



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales
para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, región puno-2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Flores Paja, Ele Delfen (ORCID: 0000-0002-1727-1179)

Mamani Cutipa, Vanessa (ORCID: 0000-0003-1542-3500)

ASESOR:

Mg. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

De: Mamani Cutipa, Vanessa

Mi trabajo lo dedico a Dios que me ha dado vida y fortaleza para terminar esta tesis.

A mis padres Duverly y Teresa quienes siempre me impulsaron a estudiar y lograr mis metas con su cariño, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y valentía.

De: Flores Paja, Ele Delfen

Mi tesis la dedico a mi familia en especial a mis padres Herman y Basilia, por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente y por su apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, también por brindarme el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

AGRADECIMIENTO

De Mamani Cutipa, Vanessa

Empezar dando gracias a Dios, a mi familia en especial a mis padres Duverly y Teresa que me brindan su apoyo incondicional en cada decisión y proyecto, a mis abuelitos Pedro y Aurelia que han estado presentes cada vez que los necesite y a mi tío Néstor por su apoyo aun cuando mis ánimos decaían.

A mi asesor Mg. Clemente Condori Luis, quien con la enseñanza de sus valiosos conocimientos y ayuda pudimos realizar nuestra Tesis correctamente. Por último, a la Universidad Cesar Vallejo por las herramientas brindadas.

De Flores Paja, Ele Delfen

Empiezo dando gracias a Dios por haberme permitido estudiar, agradezco infinitamente a mis padres Hermán y Basilia que con sus bajos recursos económicos me apoyaron con esfuerzo, dedicación y amor.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Cesar Vallejo. a mi asesor Mg. Clemente Condori Luis por la buena enseñanza de sus conocimientos para poder elaborar nuestra tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	vii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	11
III. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipo y diseño de investigación	32
3.2. Variables y operacionalización de variables.....	33
3.3. Población, muestra y muestreo.....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.5. Procedimientos	38
3.6. Método de análisis de datos.....	49
3.7. Aspectos éticos	49
IV. RESULTADOS	51
V. DISCUSIÓN.....	76
VI. CONCLUSIONES.....	79
VII. RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Ventajas y desventajas del uso de geomallas	4
Tabla 02. Funciones de la subrasante	21
Tabla 03. Categoría de Subrasante	22
Tabla 04. Valor de soporte CBR	23
Tabla 05. Propiedades mecánicas para agregados gruesos	23
Tabla 06. Propiedades físicas para agregados finos	23
Tabla 07. Funciones de la subbase	24
Tabla 08. Requisitos de ensayos especiales	24
Tabla 09. Relación de tipos de geosintéticos y sus funciones	27
Tabla 10. Niveles de confiabilidad	30
Tabla 11. Cuadro de operacionalización de variables	35
Tabla 12. Formatos de laboratorio de que fueron validadas por los expertos .	37
Tabla 13. Datos de ubicación de la zona de estudio.....	51
Tabla 14. Contenido de humedad de la muestra de suelo.....	52
Tabla 15. Resultados del ensayo granulométrico	52
Tabla 16. Resultados de límites de consistencia	53
Tabla 17. Resultados de Proctor modificado	54
Tabla 18. Resultados de capacidad de soporte laboratorio	55
Tabla 19. Resultados de CBR in-situ	56
Tabla 20. Espesores obtenidos del pavimento flexible (sin geomallas)	57
Tabla 21. Espesores obtenidos del pavimento flexible (sin geomallas)	57
Tabla 22. Espesores obtenidos del pavimento flexible (sin geomallas)	57
Tabla 23. Espesores obtenidos del pavimento flexible (sin geomallas)	58
Tabla 24. Espesores obtenidos del pavimento flexible (con geomallas).....	58
Tabla 25. Espesores obtenidos del pavimento flexible (con geomallas).....	58
Tabla 26. Espesores obtenidos del pavimento flexible (con geomallas).....	59
Tabla 27. Espesores obtenidos del pavimento flexible (con geomallas).....	59
Tabla 28. Análisis de precios unitarios para 1m ³ de subbase granular.....	60
Tabla 29. Análisis de precios unitarios para 1m ³ de base granular	60
Tabla 30. Análisis de precios unitarios para 1m ³ de carpeta asfáltica	61
Tabla 31. Volumen de material con la incorporación de geosintéticos	63
Tabla 32. Volumen de material sin la incorporación de geosintéticos.....	63

Tabla 33. Presupuesto pavimento convencional.....	63
Tabla 34. Presupuesto pavimento flexible con la incorporación de geomallas	64
Tabla 35. Prueba de Normalidad	66
Tabla 36. Prueba de homogeneidad de varianzas del CBR	66
Tabla 37. Descripción de las variables	67
Tabla 38. Prueba de ANOVA.....	67
Tabla 39. Comparación múltiple de cada uno de los resultados de CBR	68
Tabla 40. Sub conjuntos de Tukey.....	70
Tabla 41. Prueba de distribución normal	71
Tabla 42. Prueba de homogeneidad de varianzas de la subbase	71
Tabla 42. Descripción de las variables	72
Tabla 43. Prueba de ANOVA.....	72
Tabla 44. Comparación múltiple de los espesores de subbase granular	73
Tabla 45. Sub conjuntos de Tukey.....	74
Tabla 46. Cuadro comparativo de CBR	76

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 01. Subrasante	2
Figura 02. Geomalla triaxial en pavimentos	6
Figura 03. Ubicación de zona de estudio	10
Figura 04. Estructura del pavimento flexible.....	20
Figura 05. Transmisión de cargas sobre un pavimento.....	20
Figura 06. Transferencia de cargas.....	20
Figura 07. Agregado para una base granular.....	22
Figura 08. Carpeta asfáltica	25
Figura 09. Acción de refuerzo de geosintéticos en pavimentos	26
Figura 10. Geosintéticos en pavimentos	26
Figura 11. Mecanismos de refuerzo inducido por geomalla	28
Figura 12. Abaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles.....	31
Figura 13. Limpieza de la zona de excavación.....	38
Figura 14. Obtención del suelo natural de la calicata C-01	38
Figura 15. Extracción de la muestra inalterada	39
Figura 16. Proceso de cuarteo	39
Figura 17. Tamizado del material de suelo proveniente de la subrasante	40
Figura 18. Muestra para el ensayo de Proctor modificado	41
Figura 19. Aparatos e instrumentos utilizados.....	42
Figura 20. Compactado con el martillo de Proctor	42
Figura 21. Especímenes que serán sumergidos	43
Figura 22. Saturación de los especímenes	43
Figura 23. Prensa del Californian Bearing Ratio	44
Figura 24. Preparación de la superficie donde se realizará el ensayo	45
Figura 25. Humectación de la zona de estudio	45
Figura 26. Compactación de la subrasante	46
Figura 27. Colocación de la geomalla triaxial	46
Figura 28. Equipo de CBR in-situ	47
Figura 29. Verificación del nivelado del terreno.....	47
Figura 30. Aplicación de carga a la subrasante.....	48
Figura 31. Ensayo de cono de arena	48
Figura 32. Vista satelital de la Carretera llave - Juli	51

Figura 33. Distribución del suelo	53
Figura 34. Curva de compactación.....	54
Figura 35. Peso unitario seco vs. CBR.....	55
Figura 36. Comparación de CBR de resultados con la geomalla triaxial.....	56
Figura 37. Sección del pavimento sin las geomallas triaxiales.....	62
Figura 38. Sección de pavimento con las geomallas triaxiales	62

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	: Porcentaje estimado de vehículos pesados.
a ₁	: Coeficiente de capa
a ₂	: Coeficiente de drenaje
a ₃	: Espesores de cada capa en pulgadas
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation
B	: Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril
BG	: Base granular
Bx	: Biaxial
C	: Costo
CBR	: Californian Bearing Ratio
C _c	: Coeficiente de curvatura
CO ₂	: Dióxido de carbono
Cu	: Coeficiente de uniformidad
cm	: Centímetro
cm ²	: Centímetros cuadrados
DT(B)	: Distribución trapezoidal con geomalla biaxial
DT(M)	: Distribución trapezoidal con geomalla multiaxial
DTI(B)	: Distribución trapezoidal invertida con geomalla biaxial
DTI(M)	: Distribución trapezoidal invertida con geomalla multiaxial
DU(M)	: Distribución uniforme con geomalla multiaxial
D _s	: Densidad Seca
DMS	: Densidad máxima seca
EE	: Ejes equivalentes
ESAL	: Equivalent simple axial load
F _c	: Factor camion.
F'	: Fisher
FHWA	: Federal Highway Administration
g	: Gramo
H	: Espesor de la capa
H'	: Espesor de la capa con la presencia de geomallas biaxiales
IMDA	: Índice medio diario anual

IP	: Índice de plasticidad
Km	: Kilómetro
KN	: Kilo Newton
KPa	: Kilo Pascal
LL	: Límite líquido
LP	: Límite Plástico
m	: Metros
m ²	: Metros cuadrados
m ³	: Metros cúbicos
MPa	: Mega Pascal
m.s.n.m	: Metros sobre el nivel del mar
Mr	: Módulo de resiliente
MTC	: Ministerio de Transportes y comunicaciones
N	: Número de ejes equivalente
n	: Periodo de diseño.
Pu	: Peso unitario
R	: Tasa de crecimiento anual de tránsito.
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de suelos
S0	: Subrasante inadecuada
S1	: Subrasante Pobre
S2	: Subrasante Regular
S3	: Subrasante Buena
S4	: Subrasante Muy Buena
S5	: Subrasante Extraordinaria
SBG	: Sub base granular
SG	: Suelo sin geomalla
SN	: Número estructural
SNr	: Número estructural con la presencia de la geomalla biaxial
TPDS	: Tránsito Promedio diario semanal
Tx	: Triaxial
Veh	: Vehículo
W18	: Número previsto de ejes equivalentes

RESUMEN

Esta investigación de título “Evaluación experimental de la Incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021” cuyo objetivo general es evaluar experimentalmente la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de los pavimentos flexibles. La metodología usada en esta investigación fue aplicativa, de nivel explicativo y diseño experimental, se analizaron dos variables: las mallas triaxiales y las propiedades del suelo de la subrasante.

Para cumplir los objetivos de este estudio se desarrollaron ensayos de mecánica de suelos donde se evaluó el comportamiento de las características mecánicas con la incorporación de geomallas. Tanto en un grupo patrón, donde no se incorporó la geomalla triaxial y en otro grupo donde si se incorporó la geomalla triaxial.

Con los resultados obtenidos a través de los ensayos que se realizaron en el laboratorio de suelos, se determinó que con la incorporación de geomallas la capacidad de soporte se incrementó en un 29.57% respecto al suelo de subrasante donde no se adicionó las geomallas triaxiales.

Concluyendo que la incorporación de geomallas triaxiales mejora gradualmente las propiedades mecánicas del suelo de subrasante, cumpliendo con los requerimientos establecidos en las especificaciones generales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Palabras Claves: Geomallas triaxiales, subrasante, capacidad de soporte, estabilización de suelos.

ABSTRACT

This research entitled "Experimental evaluation of the incorporation of triaxial geogrids to improve the subgrade for flexible pavements, Puno Region 2021" whose general objective is to experimentally evaluate the incorporation of triaxial geogrids to improve the subgrade for flexible pavements. The methodology of this research was used was applicative, explanatory level with an experimental design and two variables were analyzed, both the triaxial meshes and the mechanical properties of the subgrade soil.

To achieve the objectives of this study, soil mechanics tests were developed where the behavior of the mechanical characteristics was evaluated with the incorporation of triaxial geogrids. Both in a standard group where the triaxial geogrid was not incorporated and, in another group, where the triaxial geogrid was incorporated.

The results obtained through the tests carried out in the soil laboratory were obtained that with the incorporation of geogrids the support capacity increased by 29.57% with respect to the subgrade soil where the triaxial geogrids were not added.

It was concluded that with the incorporation of triaxial geogrids the mechanical properties of the subgrade soil were gradually improved, complying with the requirements established in the general specifications of the Ministry of Transportation and Communications.

