía N° 9: Huella del pistón de carga al espécimen sin geomalla biaxial



Fotografía N° 10: Huella del pistón de carga espécimen con geomalla biaxial



ANEXO 07: OTROS

ANEXO 7.1: Avenida Piura





ANEXO 7.2: Tránsito existente





ANEXO 7.3: Geomalla Biaxial