Keywords: Triaxial Geogrids, subgrade, bearing capacity, soil stabilization.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento de las urbes y la reducción de áreas destinadas para la construcción de vías, las cuales son consideradas como un medio de enlace entre poblaciones contiguas y con la demanda existente por la población para contar con obras viales, se tiene como obligación el desarrollo de obras viales en zonas apropiadas que satisfagan las necesidades de comodidad y seguridad de los usuarios. Con el paso de los años la mayoría de vías se deterioraron ocasionando insatisfacción a los usuarios, Kari y Olortegui. (2019, p. 8)

A causa del incremento de la población mundial, la cantidad de beneficiarios de las carreteras han ido en aumentando, ocasionando así la sobrecarga que se presenta sobre los componentes de un pavimento, ya sean la carpeta de rodadura, bases granulares y el suelo de subrasante, con esta sobrecarga existente se generaran aún más fallas y deformaciones en el pavimento, Sivapriya y Ganesh. (2019, p. 40)

Uno de los problemas más comunes en el desarrollo de construcciones de obras viales; ya sean en el ámbito rural o urbano, es la existencia de suelos cohesivos expansivos principalmente arcillas de alta plasticidad en el suelo de subrasante, a eso se suma las inclemencias existentes del clima aún más en las zonas que se encuentran a gran altura sobre el nivel del mar, en donde se necesita la aplicación materiales granulares de buenas características y un suelo de fundación que satisfaga las especificaciones generales requeridas. Palma (2015, p. 1).

Las carreteras se construyen sobre terrenos de fundación con buenas características mecánicas que cumplan los requisitos establecidos por las normas vigentes de cada país y de acuerdo al contexto de cada realidad; las propiedades con las que cuenta la subrasante deben ser las apropiadas para soportar el pavimento y las bases granulares transportando las cargas del terraplén hacia el suelo de fundación, como se aprecia en la figura 1, sin embargo en ocasiones donde el suelo de la subrasante no cumple con los requerimientos se recomendará remover el suelo o mejorar el mismo, analizando cual resulta más económico. Mattos y Vázquez (2019, p. 3).

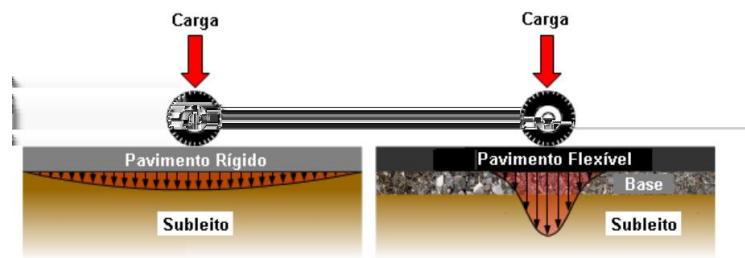


Figura 01. Subrasante

Fuente. <https://bit.ly/3xbn6Zh>

Actualmente para preservar los caminos y que estos se encuentren en óptimas condiciones para satisfacer las necesidades de comodidad y seguridad, se necesita desarrollar proyectos de obras viales que cuenten con un buen diseño, datos confiables de mecánica de suelos y espesores adecuados de los componentes de un pavimento, tanto en pavimentos flexibles o en pavimentos rígidos. Nuñez (2016, p. 23).

Pero las pésimas condiciones en las que se encuentra el terreno de fundación no siempre son las requeridas para garantizar la buena calidad de la vía, ya que usualmente la obtención de datos de las características físicas mecánicas del suelo no se realiza correctamente, a consecuencia de esto se desarrolla una deficiente conformación del terreno, sumado a la dificultosa contratación de mano de obra calificada para la realización del proyecto, lo cual repercute en la deficiente conformación del paquete estructural del pavimento. Araújo [et al.] (2016, p. 15)

Las deficiencias presentes en los pavimentos son consecuencia de diversos factores que dañan la calidad de los pavimentos. Como ocurre cuando el suelo de fundación y las bases granulares presentan suelos que son afectados por la filtración y la capilaridad, ya que la filtración de agua disminuye la distancia de la subrasante con el nivel freático en temporadas lluviosas.

Los problemas existentes en la subrasante se intentaron y lograron resolver desde hace muchos años, usando la mejora de características físicas y mecánicas del suelo llamada “estabilización”, ya sea mecánica o química. Palma (2015, p. 1).

Para este estudio como estabilizador se emplearon las geomallas triaxiales, en vista de que este método de estabilización es reciente y novedoso, las geomallas se usaron como separador de capas y estabilizante mecánico de la subrasante.

La estabilización de suelos con geomallas requiere una metodología secundaria a diferencia de los demás métodos de estabilización ya conocidos. Este método de estabilización no se encuentra prevista en los manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, solo hace referencia a la geomalla como un estabilizante que se puede usar en diferentes obras civiles, dejando el uso de las geomallas al criterio de los especialistas de la ingeniería. Almandarez y Reyes (2017, p. 19).

La sobrecarga producida por los vehículos origina daños estructurales, estos se pueden disminuir con el uso de geomallas triaxiales, como un elemento de fortalecimiento, entre las bases granulares y la subrasante. Con la aplicación de la geomalla triaxial se incrementa la capacidad de soporte de la subrasante, lo cual provoca la disminución de los espesores de los componentes del pavimento reduciendo así el gasto económico de construcción de la vía.

Lo que se desea con esta investigación es solucionar la decreciente capacidad de soporte de los suelos usando la geomalla triaxial, para evitar complicaciones en la vida útil del pavimento.

Cuando se usan las geomallas triaxiales para la estabilización de subrasantes, se incrementa la capacidad de soporte, a consecuencia de esto se reduce el espesor de las bases granulares y la carpeta de rodadura, y con esto se logra la reducción en el acarreo de material y la cantidad de energía de compactación necesitada; como este método es más sencillo comparado con los demás y con menos procesos constructivos, también reduce el tiempo de ejecución de la obra vial. Almandarez y Reyes (2017, p. 20).

El uso de geomallas en la actualidad, permite un adecuado manejo de los recursos existentes en un proyecto, el cual se puede incrementar aún más con el acompañamiento de mano de obra calificada para este tipo de estabilizaciones. Al usar geomallas entre los componentes de un pavimento, este produce excelentes resultados para el mismo ya que incrementa la capacidad de soporte tanto de las

bases granulares como de la subrasante al reducir la carga transmitida hacia la subrasante. Palma (2015, p. 2)

La mayor cantidad de empresas que se dedican a la construcción de obras viales poseen un manual o guía para el proceso constructivo de las bases granulares que fueron fundamentadas con los experimentos viales desarrollados por la AASHTO en el año de 1993. Nuñez (2016, p. 23)

El manual elaborado por la AASHTO para vías dio resultados positivos, ese mismo resultado se vio en la estabilización de distintos tipos de suelos existentes en el Perú, debido a la escases de materiales de buenas características, y al daño ecológico que se producen por la producción de estabilizadores químicos, se buscan nuevos materiales o métodos de estabilización de suelos. Actualmente se deben priorizar métodos de estabilización de suelos más efectivos, amigables y sostenibles con la naturaleza. Nuñez (2016, p. 23).

Desde hace años se viene utilizando los geosintéticos en obras ingenieriles, ya sean en geotecnia, sanitarias, transportes, etc. En la tabla 1 se puede apreciar la comparación del uso y no uso de geomallas. Nuñez (2016, p. 24).

Tabla 01. *Ventajas y desventajas del uso de geomallas*

Sin geomalla	Con geomalla
Mayor explotación de canteras	Menor explotación de canteras
Mayor impacto ambiental	Menor impacto ambiental
Mayor gasto económico de ejecución	Menor gasto económico de ejecución
Mayor tiempo de ejecución	Menor tiempo de ejecución
Menor tiempo de vida útil	Mayor tiempo de vida útil

Fuente. Nuñez (2016 pág. 24).

En el desarrollo de la construcción de vías, en ocasiones no se logra aprovechar adecuadamente los materiales existentes, el tiempo y la economía. Esto nos obliga a usar métodos de estabilización más baratos pero que mejoren con las características físico mecánicas de las bases granulares.

Con la elaboración de los proyectos de pavimentos flexibles, usando geomallas triaxiales, se busca dar solución a los problemas que se presentan durante el

proceso de construcción, cuando se hacen sobre subrasantes que presentan deficientes características mecánicas.

Para lograr que se cumpla la vida útil de la infraestructura vial, se deben contar con características físico mecánicas de buena calidad, sin embargo existen muchos suelos blandos cohesivos que presentan plasticidad alta, debido a las condiciones en la que se encuentra el suelo se deben mejorar las propiedades del suelo usando diferentes tipos, métodos de estabilización de suelos, en los casos donde se tuvieron suelos de pésima calidad, se elaboraron bases granulares de mayor espesor ocasionando mayores gastos en el proyecto. Mattos y Vásquez (2019, p. 3).

En los caminos existentes en la selva peruana hay una enorme cantidad de suelos arcillosos blandos, y poco material granular adecuado para la conformación de vías, debido a las malas características del material, se incrementan gastos en la ejecución del proyecto. Mattos y Vásquez (2019, p. 3).

Los diversos estudios realizados por la ingeniería de pavimentos buscan encontrar mejoras estructurales de cada uno de los componentes de un terraplén. Mattos y Vásquez (2019, p. 4).

Las obras viales vienen a ser parte fundamental para la conexión de ciudades, incrementando la actividad social y económica de estos, facilitando la comercialización de bienes e insumos lo que mejora la compatibilidad de los mercados, logrando suplir de servicios básicos a las poblaciones aledañas.

En el caso de Guatemala la mayor cantidad de caminos no se encuentran en condiciones para soportar las cargas que se someten, esto es debido a las deficientes características del suelo, al incremento de usuarios de la vía y las condiciones climáticas existentes. En la figura 2, se observa el proceso constructivo de una geomalla triaxial sobre un componente del pavimento. Mattos y Vásquez (2019, p. 5).



Figura 02. Geomalla triaxial en pavimentos

Fuente. <https://bit.ly/2P1u9Ti>

Con el incremento activo de los usuarios de la vía y las sobre cargas que soporta la vía, el gasto económico de los proyectos viales viene incrementándose cada vez más, ya sea en la etapa de construcción, mantenimiento y conservación. En el presente la mayor cantidad de carreteras vienen soportando una sobrecarga mayor de las que fueron diseñadas, a consecuencia de esto gran parte de obras viales no cumplen con su vida útil, ya sea por la presencia de deformaciones y grietas.

Con el avance de la tecnología, el uso de geosintéticos se ha empleado en diversos ámbitos de la ingeniería civil como un refuerzo entre las capas sobre la conformación de terraplenes. La resistencia a tracción es una de las principales características presentes en las geomallas en conjunto con la mezcla bituminosa de los pavimentos flexibles. El trabajo en conjunto de ambos insumos incrementa el soporte de las cargas actuantes sobre el pavimento.

La geomalla aporta al control y disminución de grietas producidas por la carga vehicular en el pavimento, gracias a esto se logra disminuir la posibilidad de fallas estructurales, como consecuencia se reduce en gran medida los gastos económicos en la construcción de las obras viales.

Actualmente la aceptación del sistema de reforzamiento con geosintéticos ha sido favorable, por esta razón se viene incrementando su uso en diversas partes del mundo, ya sean de fibra de vidrio o polipropileno en el concreto, ya que estos han traído diversos beneficios en situaciones donde el suelo no cumple con las condiciones para la conformación de la estructura del pavimento.

Los ensayos elaborados en laboratorios demostraron la gran factibilidad de la aplicación de geomallas en los diferentes componentes existentes en la estructura del pavimento, a consecuencia de esto se reduce el espesor y el gasto económico, así mismo, se presenta menor cantidad de fisuras, grietas y deformaciones. El cumplimiento de estas expectativas se da cuando cumplen con las especificaciones generales, y el manejo adecuado por el personal a cargo.

En la región de Puno se tiene un alto crecimiento en el movimiento económico que se origina en las diferentes urbes existentes de la región. Para el correcto desenvolvimiento de las actividades económicas se requieren vías de comunicación en buen estado para la correcta transitabilidad, que cumplan con la vida útil y que no presenten deformaciones y grietas, producidas por tráfico vehicular o por las inclemencias meteorológicas existentes en el altiplano. Para este tipo de problemas en lo que a capacidad de carga y soporte respecta, se deben usar diferentes métodos de estabilización, entre ellas el uso de geomallas.

Formulación del problema

Con todo lo planteado anteriormente se realiza la formulación del Problema Principal: ¿Cómo la evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales mejoraría la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno 2021?

De la misma manera, se formulan los siguientes problemas específicos: ¿Con una buena compactación se elevaría las características del CBR de la sub rasante aplicando la incorporación de geomallas triaxiales?, ¿Con una correcta aplicación y compactación desarrollaría mejores características mecánicas de la subrasante utilizando la incorporación de geomallas triaxiales?, ¿Con los resultados obtenidos del CBR mejorado se reducirían los espesores de capas y carpeta asfáltica aplicando la incorporación de geomallas triaxiales? Y ¿Con una incorporación calculada optimizaría los gastos económicos de diseño y aplicación de la estructura del pavimento aplicando la incorporación de geomallas triaxiales?

Justificación del estudio

Justificación técnica

La presente investigación está justificada técnicamente, ya que la metodología del uso de geomallas es de las menos usadas en la región Puno, y busca solucionar las características físicas y mecánicas de suelos blandos principalmente arcillosos, así mismo, este método de estabilización es económicamente fiable sin afectar el soporte de la estructura y capacidad de carga del pavimento. Con el constante incremento de fallas presentes en los pavimentos flexibles se realizó el presente estudio buscando solucionar las deformaciones y fallas presentes en pavimentos flexibles con el reforzamiento de la subrasante a través de las geomallas triaxiales, los resultados ayudaran a conocer las mejoras que dará el uso de geomallas como refuerzo en la subrasante ubicada en la carretera llave – Juli en el departamento de Puno.

Justificación social

Al ser un problema muy frecuente la presencia de deformaciones y grietas en vías que se desarrollan en la región de Puno, el presente estudio buscó mejorar las características de los pavimentos flexibles reforzando la subrasante con geomallas, para reducir fallas en la vía satisfaciendo la comodidad y seguridad del usuario de la vía, además de enlazar a las ciudades de forma social y económica.

Justificación económica

La presente investigación se justifica económicamente, ya que la aplicación de geomallas triaxiales mejoró las características mecánicas del suelo; reduciendo los espesores de los componentes del pavimento, repercutiendo en la disminución de acarreo de material, horas máquinas, dando una mejor durabilidad y disminuyendo así los costos tanto en la construcción de la vía como en la etapa de mantenimiento.

Objetivo principal

Mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, por medio de la evaluación experimental de incorporación de geomallas triaxiales.

Objetivos específicos

Elevar las características del CBR de la sub rasante aplicando la incorporación de geomallas triaxiales por medio de una buena compactación.

Desarrollar mejores características mecánicas de la subrasante utilizando la incorporación de geomallas triaxiales por medio de una correcta aplicación y compactación.

Reducir los espesores de capas y carpeta asfáltica aplicando la incorporación de geomallas triaxiales en base a los resultados obtenidos del CBR mejorado.

Optimizar los gastos económicos de diseño y aplicación de la estructura del pavimento aplicando la incorporación de geomallas triaxiales por medio de una incorporación calculada.

Hipótesis general

La evaluación experimental de incorporación de geomallas triaxiales mejorara la sub rasante de pavimentos flexibles.

Hipótesis específicas

Una buena compactación elevará las características del CBR de la sub rasante aplicando la incorporación de geomallas triaxiales.

Una correcta aplicación y compactación desarrollara mejores características mecánicas de la subrasante utilizando la aplicación de geomallas triaxiales.

Los resultados obtenidos del CBR mejorado se reducirían los espesores de capas y carpeta asfáltica aplicando la incorporación de geomallas triaxiales.

La incorporación calculada optimizará los gastos económicos de diseño y aplicación de la estructura del pavimento aplicando la incorporación de geomallas triaxiales.

Delimitación

Delimitación temporal

La presente investigación se realizó en un periodo de 04 meses del año 2021, como punto de inicio en el mes de marzo, terminando en el mes de junio, mediante la elaboración de la parte teórica, ensayos de laboratorio, recolección de datos y

trabajo de gabinete donde: se observaron, analizaron, compararon y evaluaron los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, para posteriormente realizar el trabajo estadístico de la contrastación de hipótesis.

Delimitación espacial

La investigación se realizó en la carretera llave – Juli, ubicada en la comunidad de Corpa Maquera dentro del distrito de llave provincia de El Collao, Región Puno, como se contempla en la figura 3.

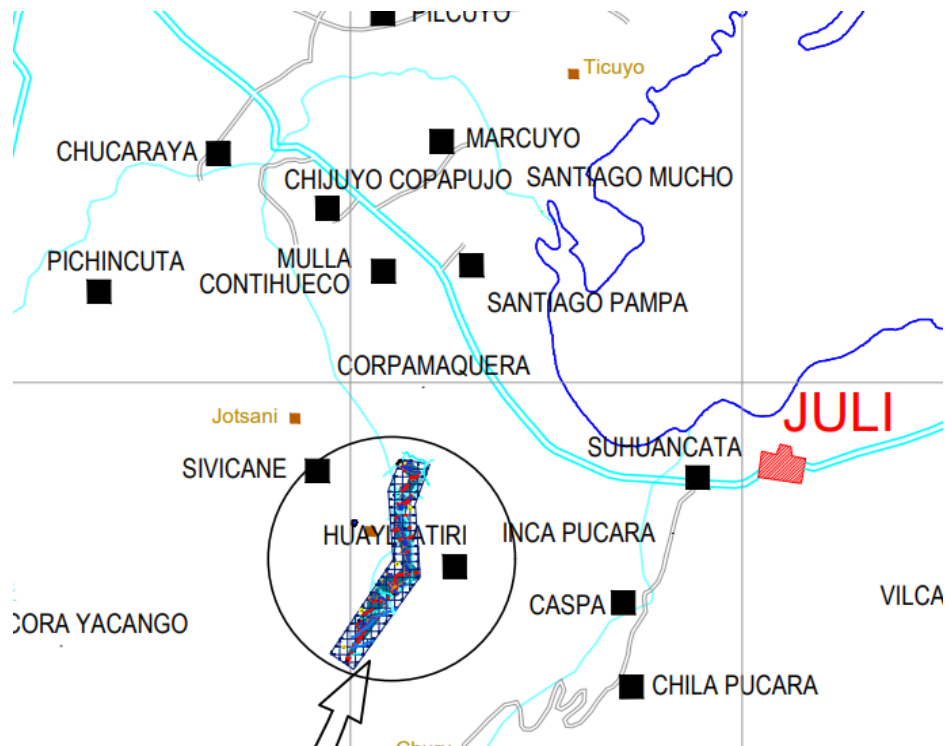


Figura 03. Ubicación de zona de estudio

Fuente. <https://bit.ly/3pLDENE>

II. MARCO TEÓRICO

Para detallar mejor el presente estudio se tomó en cuenta las investigaciones en los siguientes ámbitos:

Internacionales

Condor y Oñate (2019), en su tesis (Pregrado) denominada “Influencia de la disposición de geomallas en la resistencia del suelo granular sujeto a la aplicación de una carga axial”, realizado para la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, tiene como objetivo general determinar de la resistencia ante una carga uniaxial de un suelo granular reforzado con diferentes arreglos de geomallas. El método que se usó en dicha investigación es de tipo experimental. En cuanto a los resultados que se obtuvieron en relación a las propiedades físicas y mecánicas, se tiene una gravedad específica para la arena recogida de San Antón de 2.61 y para la arena obtenida de Pifo se halló un valor de 2.64, estableciendo así un peso unitario suelto de (1.47 gr/cm^3), peso unitario compactado de (1.59 gr/cm^3), en cuanto a la arena obtenida de Pifo se halló a través de los ensayos de mecánica de suelos, un peso unitario suelto y compactado de (1.69 y 1.83) respectivamente, expresado en unidades de gr/cm^3 , a través de los ensayos de granulometría también se determinó un $C_u = 6.90$ y $C_c = 0.74$. Se determinó que el suelo estudiado de San Antón es arena pobremente gradada con presencia de limo, en cambio la arena obtenida de Pifo dio como $C_u = 6.53$ y $C_c = 0.46$ siendo una arena pobremente gradada, por consiguiente el % de humedad que se obtuvo fue del 1.40% hasta el 5.30%, al emplear el ensayo de Proctor modificado se obtuvo un % de humedad máxima del 13.30%, $D_s = 1.89 \text{ gr/cm}^3$, $P_u = 18.53 \text{ kN/m}^3$, mientras que la arena de pifo tras ser sometida al ensayo de Proctor modificado dio como resultado un % humedad óptimo 11.39% , $D_s = 1.92 \text{ gr/cm}^3$, $P_s = 18.83 \text{ kN/m}^3$. Por consiguiente se procedió a desarrollar y generar el porcentaje de compactación, dando como muestreo 7 puntos, siendo estos (SG) sin contar el reforzamiento, DU (B) aplicando la geomalla biaxial de forma uniforme, DT (B) aplicando la geomalla biaxial en forma trapezoidal, DTI (B) aplicando geomalla en forma trapezoidal invertida, DU (M) aplicando geomalla multiaxial en forma uniforme, DT (M) aplicando geomalla multiaxial en forma trapezoidal, DTI (M) aplicando geomalla multiaxial en forma

trapezoidal invertida, se consiguieron los siguientes resultados (88.93%, 82.94%, 85.94%, 85.13%, 88.82%, 88.50%, 87.33%). El estudio concluye que la geomalla multiaxial mostró mejores resultados al presentarse 10 mm de desplazamiento sobre la cimentación, en cuanto la geomalla en forma trapezoidal generó mejores resultados sobre la capacidad de carga dando un incremento significativo del 36%.

Quijije (2019), en su tesis (Pregrado) llamada “Reforzamiento del suelo con la utilización de geotextiles y geomallas aplicado en la ciudad de Manta”, desarrollado para la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí - Ecuador, tuvo por objetivo demostrar que el uso de geomalla y geotextil es eficaz y rentable para el reforzamiento del suelo en las construcciones de la ciudad de Manta. El método usado en esta investigación fue de carácter aplicada – experimental. Los resultados obtenidos en dicha investigación determinaron que el suelo analizado tiene un peso específico de 17.46 kN/m^3 , ángulo de fricción de 25, $E_s = 6 \text{ Mpa}$, coeficiente de poisson 0.45 y una cohesión sobre el suelo de 50 kN/m^2 , a la vez determinaron la influencia del geosintético (geomalla) a profundidades diversas de (0.30 m, 0.60 m, 0.90 m, 1.20 m y 1.50 m) hallando valores en tanto a la capacidad portante de (2269.36 kN/m^2 , 2409.33 kN/m^2 , 2549.31 kN/m^2 , 2689.28 kN/m^2 y 2827.77 kN/m^2), capacidad admisible (756.45 kN/m^2 , 803.11 kN/m^2 , 849.77 kN/m^2 , 896.43 kN/m^2 y 942.59 kN/m^2), generando una mejora en el suelo del (20.65%, 28.09%, 35.53%, 42.97% y 50.33%). Con la incorporación de 5 capas de geomalla cada una de ellas espaciadas a cada 30 cm generaron una carga ultima de 2552.38 kN/m^2 . Concluyendo que la utilización de los geotextiles o geomallas influyen de manera positiva en las características de soporte del suelo donde se desarrollarán diferentes infraestructuras, estas proporcionan una mejora del 45.00%.

Alvarez y Bermudez (2020), en su tesis (Pregrado) denominado “Análisis comparativo del uso de geomallas biaxiales como elementos de refuerzo en pavimentos flexibles”, realizado para la Universidad Piloto de Colombia, tiene por objetivo analizar el diseño de un pavimento flexible con uso de Geomallas biaxiales como elemento de refuerzo. El método empleado en dicha investigación fue aplicado. En los resultados se observa los siguientes datos. El CBR 10.16% - subrasante, TPDS: 410 Veh/día, a una temperatura de 30°C , días lluviosos 181, en cuanto al flujo vehicular se determinó un factor $R = 5\%$, $N = 10\%$, con una sección

que contaría con cuatro carriles, en cuanto al factor camión se obtuvo un valor de 2.06, hallando un número de ejes equivalentes $N = 874202.87$ ejes equivalentes de 8.2 Ton, analizando todos estos resultados se obtuvo que para un pavimento flexible convencional es necesario usar una mezcla bituminosa caliente MDC = 7.50cm, base granular BG – 2 = 20.00 cm, subbase granular SBG – 1 = 35.00 cm, espesor total de la estructura = 62.50 cm, en cuanto con el mejoramiento que se le hace al pavimento flexible con reforzamiento del material mencionado se detalla que el número estructural $SN = 2.98$, $H'_3 = 54.51$ cm, $SN_r = 2.98$, $SN_{gr} = 1.44$, Mezcla densa en caliente MDC = 7.50cm, geomalla biaxial 10 m^2 , base granular BG – 2 = 15 cm, subbase granular SBG – 1 = 23 cm y espesor total de la estructura = 45.50 cm. Concluyendo que los espesores para un diseño del pavimento flexible disminuye considerablemente reduciendo en gran medida el gasto económico, siendo una alternativa factible para las infraestructuras viales.

Arana y Aguilar (2020) en su tesis de (pregrado) denominada “Análisis del comportamiento de la geomalla incorporada en un suelo granular a nivel de subbase para un pavimento”, realizada para la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, que tuvo por objetivo determinar la resistencia a carga uniaxial en la que destinará el refuerzo de las geomallas para saber cuál es la disposición más favorable, del mismo modo que se pretende caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y materiales a emplear en el primer piso del pavimento, los cuales son las disposiciones de las geomallas biaxiales y triaxiales (Bx 1100 y Tx 5 respectivamente). El método usado en dicha investigación fue aplicada - descriptiva. Los resultados obtenidos a través de los ensayos de laboratorio demostraron que para esfuerzos y cargas máximas a los 21 milímetros se tiene que aplicando 1800 KPa se obtuvo un desplazamiento de 5.0 mm, para SBG (sin geomalla), aplicando 2010 KPa se obtuvo un desplazamiento de 8.0 mm, para una muestra donde se realizó una distribución más uniforme de geomalla biaxial DU (B) aplicando 2010 KPa se obtuvo un desplazamiento de 8.0 mm, para una muestra que poseía una distribución trapezoidal de geomalla biaxial DT (B) aplicando 2450 KPa se obtuvo un desplazamiento de 9.3 mm, en el caso donde la muestra era trapezoidal invertida de geomalla biaxial DTI (B), aplicando 2200 KPa se obtuvo un desplazamiento de 6.0 mm, para una muestra uniforme con geomalla multiaxial DU (M), aplicando 2300 KPa se obtuvo un desplazamiento de 6.0 mm, donde hubo una

distribución trapezoidal de geomalla multiaxial DT (M) aplicando 2400 KPa se obtuvo un desplazamiento de 8.5 mm, para una muestra con distribución trapezoidal invertida de geomalla multiaxial DTI (M) aplicando 2300 KPa se obtuvo un desplazamiento de 9.8 mm. Para los que se halla las siguientes relaciones de CBR = 1.12, es decir que se originó un incremento del 12%, CBR = 1.36 se incrementó la capacidad de carga de suelo en un 36%, CBR = 1.22 es decir que a consecuencia del uso de geomallas existió incremento de 22%, CBR = 1.28 se aumentó la capacidad de carga de suelo en un 28%, CBR = 1.33 se originó un incremento del 33%. Concluyendo que las geomallas se pueden emplear para mejorar las características de taludes dando un efecto de confinamiento en las partículas de suelo; reforzándolos, este método podría usarse al momento de construir las cimentaciones de las obras civiles, con la finalidad de mejorar las propiedades del suelo usado en pavimentos, se satisface con los objetivos planteados en la investigación los cuales señalan que las geomallas ofrecen una mejora en las características del suelo, su uso es factible puesto que brindan una trabazón de las partículas del suelo y la geomalla, adicionando una resistencia adicional en la estructura suelo-geomalla.

Montejo y Otero (2016) en su tesis (pregrado) denominado “Evaluación de comportamiento mecánico de una estructura bicapa, reforzada con geomalla biaxial, compuesta por afirmado invias sobre subrasante blanda, aplicable a vías no pavimentadas” realizado para la Pontificia Universidad Javeriana - Colombia, tuvo como objetivo realizar la evaluación de la capacidad portante del pavimento en donde se le adicionó geomallas, estableciendo que existe una influencia en el grosor del pavimento, determinó cómo influye la geomalla en la aplicación de la construcción de pavimentos comparando un pavimento donde se usó geomallas en el pavimento y en otra donde no se usó las geomallas. El método empleado en dicho estudio es experimental. De los que se pueden distinguir los siguientes resultados, que para espesor de 10 cm. empleando una geomalla tipo 1 se obtuvo un resultado de $M_r = 314$ MPa, en cambio usando una geomalla tipo 2 se consiguió un resultado de $M_r = 370$ MPa, en los que se observa un incremento del refuerzo $R_1 = 54.3$ % y refuerzo $R_2 = 81.9$ %. Empleando un espesor de 15 cm, empleando una geomalla tipo 1 se obtuvo un resultado de $M_r = 423$ MPa. empleando una geomalla tipo 2 se obtuvo un resultado de $M_r = 410$ MPa. en los que se observa

un incremento del refuerzo $R1 = 31.5 \%$ y refuerzo $R2 = 27.3 \%$. Empleando un espesor de 20 cm. empleando una geomalla tipo 1 se obtuvo un resultado de $M_r = 607 \text{ MPa}$, empleando una geomalla tipo 2 se obtuvo un resultado de $M_r = 674 \text{ MPa}$. Analizando todos estos datos se visualiza un aumento del refuerzo $R1 = 48.8 \%$ y refuerzo $R2 = 65.2 \%$. Dicha investigación llega a las siguientes conclusiones las distribuciones de espesor menores a 15 cm pueden sufrir ahuellamientos producto de la poca capacidad de distribución de esfuerzos. La utilización de geomallas en general brinda una mejor respuesta del pavimento en cuanto a su M_r . Gracias a esto se logra tener una mejoría en la capacidad de soporte de carga vehicular. La capacidad de resistencia de la tensión de la geomalla dará un aporte estructural y de distribución de esfuerzos de manera positiva. La resistencia brindada por las geomallas es proporcional a las propiedades de la geomalla.

Para conocer mejor el tema de investigación se tomó en cuenta las investigaciones en ámbitos:

Nacionales

Sicha (2018), en su tesis (Pregrado) denominado "Diseño con geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles", realizado para la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú que tuvo por objetivo brindar al usuario de la vía el panorama de un diseño incluyendo geotextiles para separar y filtrar empleando geomallas, de esta forma pudo hacer la evaluación técnico – económica de la empleabilidad de las geomallas para el pavimento dando las bases teóricas para que a partir de dicho estudio se pueda diseñar pavimentos empleando lo antes mencionado. El método que se usó en esta investigación fue básica – aplicada. Los resultados obtenidos demuestran que al no encontrarse datos para estimar la precipitación máxima horaria, por la escasa presencia de aparatos meteorológicos se vieron otras formas para asumir ese dato en las que se decidió utilizar 60 mm/h, usando el diseño de drenajes según el manual del MTC será de entre 80 a 100 metros, un factor obtenido de infiltración de 0.40, un factor de retención de base de 0.25, del análisis de todos estos resultó una infiltración $Q = 0.0005 \text{ m}^3/\text{s}$, empleando la ecuación de Manning se halló un diámetro de tubería de $D = 4''$, empleándose una pendiente de un 1.5% y tamaños de piedra de $\frac{1}{2}''$ se halló la velocidad de flujo de $V = 0.188 \text{ cm/s}$, con esta estimación de la velocidad,

se calcula la que las dimensiones del dren serán 60*60 *cm*. El autor empleó el procedimiento de diseño FHWA que mediante el criterio de Retención: se elige el geotextil GT110 de 110 gr/m² satisfaciendo las propiedades presentadas en a la tabla 4.4. para el cálculo de número estructural y W18 sin geotextil fue de W18 = 798090 ESAL`s y con geotextil fue de W18 = 2312732 ESAL`s resultando un precio del pavimento sin geotextil de 11.58 \$/m² y con geotextil 44.01 \$/m². El estudio concluye que se recomienda el correcto y buen manejo del geotextil para que de esta forma cumpla con su objetivo, que el gasto económico a largo plazo se compensa el gasto económico de construcción de proyecto. Se concluye también que se mejora la servicialidad existente del pavimento en un 20%, se podrían tener resultados más conservadores al considerar la norma AASHTO, considerar la clase y especificaciones generales de la geomalla al ser usada para ejecutar los múltiples casos de diseños mejorados.

Lopez (2019), en su tesis (Pregrado) denominado “Evaluar la construcción de un pavimento rígido empleando una geomalla triaxial para su viabilidad técnico, económica e impacto ambiental en la Av. Circunvalación Tupac Amaru - Chaupimarca – Pasco” la que fue desarrollada para la Universidad Nacional Federico Villareal – Perú, tuvo como objetivo determinar la viabilidad económica, técnica e impacto ambiental que se genera con el uso de la geomalla triaxial en la construcción del pavimento rígido en la Avenida Circunvalación Tupac Amaru – Chaupimarca – Pasco. El método que se usó en dicha investigación es básico – aplicada. Luego de obtener los datos se demostró que el proyecto que se ubica a 4338 m.s.n.m. considerando un IMDA=10158.36, el factor de Eje Equivalente EE=3451397.85 diseñado para un periodo de 20 años, en la estratigrafía de los suelos se encuentran cada 20 cm. De material de relleno, tierra negra y plásticos deshechos, 1.05 arcilla gravosa de color marrón de plasticidad baja y compactación regular y demás datos de caracterización del pavimento existente. Se comparó el diseño existente con el diseño con refuerzo de H sin refuerzo = 0.46 m. y H con refuerzo = 0.32 m. Concluyendo que el presupuesto es de S/ 603,076.54 soles, el total de días de ejecución es 152 días empleando un diseño Tx-140. Por lo tanto para el diseño propuesto se presenta un ahorro de S/ 49,227.91 y reduce la cantidad de material en 475.42 m³ logrando cumplir los objetivos trazados. En cuanto a

horas maquina utilizadas se reduce en gasto económicos de S/ 8,359.49 y también se logran reducir gastos económicos producto de la disminución de horas máquina en S/ 1,975.47 este dato se refiere a todo el proceso de construcción de 270 m. de largo por 7 m. de ancho, la menor cantidad de horas maquina también reduce la cantidad de producción de CO2 emitida a la atmósfera.

Kari y Olortegui (2019), en su tesis (Pregrado) denominado “Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con geomalla en la interfaz subrasante - subbase utilizando la metodología Giroud - Ham, para mejorar el tramo de vía”, realizado para la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Perú, cuyo objetivo fue: Reducir espesores de los componentes del pavimento, haciendo uso de mallas triaxiales para incrementar el CBR de la subrasante y así lograr incrementar la vida útil del pavimento. El método usado en dicha investigación fue de tipo básica – aplicada. Los resultados obtenidos señalaron que usando la fórmula resulta $h=0.55$ metros el cual es un equivalente de 24 pulgadas o 60 centímetros, en el segundo caso donde se consideró la adición de la geomalla triaxial para la operación de la formula, se redujo el espesor a $h=0.40$ metros, luego de realizar varias iteraciones. Interpretando estos datos tenemos que la reducción del espesor del prisma de pavimento reforzado baja en un 33.33% comparado con un pavimento tradicional, usando la metodología de Giroud – Han para pavimentos flexibles se conformará un pavimento de base que tendrá un espesor de = 40 centímetros, carpeta asfáltica de rodadura de 15 centímetros y un grosor de geomalla triaxial de 0.9 milímetros. El estudio demuestra que el espesor del pavimento se reduce en un 33.33% lo cual se traduce en disminución de gastos económicos significativos para el transporte y acarreo de materiales granulares procedentes de las canteras. Las características de las geomallas vienen dadas por cada fabricante, se sugiere tener en cuenta las especificaciones generales ya que no cuentan con una estandarización a nivel mundial, la adición de geomallas es muy diferentes a la adición de aceros, con estas recomendaciones se debe tener en cuenta las especificaciones de diseño y el material con las que son elaboradas las geomallas.

Chura (2017), en su tesis (Pregrado) denominado “Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 0 al 750 del campus Universitario Juliaca”, realizado para la Universidad Peruana Unión. Cuyo objetivo fue: mejorar las propiedades de un suelo cohesivo adicionando geomallas, geotextil, cal y cemento con el fin de pavimentar el tramo de acceso desde el km 00+000 al km 00+750 del campus Universitario UPeU Juliaca. Donde el método empleado en esta investigación es de tipo básica – aplicada. Los resultados que se obtuvieron demostraron que con la finalidad de disminuir la plasticidad por medio de relaciones directas de los datos obtenidos por el ensayo de Proctor Modificado empleando dosificaciones de 2, 4 y 6 % en cuanto a los datos granulométricos recopilados fueron 37.11%, 10.82%. En cuanto a CBR al 95% de la misma manera con la adición de 2%, 4% y 6% entonces se determina que, con este tipo de estabilización química, provee menores cortes de suelo de fundación de las que se obtienen las siguientes conclusiones: la aplicación de mejoramientos químicos a través de métodos de estabilización reduce los espesores los componentes del pavimento. Esta investigación llega a la conclusión que con la disminución de los espesores de los componentes del pavimento se logra reducir el acarreo de material procedente de las canteras, así mismo, la reducción de horas máquina aliviando la emisión de gases invernadero.

Mera (2017), en su Tesis (pregrado) denominado “Evaluación técnico-económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz-Bellavista, distrito Bellavista-Jaén-Cajamarca” realizado para la Universidad Nacional de Cajamarca, la que tuvo por objetivo evaluar de manera técnico – económica el mejoramiento del pavimento usando geomallas multiaxiales aplicados al suelo de subrasante en la vía Santa Cruz – Bellavista. El método que se usó en dicha investigación es experimental, el estudio se realizó del Km. 0+000 al 0+500 el espesor que se obtuvo donde no se usaron las geomallas dieron como resultado un espesor de $D = 53.00$ cm. En el caso donde se usaron las geomallas triaxiales se obtuvo un espesor de $D = 30.48$ cm. Analizando y comparando estos datos se evidencia que se disminuye en 22.52 cm.; en el caso del Km. 0+500 al 1+500 el espesor que se obtuvo donde

no se usaron las geomallas dieron como resultado un espesor de $D = 30.00$ cm. En el caso donde se usaron las geomallas triaxiales se obtuvo un espesor de $D = 25.40$ cm. Analizando y comparando estos datos se observa que se disminuye en 4.60 cm. En el caso del tramo Km. 0.000 al $0+500$ el gasto económico para la ejecución fue de $C = S/. 104,925.37$ y $C = S/. 79,246.83$; en el tramo Km. 0.500 al $1+500$ el gasto económico para la ejecución del $C = S/. 118,783.44$ y $C = S/. 138,373.66$; en el tramo Km. $1+500$ al $2+250$ el gasto económico para la ejecución del $C = S/. 89,087.58$ y $C = S/. 103,780.24$; en el tramo Km. 2.250 al $2+846$ el gasto económico para la elaboración del proyecto fue del $C = S/. 125,071.04$ y $C = S/. 112,440.55$; de los que se resumen en un total de $C = S/. 437,867.44$ y $C = S/. 433,838.30$. El estudio concluye que no existe variaciones significativas en lo que establece el expediente técnico, en cambio la variación de los espesores de los componentes del terraplén va desde 5.4% a 39.2% con la adición de refuerzo de las geomallas, y que resulta económicamente viable con las características del suelo que presentaba la zona de estudio.

Teorías relacionadas al tema

Los pavimentos vienen a ser las estructuras que están conformadas por una o varias capas granulares y una carpeta de rodadura ya sea flexible o rígida, las cuales se diseñan de acuerdo a la carga a las que son sometidas, características del suelo de subrasante, y características del material granular de las bases y sub bases. Reyes, Camacho y Reyes (2004, p. 8).

El pavimento flexible viene a ser el conjunto de capas, que se sobreponen sobre una fundación de suelo la cual se denomina subrasante, la composición del pavimento se aprecia en la figura 4, este diseño debe ser construido y diseñado para resistir cargas de tráfico y las inclemencias del clima. Massenlli y Paiva (2018, p. 615).



Figura 04. Estructura del pavimento flexible

Fuente. Castaño et al. (2009, p. 22)

La carpeta de rodadura se compone de partículas que están provistas de cohesión y fricción, la carga que absorbe la capa de rodadura la traslada hacia las bases granulares y esta hacia el suelo de fundación tal como se observa en la figura 5.

Uco, Hernandez y Quen (2018, p. 19)

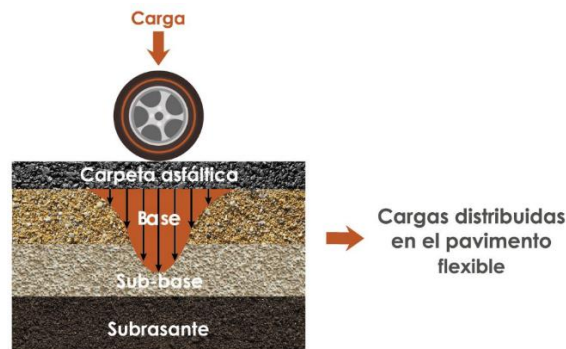


Figura 05. Transmisión de cargas sobre un pavimento

Fuente. <https://bit.ly/3ewVjKq>

La presión que ejerce el inflado de las llantas de los vehículos es una sobrecarga que transmite del vehículo hacia la estructura del pavimento que va desde los 0.2Mpa, tal como se observa en la figura 6. Vidal y Osorio (2002, p. 20)

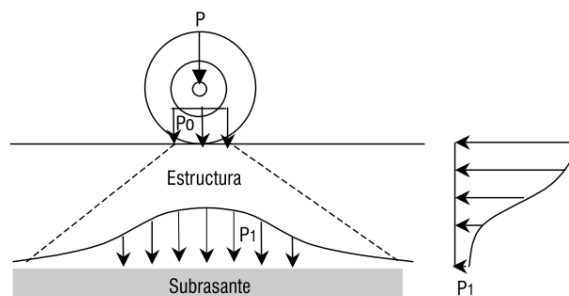


Figura 06. Transferencia de cargas

Fuente. <https://bit.ly/3dSW1Cv>

El suelo es un agregado producto de la disgregación de las rocas y materias orgánicas, este se encarga de soportar y transmitir las cargas recibidas de la estructura del pavimento, y debe estar en buenas condiciones y excelentes características para que pueda soportar tanto el peso de la estructura del pavimento, así como la carga producida por los usuarios de la vía. Si el suelo no cumple con los requerimientos necesarios este debe ser estabilizado o reemplazado por otro suelo con mejores características. Gallardo Marcelo [et al] (2016, p. 105).

La subrasante es el límite que existe entre la base o sub base granular con el terreno de fundación, la que viene a ser determinada por el movimiento de tierra (corte y relleno), sobre la que se colocará el terraplén. Serrano y Padilla (2019, p. 3).

Las características en las que se regirá en la subrasante son detalladas en la tabla 2.

Tabla 02. *Funciones de la subrasante*

Tipo	Subrasante para pavimento flexible
Función	<ul style="list-style-type: none"> • Recibir y resistir las cargas generadas por el tránsito que le son transmitidas por el pavimento. • Transmitir y distribuir de forma completamente adecuada las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.

Fuente. Cuadros (2017 pág. 16).

Los requerimientos y caracterización de la subrasante vienen dados por el CBR tal como se puede apreciar en la tabla 3, por lo cual se debe tener muy en cuenta estos valores en la etapa del diseño de un pavimento. Chávez Carlos [et al] (2016, p. 202).

Tabla 03. Categoría de Subrasante

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 Extraordinaria	De CBR ≥ 30%

Fuente. MTC (2013, p. 40).

La base viene a ser la capa que se encuentra por debajo de la carpeta de rodadura y por encima de la sub base granular, este recibe las cargas a la que es sometida la capa de rodadura y la transmite hacia el resto de los demás componentes del pavimento, la conformación de bases se hace con materiales adecuados tal como se aprecian en la figura 7. Guio y Sánchez (2014, p. 383).

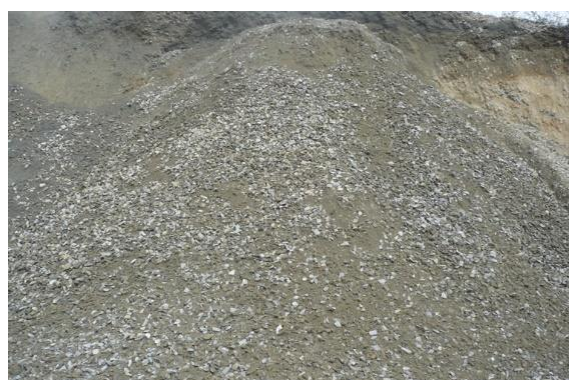


Figura 07. Agregado para una base granular

Fuente. <https://bit.ly/3xpEF7X>

En ciertas ocasiones la base granular se puede conformar directamente sobre la subrasante teniendo en cuenta las condiciones y características con las que cuenta la subrasante, su función también es la de transmitir cargas del tráfico vehicular hacia el suelo de fundación, cuando se usa en pavimentos rígidos este evita el fenómeno denominado “bombeo”. Baque (2020, p. 206).

Los valores característicos a los que tenderá la capacidad de soporte se dieron según la tabla 4.

Tabla 04. *Valor de soporte CBR*

Valor relativo de Soporte CBR	Tipo en ejes equivalentes (<10 ⁰)	Min 80%
	Trafico en ejes equivalentes (>10 ⁰)	Min 100%

Fuente. MTC (2013, p. 40).

El material está constituido por grava triturada y material de relleno, o también puede resultar de la mezcla de grava, arena y suelo. Para el buen comportamiento del pavimento este debe cumplir con requerimientos mínimos establecidos por las especificaciones generales del MTC. Zambrano y Tejeda (2019, p. 3). Los requerimientos del MTC se pueden apreciar en la tabla 5 y 6.

Tabla 05. *Propiedades mecánicas para agregados gruesos*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma ASSHTO	Requerimiento Altitud	
				< 3000 msnm	>3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min	80% min
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min	50% min
Abrasión de los ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% max	40% max
Partículas chatas o alargadas		D 4791		15% max	15% max
Sales solubles totales	MTC E 2019	D 1888		0.5% max	0.5% max
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% max

Fuente. MTC (2013, p. 176).

Tabla 06. *Propiedades físicas para agregados finos*

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		< 3000 msnm	> 3000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% max	2% min
Equivalente de arena	MTC E 114	355 min	45% min
Sales solubles	MTC E 219	0.5% max	0.5% max
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209		15%

Fuente. MTC (2013, p. 176).

La subbase granular tiene como finalidad transportar las cargas recibidas ya sea por la carpeta de rodadura o por la base granular, el mismo que se encuentra por encima de la subrasante y por debajo de la base granular o la carpeta de rodadura, este debe tener las características detalladas en la tabla 7. Rodríguez Edgar [et al] (2006, p. 22).

Tabla 07. *Funciones de la subbase*

Tipo	Subbase para pavimento flexible
Definición	Donde se refiere a la capa de materiales debidamente seleccionados que esta entre la base y la subrasante
Función	<ul style="list-style-type: none"> • Transmitir de buena manera a la subrasante la sobrecarga que la base recibía de los usuarios de obras viales. • Desarrollar una fuente de transición entre los materiales más finos de la subrasante y los gruesos que se encuentran en la base, evitando la contaminación parcial o completa y el daño que se produce a estos • Hace decrecer los efectos dañinos de los cambios de volumen de la subrasante y contribuye mejor al drenaje de agua de la estructura. • Reducir el costo económico.

Fuente. Rodríguez Edgar [et al] (2006, p. 92)

Los requerimientos mínimos que debe cumplir la sub base granular se detallan en la tabla 8.

Tabla 08. *Requisitos de ensayos especiales*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma ASSHTO	Requerimiento	
				<3000 msnm	>3000 msnm
Abrasión de los ángeles	MTC E 2017	C 131	T 96	50 % Max	50% Max
CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % Min	40% Min
Limite liquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25 % Max	25% Max
Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T90	6% Max	4% Max
Equivalente de arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% Min	35% Min
Sales solubles	MTC E 219			1% Max	1% Max
Partículas chatas y alargadas		D 4791		20% Max	20% Max

Fuente. MTC (2013, p. 171).

De la misma forma que para la subrasante, el comportamiento de este depende de la calidad de materiales, y el procedimiento constructivo al cual será sometido, pero existe ocasiones en las que no se necesitará esta capa. Zambrano, Tejeda y Aaenlle (2020, p. 29).

La carpeta de rodadura que se pueden encontrar en los pavimentos flexibles se halla en la parte superior de la base granular y este es el que recibe y distribuye la carga a la cual es sometida por el tráfico vehicular, generalmente este tipo de pavimento está constituido de material bituminoso, a diferencia del rígido que generalmente está conformado de concreto, cumpliendo ambas la misma función de soportar directamente el flujo vehicular.

La carpeta de rodadura puede ser de material bituminoso como se puede apreciar en la figura 8 y concreto hidráulico, pero varían en las especificaciones del material o en el proceso constructivo, pero ambos deben cumplir los requerimientos mínimos establecidos. Pico (2016, p. 34) .



Figura 08. Carpeta asfáltica

Fuente. <https://bit.ly/2S9lakd>

Los geosintéticos específicamente las geomallas son elementos que pueden ser usados dentro de los componentes de los pavimentos tal como se logra apreciar en la figura 9, con la finalidad de mejorar las características de cada uno de los componentes, el uso de geomallas evita la mezcla de materiales, y favorece el

drenaje natural evitando la pérdida de finos reforzando estructuralmente el pavimento. Vargas J. [et al]. (2017, p. 64).

De acuerdo a la norma ASTM D 4433, las geomallas se definen como un producto plano fabricados de material polimérico, que puede ser usado en suelo y roca. Mejorando considerablemente la estructura de las vías. Leiva y Loria (2012, p. 69).

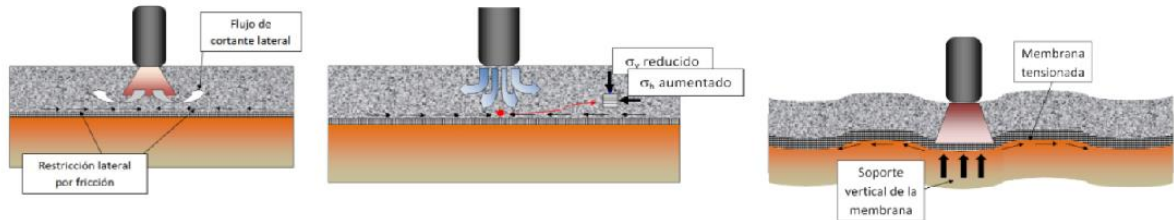


Figura 09. Acción de refuerzo de geosintéticos en pavimentos

Fuente. <https://bit.ly/3xs1iIT>

Las geomallas son materiales de características flexibles en forma de láminas tal como se aprecia en la figura 10, fabricados generalmente de polímeros, usados para mejorar el material granular de las obras civiles, generalmente obras viales, optimizando el uso de recursos. Fuentes y Torres (2020 pág. 3).



Figura 10. Geosintéticos en pavimentos

Fuente. <https://bit.ly/32WhfsN>.

Los geotextiles se pueden precisar como un insumo textil, permeable, plano y elaborado a partir de materiales poliméricos, que se emplean generalmente en contacto directo con el suelo y en ocasiones sobre otros materiales. Ballester, Castro y Gil. (2020, p. 6)

Los geotextiles cumplen diversas funciones simultáneas cuando son colocados sobre el terreno de fundación, este uso más práctico da una posición más ventajosa respecto a otros métodos de estabilización. Murillo. (1990, p. 10)

el geotextil no deja que las partículas finas se filtren cuando existe escurrimiento de agua, en cuanto a la separación se tiene que esta difiere las capas en dos suelos diferentes según las propiedades físicas (granulometría, plasticidad, consistencia) y a si se evita la mezcla de materiales. Murillo (1990, p. 10).

Consisten en un arreglo que puede ser triangular o tener la forma de un rectángulo uniforme haciendo una composición abierta que posibilita al suelo pasar por medio del plano, donde el arreglo está constituido por tiras o costillas de materiales unidos a un punto denominado como nodo, los primordiales materiales de creación son; El polipropileno y polietileno de densidad alta. Serrano (2015, p. 36).

En la tabla 9 se muestra la relación de los tipos de geosintéticos y sus funciones siendo las siguientes:

Tabla 09. *Relación de tipos de geosintéticos y sus funciones*

Geosintéticos	Función
Geotextiles no tejidos	Filtración, separación
Geotextiles tejidos	Filtración, separación, estabilización, refuerzo, control de erosión, confinamiento.
Geomallas	Refuerzo, confinamiento
Formaletas textiles	Confinamiento
Geocompuestos para drenaje	Drenaje
Geoceldas	Estabilización, control de erosión confinamiento.

Fuente. Fuentes y Torres. (2020, p. 3)

La funcionalidad primordial de los geotextiles es impedir la contaminación que existen entre las capas que conforman la estructura del pavimento, a consecuencia de las cargas que se aplican a esta y la escorrentía del agua, además de soportar la misma carga del terraplén, gracias a la aplicación de estas geomallas se reducen los espesores de las capas, reduciendo también el transporte de material proveniente de canteras, Baamonde, Pérez , Herrador. (2014, p. 2)

Una de las principales funciones de las geomallas viene a ser la reducción de espesores de las capas estructurales presentes en el terraplén, así como la de minimizar la formación de roderas por esfuerzo cortante y asentamientos diferenciales generalmente en el afirmado y las capas de la estructura del pavimento. Lopez y Sanz. (2015, p. 78)

Las geoesteras ayudan también a hacer más viables los métodos constructivos por la menor dificultad al momento de realizar el proceso constructivo, ya sea con el manejo, con la instalación, reduciendo también el empuje que ocurre sobre las estructuras de contención, amortiguando cargas y reduciendo el volumen de relleno, Cruz (2018, p. 36).

En relación a los geodrenes tienen la función de captar y direccionar el agua intersticial existente en la rasante del pavimento hacia elementos que evacuen el agua evitando así que se infiltre. Rodrigues y Cirone (2016, p. 4).

La sobrecarga aplicada por el flujo vehicular sobre la carpeta asfáltica, es transmitida al suelo de fundación a través de todas las capas existentes en la estructura del pavimento, como se aprecia en la figura 11. La rigidez que añade la geomalla evita la aparición de deformaciones, generando un confinamiento que evita la pérdida de material granular de las capas que aumenta la resistencia al esfuerzo cortante. Vargas J. [et al]. (2017, p. 65)

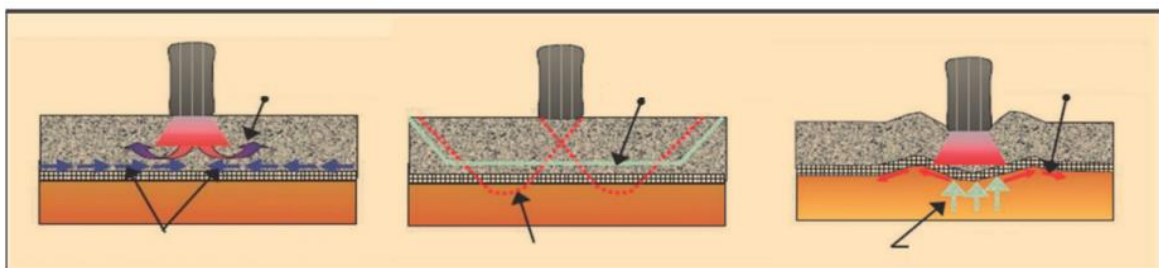


Figura 11. Mecanismos de refuerzo inducido por geomalla

Fuente. <https://bit.ly/3dR6zIC>

Para calcular la capacidad de soporte de un material, se tomó como patrón una muestra de suelo de una cantera de California, los valores y el procedimiento de la obtención de estos datos fueron puestos a disposición en 1929 por los renombrados ingenieros Stanton y Porter, estos desarrollaron dichos ensayos con el fin de medir

la capacidad de carga existente en los suelos para el desarrollo en el ámbito de la ingeniería civil. Ojeda, Mendoza y Baltazar. (2020, p. 196)

El CBR fue puesto para saber la resistencia al corte que se origina sobre el suelo imponiendo condiciones relativas a la humedad y en cuanto a su densidad controlada. Hallando la relación de soporte para un suelo controlado mas no in situ. Sandoval y Rivera (2019, p. 138).

Según Sandoval y Rivera (2019, p. 138) El CBR se encarga de determinar la resistencia al corte del suelo, para poder así evaluar la calidad del suelo y ser usado en la conformación de una estructura vial. Este viene enlazado con la cantidad de agua óptima.

De acuerdo a la metodología planteada por AASHTO-93 para el diseño de obras viales emplean ecuaciones empíricas con la cual se halla el parámetro, que se le conoce como número estructural (SN), tiene como función principal calcular el espesor de las capas las cuales conformaran la estructura del pavimento, García (2015, p. 3).

Los ejes equivalentes “carga por eje equivalente”, se ha convertido a partir de los pesos y tipos de ejes según los vehículos que se evaluaron tras la medición del flujo vehicular. Barreto, Banguera y Córdova. (2018, p. 61)

$$W_{18} = TPD * \% A * \% B * 365 * \frac{((1 + r)^n - 1) * FC}{Ln (1 + r)}$$

Donde:

W_{18} = Numero de ejes equivalentes de 8.2 ton.

$TPDA$ = Tránsito promedio diario anual.

A = Porcentaje estimado de vehículos (pesados).

B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño.

R = Tasa de crecimiento anual de tránsito.

n = Periodo de diseño.

Fc = Factor camión.

La confiabilidad que se empleará a lo largo del diseño del pavimento clásico se proyectará con los próximos valores “R” involucrados de acuerdo con la AASHTO que van desde 50 a 99.99, esta se aprecia en la tabla 10.

Tabla 10. Niveles de confiabilidad

NIVELES DE CONFIABILIDAD “R”	
Clasificación Funcional	Nivel recomendado por AASHTO para carreteras
Carretera Interestatal o Autopista	80.00 – 99.99
Red Principal o Federal	75.00 – 95.00
Red Secundaria o Estatal	75.00 – 95.00
Red Rural o Local	80.00

Fuente. AASHTO (1993).

El módulo resiliente se conceptualiza como la relación que existe entre el esfuerzo desviador total y la deformación axial dentro de una prueba triaxial cíclica, en suelos cohesivos el módulo resiliente depende mucho de la cantidad de agua que posee, Solorzano et al. (2019, p. 226)

A la capacidad de almacenar y absorber energía sin que haya deformaciones se le denomina modulo resiliente, este valor se puede determinar mediante ensayos de laboratorio como el ensayo de triaxial de carga repetida, es una medida que se utiliza para el diseño de pavimentos, sabiendo este valor se puede predecir el comportamiento mecánico de los pavimentos frente a los esfuerzos a las que son sometidos. Muñera y Aguiar (2020, p. 12).

$$M_R = 2555 * CBR^{0.64}$$

Donde:

M_R = Modulo resiliente

CBR = California Bearing Ratio (Sub rasante)

El módulo de elasticidad relaciona los esfuerzos aplicados, y las deformaciones existentes en el pavimento, la sobrecarga vehicular, el nivel de esfuerzos aplicados al suelo por medio de la estructura de las capas del pavimento es poca comparada con las deformaciones en falla, de acuerdo a todo esto se deduce que existe una relación entre los esfuerzos y las deformaciones, Ordoñez. (2015, p. 68)

Una de las propiedades más importante de los suelos es la capacidad de soporte. De acuerdo al comportamiento del suelo al ser sometido a cargas del flujo vehicular, la aparición de deformaciones no solo son consecuencia del tipo de suelo sino de la cantidad de humedad que esté presente, la gradación, etc. Morales (2014, p. 1)

Al número estructural se le define como la capacidad de soportar la sobrecarga del tráfico vehicular, se da en función del espesor de las capas, coeficiente de drenaje y se calcula mediante la siguiente ecuación en función de la figura 12. Vargas (2017, p. 7).

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

Donde:

a_n = Coeficiente de capa

D_n = Espesores de cada capa en pulgadas

m_n = Coeficiente de drenaje

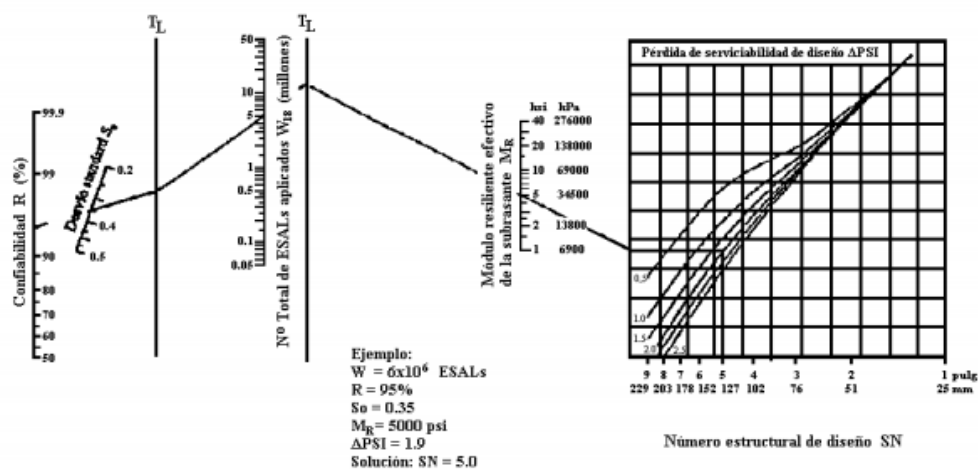


Figura 12. Abaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles.

Fuente. <https://bit.ly/3nlv3qr>

La AASHTO ha elaborado dos manuales para ser tomados como referencia para el manejo de geosintéticos para usarlo como refuerzo en las bases granulares de los pavimentos flexibles. Una de ellas la AASHTO PP 46 que fue publicada en el 2001 y la AASHTO R-50 posterior a la primera, esta última versión actualizada.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Conforme a Hernández (2019, p. 32) sugiere que el tipo de análisis es un conjunto de métodos que se desarrollan para establecer un problema o situación, generándose más conocimientos en el campo en donde se labora.

La presente iniciativa de investigación es de tipo aplicada, debido a que se tomó información de libros, artículos, tesis, etc. El muestreo de agregados, así como además los ensayos que serán realizados en laboratorios serios, para finalmente obtener los resultados de la experimentación para consumir con los metas planteados.

Diseño de investigación

Según Mandeville (2012, p. 151) una investigación debe estar bajo el control del investigador, la características del material investigado, la naturaleza con la cual se hace el tratamiento y los procedimientos que se van a utilizar para realizar la medición, en un diseño experimental se toma un grupo de muestras que serán sometidas a un experimento al momento de realizar las comparaciones de los tratamientos estas sean sin sesgo y sean las más precisas posibles.

La presente investigación posee un diseño de investigación experimental ya que primero se definieron y eligieron, luego se definió el tratamiento (incorporación de geomallas y el porcentaje de compactación) se especificaron las variables que se iban a medir en cada unidad y finalmente la cantidad de unidades experimentales en cada grupo (01 grupo patrón y 07 grupos experimentales).

Enfoque de investigación

Según Arias (2014, p. 22) el enfoque de una investigación es un proceso detallado, ordenado y que debe ser controlado, está enfocado en relacionar los métodos de investigación, el propósito del enfoque de estudio es definir si la investigación cuenta con niveles cualitativos o cuantitativos de estudio, esto identifica una investigación como más descriptiva o aplicada posible.

En la investigación desarrollada, el enfoque es de carácter cuantitativo, ya que se operarán bajo valores cuantificables.

Nivel de investigación

De acuerdo a (Hernández et al., 2014, p. 95) los estudios de nivel explicativo tratan de explicar por qué suceden los fenómenos y en que contexto se manifiestan. Con esta definición podemos afirmar que la presente investigación es de nivel explicativo, ya que responde como influye la geomalla triaxial en las propiedades físicas mecánicas de la subrasante.

Método de investigación

Según Sánchez (2019, p. 108) el método hipotético deductivo consiste en la generación de una hipótesis por medio de dos criterios, una universal que enfoca las leyes y las teorías científicas y una segunda que es empírica que es la que busca el problema e incentiva la investigación, para después llevarla a una comprobación o contrastación empírica, este método tiene como finalidad la de explicar y comprender fenómenos; las causas que los generan. A parte también tiene como objetivo la de predecir y controlar fenómenos.

De acuerdo a esta definición podemos afirmar que la presente investigación se usó el método hipotético deductivo debido a que hubo un planteamiento de un problema, se generó una hipótesis a partir de esta una deducción de las consecuencias de la hipótesis y con una contrastación a través de un método paramétrico (ANOVA), se aceptó la hipótesis.

3.2. Variables y operacionalización de variables

Según (Hernández et al., 2014, p. 80) una variable es un o varios elementos que van a ser medidos que pueden ser sometidos a cambios. Y la operacionalización vienen a ser un conjunto de procedimientos o indicaciones con el que se miden las variables, en esta se busca detallar la mayor cantidad de características de las variables, el cuadro de operacionalización de variables se detalla en el anexo.

Variable independiente: Geomallas triaxiales

Definición Conceptual: Las geomallas son elementos que se pueden usar dentro de la estructura del pavimento, para lograr un mejor desempeño de los servicios

que ofrece al conductor y al peatón. Previene la combinación de materiales de la mezcla y contaminación de materiales, da un mejor drenaje hacia los costados, evita la fuga del fino y refuerza estructuralmente el pavimento. Kari y Olortegui (2019, p. 10).

Definición Operacional: Las geomallas triaxiales se definen como elementos de uso externo para estabilizar suelos, ya que estas brindan un gran cantidad y calidad sobre la capacidad de soporte en la estructura del pavimento flexible, a su vez siendo altamente beneficioso por la reducción de los gastos económicos que produce al influir en la reducción de las capas granulares que contempla la estructura del pavimento.

Dimensiones: Características de soporte, aspecto económico, reducción de espesor.

Indicadores: Propiedades mecánicas de los materiales, gasto económico, valores de soporte (CBR), ESAL de diseño.

Instrumento: Ensayo de laboratorio, Excel, S10.

Escala de Medición: Razón.

Variable Dependiente: Subrasante del pavimento flexible

Definición Conceptual: La subrasante es la superficie culminada de la carretera a nivel de movimiento de tierra (corte y relleno), donde se ubica la estructura del pavimento, siendo el asiento inmediato de la estructura del pavimento y formando parte sobre el prisma de la carretera donde se construye, entre el terreno natural allanado y la estructura del pavimento. Ahumada (2018, p. 52).

Definición Operacional: La subrasante viene a ser el límite existente entre la base o sub base granular con el terreno de fundación, la cual viene a ser determinada por el movimiento de tierras (corte y relleno) sobre la cual se coloca el terraplén.

Dimensiones: Características físicas, características mecánicas.

Indicadores: Granulometría, límites de Atterberg, humedad, densidad Proctor, valor de soporte (CBR).

Instrumento: Ensayos de laboratorio

Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 11. Cuadro de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
V.I. Incorporación de geomallas triaxiales	Las geomallas son elementos que se pueden insertar en la estructura de pavimento, para mejorar sus condiciones de servicios como son las siguientes: Evita la mezcla y contaminación de materiales, favorece el drenaje lateral, evita la fuga del fino, refuerza estructuralmente el pavimento. Maribel Kari & Jhonathan Olortegui (2019).	Las geomallas triaxiales se definen como elementos de uso externo para estabilizar suelos, ya que estas brindan un gran cantidad y calidad sobre la capacidad de soporte en la estructura del pavimento flexible,	Características de soporte Aspecto Económico Reducción de espesor	Propiedades mecánicas de los materiales Gasto económico Valor de Soporte (CBR) ESAL de diseño	Ensayos de laboratorio S10 Ensayo de laboratorio Aforo Vehicular	Razón
V.D. Mejorar la subrasante para pavimentos flexibles	La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se colocará la estructura del pavimento o afirmado, siendo esta el asiento directo de la estructura del pavimento y formando parte sobre el prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento. Leeny Ahumada (2018)	La subrasante viene siendo el terreno de fundación en el cual se sobrepondrá la estructura de un pavimento flexible (Base, Sub base y carpeta de rodadura), esta viene siendo afecta por su capacidad de soporte.	Características físicas Características mecánicas	Granulometría Límites de Atterberg Humedad Valor de Soporte (CBR) Densidad (Proctor)	Ensayo de laboratorio	Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Tamayo (2003, p. 114) menciona que la población es un grupo extenso que contiene diversos elementos (factores de estudio), en que estas dependen del lugar en el que se hará el estudio.

La población en la presente investigación, queda constituida por las Vías de 3ra clase de la región Puno.

Muestra

Asimismo, Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 32) la muestra viene a ser un grupo más pequeño con respecto a la población, que se considera representativamente adecuada del grupo.

La muestra en la presente investigación quedo constituida en la Comunidad de Corpa Maquera, de la carretera llave – Juli, Región Puno.

Muestreo

Según Pino (2018, p.14) el muestreo consiste en tomar una porción de todo un conjunto, para medir sus parámetros.

La presente investigación utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya la selección de los elementos no se realiza con una probabilidad conocida en cada elemento, sino mediante un procedimiento en el que interviene el juicio del investigador, para tomar ciertos elementos en lugar de terceros.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 22) La técnica de recolección de datos es aquella que nos permite visualizar y comprender mediante el sentido de la vista u otro sentimiento un hecho, conjunto de situaciones, fenómeno o contexto de la naturaleza o comunidad, para poder obtener información evidente, por ello se utilizará la técnica de la observación donde se mostrará fichas técnicas, cuadros, gráficos de los ensayos físicos y mecánicos desarrollados en el laboratorio.

En el presente estudio se emplearon las técnicas relacionadas a la recolección de datos, realización de calicatas, toma de muestras, ensayos de laboratorio, aplicación de geomalla a escala real, toma de datos experimentados, análisis de resultados e interpretación de resultados. Todos de suma importancia para poder responder a los objetivos planteados.

Instrumentos de recolección datos

Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 23) El instrumento de acumulación de datos es un recurso del cual se puede valer el investigador, a fin de recopilar información de campo. Así mismo previamente debe contarse con información de datos observables que estén relacionados las variables consideradas por el investigador, es así que se obtendrán fichas de recolección de datos certificados por el laboratorio especificado de acuerdo a los ensayos realizados en la muestra y la dosificación, la cual estará firmado por el profesional laboratorista.

Los instrumentos que fueron utilizados el desarrollo del proyecto de investigación son fichas de recolección de datos, herramientas para calicatas, equipos y herramientas de laboratorio, maquinaria liviana de campo, fichas de toma de datos en campo (escala real), software de análisis de resultados (Excel).

Validez y confiabilidad

La validez es el grado de que un instrumento cuantifica sus variables las cuales son medibles. Los instrumentos aplicados para la recolección de datos y presentados en la presente investigación, están validadas porque fueron normadas y estandarizadas por entidades serias tanto el ASTM y el MTC, como se aprecia en la tabla 12, así mismo fueron validadas por 03 expertos del ámbito de la ingeniería civil, la matriz y la constancia de validación se encuentran detalladas en los anexos.

Tabla 12. *Formatos de laboratorio de que fueron validadas por los expertos*

VALIDEZ	
Indicadores	Norma
Granulometría	MTC E 107-ASTM D 422
Contenido de humedad	MTC E 108-ASTM D2216
Límites de consistencia	MTC E 110 y E 111-ASTM D 4318
Proctor modificado	MTC E 115-ASTM D 1557
Californian Bearing Ratio	MTC E 132-ASTM D 1883
CBR-in situ	MTC E 133-ASTM D 4429

3.5. Procedimientos

Para la obtención de la muestra se realizó la limpieza del terreno con herramientas manuales para la posterior excavación de la calicata, como se aprecia la figura 13.



Figura 13. Limpieza de la zona de excavación

Una vez realizado la limpieza y la delimitación de la zona se procedió a excavar hasta una cierta profundidad, de donde se tomó la muestra, para desarrollar los diferentes ensayos de laboratorio. Tal como se percibe en la figura 14.



Figura 14. Obtención del suelo natural de la calicata C-01

También se extrajo y se talló una muestra inalterada, como se puede apreciar en la figura 15, para la obtención del contenido de humedad que serán hallados en laboratorio.



Figura 15. Extracción de la muestra inalterada

Una vez que obtuvimos la muestra de suelo de la subrasante se procedió a desarrollar los ensayos de laboratorio. Para la selección y aleatoriedad de la muestra, se realizó el cuarteo de la muestra de suelo, como se aprecia en la figura 16, para cada uno de los ensayos a excepción del contenido de humedad natural.



Figura 16. Proceso de cuarteo

Para determinar el contenido de humedad natural presente en el suelo se pesó el recipiente donde se colocó la muestra representativa, posterior a esto se tomó la muestra y se colocó en un horno a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}$, una vez que el material retirado del horno se enfrió a temperatura ambiente, el material seco se

volvió a pesar y a anotar los datos para posteriormente hallar el contenido de humedad.

En cuanto a la granulometría primero se secó la muestra con temperatura ambiente, para la selección del material más fino se realizó el lavado de la muestra a través de la malla N° 200, para posteriormente ser secada en un horno a la temperatura de $110 \pm 5^\circ$, una vez que la muestra estuvo seca se procedió a tamizar desde el tamiz de mayor dimensión por un periodo de 15 minutos, se realizó de manera cuidadosa para no perder material fino, una vez zarandeado se tomó y pesó la cantidad de muestra retenida en cada uno de los tamices, como se muestra en la figura 17.



Figura 17. Tamizado del material de suelo proveniente de la subrasante

Así mismo se realizaron los ensayos de límites de consistencia, para el caso del límite líquido se tomó una muestra de 200 g pasante del tamiz N° 40 se le añadió 20 ml de agua destilada para ser mezclada con la muestra de suelo, cuando ya se obtuvo la muestra se la colocó sobre la copa de Casagrande y se niveló con una espátula, con un acanalador se dividió la muestra de la taza en dos, posterior a eso se procedió a elevar y golpear consecutivamente la taza a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta cerrar la abertura, este procedimiento se realizó tres

veces para golpes de la cuchara de Casagrande en rangos de 15-25, 20-30 y 25-35.

Posteriormente para realizar el límite plástico se tomó una muestra de aproximadamente 20 g pasante del tamiz N° 40 a la cual se fue añadiendo cantidades de agua, hasta formar una masa estable, se tomó un poco de la muestra se formó una esfera con esta y se la estrelló contra una superficie plana, se consideró la muestra adecuada cuando al ser estrellada contra la superficie este no se desmoronara, una vez que se cumplió con eso, se procedió a realizar bastoncitos de barro con un diámetro de 3 mm y que presentasen pequeñas fisuras.

Luego de mezclar la muestra se procedió con hallar el contenido óptimo de humedad a través del ensayo de Proctor modificado, para lo cual se pesó la muestra en una cantidad de 2.5 kg como se aprecia en la figura 18.



Figura 18. Muestra para el ensayo de Proctor modificado

Posteriormente a esto se seleccionó el método que se empleara, se agregó porcentajes de agua destilada, una vez mezclado se colocó una primera capa y se la apisonó con 56 golpes, esta acción se repitió en las siguientes cuatro capas, posterior a esto se quitó el collarín, y se enrazó el material a nivel del recipiente de Proctor que posteriormente fue pesado. Se quitó la base y se tomó una muestra de 500 g de la parte central del espécimen, para obtener el contenido de humedad, se

repitió el proceso para determinar 4 puntos más. Los equipos e instrumentos que se usaron en este ensayo se observan en la figura 19.



Figura 19. Aparatos e instrumentos utilizados



Figura 20. Compactado con el martillo de Proctor

Una vez determinado el contenido de humedad óptimo se procedió con la realización del ensayo de CBR, como se aprecia en la figura 20. Para este ensayo primero se seleccionó una muestra pasante del tamiz de $\frac{3}{4}$ " y se le añadió la cantidad óptima de agua establecida por el ensayo de Proctor modificado, se colocó con un cucharón la muestra en 5 capas y apisonados por el martillo, con 56 golpes, luego se quitó el collarín y se enrazó el espécimen, luego de eso se desmontó el molde para colocar papel filtro entre la base y el molde. Se ubica sobre la superficie

del espécimen invertido, y se le añaden los discos que simulan a las bases granulares, como se examinan en la figura 21.



Figura 21. Especímenes que serán sumergidos

Luego de que se tengan los especímenes listos estos sumergen en agua durante el periodo de 04 días, como se aprecia en la figura 22, sobre el molde se coloca un trípode con un dial, se tomó la primera lectura al inicio y otra al término de las 96 horas.



Figura 22. Saturación de los especímenes

Luego de que transcurrieron las 96 horas se dejó salir el agua durante un periodo de 15 minutos, se retiró las sobrecargas del molde y se procedió a pesarlo para continuar con el proceso de penetración. Se lleva el molde con el contenido de la muestra a la prensa y se le ubicó en el medio del orificio que se encuentra en la muestra dejado por el material usado como sobrecarga, se coloca una carga de 5 kilogramos para que el pistón se asiente. Posterior a esto se colocaron las agujas de los diales en cero, cuando se realizó todo lo mencionado se procedió a aplicar la carga con la prensa a una velocidad de 1.27 mm/min y se anotaron los valores, como se aprecia en la figura 23.



Figura 23. Prensa del Californian Bearing Ratio

Posterior al ensayo de CBR, se realizó el ensayo de CBR *in-situ*, primero se preparó la superficie donde se va realizar el ensayo, retirando el suelo blando con presencia de turba, se niveló la zona de trabajo lo más horizontal y uniforme posible, como se contempla en la figura 24.



Figura 24. Preparación de la superficie donde se realizará el ensayo

Se humedeció el suelo para los diferentes porcentajes de compactación, la humectación se realizó tomando en cuenta la humedad natural que poseía el suelo donde se realizan los ensayos, la humectación del suelo se puede apreciar en la figura 25.



Figura 25. Humectación de la zona de estudio

Luego de tener listo el terreno donde se trabajó se procedió a realizar la compactación del suelo con un equipo liviano de compactación (apisonadora) tal como se visualiza en la figura 26.



Figura 26. Compactación de la subrasante

Luego del proceso de compactación se colocó el geosintético (geomalla triaxial) sobre la subrasante tal como se ve en la figura 27.



Figura 27. Colocación de la geomalla triaxial

Una vez que se terminó de preparar la subrasante se situó el camión directamente sobre el lugar de estudio, se colocó la “gata hidráulica” (es una maquina empleada para la elevación de cargas pesadas) por debajo del dispositivo de control, así mismo se colocan otras dos gatas mecánicas a ambos costados del camión y se procedió a levantarlos como se aprecia en la figura 28.



Figura 28. Equipo de CBR *in-situ*

Se verificó que todo el equipo se encuentre nivelado como se observa en la figura 29, luego de esto se procedió a colocar anillos hasta alcanzar una altura no menor de 125 mm verificando siempre la verticalidad de este, se ubicó platina de un peso de 4.5 kg por debajo del pistón de penetración. Se aplicó el pistón con una carga inicial de aproximadamente 3 psi se coloca el pistón sobre una estrecha capa de material pasante de la malla N° 40.



Figura 29. Verificación del nivelado del terreno

Se le adiciona la sobrecarga a través de discos de platino para simular la intensidad de carga producida por las capas del pavimento, luego se colocó el dial y se marcó en cero, posterior a esto se procedió con la aplicación de la carga a una velocidad de penetración de 1.3 mm por minuto como se observa en la Figura 30. Se

registraron los datos obtenidos cada 0.64 mm de penetración hasta llegar a una profundidad de 12.70 mm.



Figura 30. Aplicación de carga a la subrasante

Al final del ensayo de CBR in-situ se tomó una porción de suelo para poder determinar la humedad y el peso unitario del material que se extrajo a una profundidad de 100 a 150 mm usando el ensayo del cono de arena como se aprecia en la figura 31.



Figura 31. Ensayo de cono de arena

Una vez que ya se contaron con todos los datos requeridos para el cumplimiento de los objetivos, se analizaron, compararon e interpretaron en trabajo de gabinete.

3.6. Método de análisis de datos

En este estudio se hizo uso de la metodología inductiva, ya que con la evaluación de datos conseguidos se pudieron realizar nuestras conclusiones, y para concretar con nuestros objetivos realizar la contrastación de las hipótesis con el software estadístico (SPSS) analizando la variación de los resultados.

3.7. Aspectos éticos

Todo lo redactado en este documento de investigación tiene como prioridad respetar la veracidad y originalidad de los contenidos expuestos en cada capítulo, detallando las citas de acuerdo a las teorías usadas. La información redactada se halla detalladas de manera debida en las referencias bibliográficas, además se registra el título de la obra, autor y número de página respetando el estilo ISO – 690 séptima edición según lo estipula la universidad, así mismo el trabajo que se realizó de campo realizado es de carácter reservado solo para el presente estudio.

A si mismo conforme al artículo 6º, que hace mención respecto a la honestidad del presente estudio cumplió fielmente el valor real de los datos generados para la carretera desvió Desaguadero.

Conforme al artículo 9º, que contempla el aspecto de responsabilidad la presente investigación se rigió en todos los parámetros establecidos por la Universidad Cesar Vallejo, en cuanto a la elaboración de tesis se dio fiel cumplimiento al plazo único de 4 meses que detalla el plan de elaboración de tesis.

Conforme al artículo 14º, que contempla el aspecto de la publicación de investigaciones se procederá a dar el correspondiente consentimiento para la debida inserción en el sistema de la Universidad Cesar Vallejo, con el objetivo de generar nuevas investigaciones y a su misma vez dar pase a nuevos saberes y bases teóricas en el campo de la ingeniería.

Conforme al artículo 15º, que contempla los aspectos de la política anti plagio, la presente investigación mencionó todas las fuentes de donde se emplearon los conceptos, a su misma vez se sometió al uso del programa turnitin, así como también al empleo de la normativa ISO 690.

Conforme al artículo 17º, que contempla los aspectos del investigador principal y personal investigador, en la presente investigación se dio fiel cumplimiento a las enseñanzas y criterios con los que cuenta el docente investigador principal proporcionado por la Universidad Cesar Vallejo.

IV. RESULTADOS

Para lograr efectuar con nuestros objetivos de la presente investigación, se realizaron los ensayos de laboratorio y el trabajo de gabinete siguiente:

Obtención de la muestra

Datos generales

Los datos de ubicación más relevantes de la zona se contemplan en la tabla 13.

Tabla 13. Datos de ubicación de la zona de estudio

Nombre de la vía	Ilave – Juli
Nombre de la comunidad	Corpa Maquera
Distrito	Ilave
Provincia	Collao
Departamento	Puno

En la figura 32 se logra apreciar la imagen satelital de la Carretera Ilave-Juli.



Figura 32. Vista satelital de la Carretera Ilave - Juli

Fuente. <https://bit.ly/3ct4paX>

Características del suelo de Subrasante de la Vía Juli-Ilave

Contenido de humedad

Los resultados obtenidos de contenido de humedad del suelo de subrasante se distinguen en la tabla 14.

Tabla 14. *Contenido de humedad de la muestra de suelo*

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Muestra	Suelo de subrasante
%	14.62

Los datos del contenido de humedad natural se utilizaron para conocer la cantidad de agua que se requiere emplear en la muestra para realizar la compactación.

Granulometría

Del ensayo de granulometría por tamizado, se determinó lo siguiente: La muestra presenta una mayor presencia de material fino que pasa la malla 200. A partir del ensayo granulométrico se determinó el coeficiente de curvatura que es igual a 0 y uniformidad igual a 0, de acuerdo a la tabla 15.

Tabla 15. Resultados del ensayo granulométrico

TAMIZ ASTM	% Que pasa	Peso retenido (g)	% Retenido parcial
3 1/2"	100.0	0	0.0
3"	100.0	0	0.0
2 1/2"	100.0	0	0.0
2"	100.0	0	0.0
1 1/2"	100.0	0	0.0
1"	100.0	1,287	0.0
3/4"	100.0	1,894	0.0
1/2"	100.0	1,602	0.0
3/8"	100.0	896	0.0
#4	100.0	1,160	0.0
#10	98.73	3.47	1.27
#20	96.81	5.26	1.92
#40	94.86	5.31	1.94
#100	92.21	7.72	2.66
#200	90.26	5.32	1.95
Fondo	0	246.72	90.26
Cu:	0	Cc:	0

En el figura 33 nos muestra la distribución de la subrasante, dicha muestra posee un 0% de material gravoso, 9.74% de arenas y 90.26% de pasante de la malla N°

200 (menores a 0.074mm). El suelo de la subrasante esta principalmente constituido con un material fino.

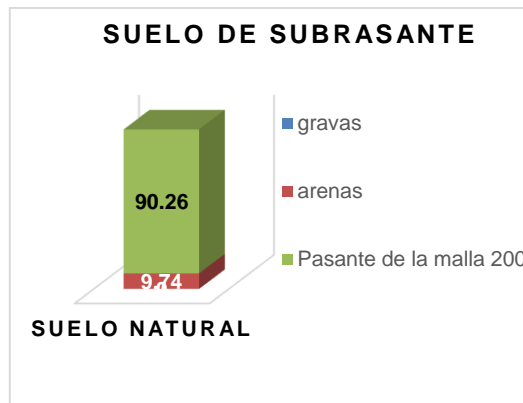


Figura 33. Distribución del suelo

Límites de consistencia

En la tabla 16, se puede apreciar datos obtenidos a través de los ensayos de Atterberg (límites de consistencia).

Tabla 16. Resultados de límites de consistencia

Límites de Consistencia		
Descripción		Suelo de subrasante
Límite Líquido	%	40.81
Límite Plástico	%	24.89
Índice de Plasticidad	%	15.92

Del resultado que se obtuvo a partir de los ensayos de granulometría por tamizado y de los límites de consistencia podemos clasificar el suelo evaluado, aduciendo que se trata de un suelo constituido de material arcilloso inorgánico de plasticidad baja a media (CL) según la clasificación de SUCS y un suelo A – 6 (11) según la clasificación AASHTO.

Proctor modificado

Del ensayo de compactación Proctor de la variante modificado se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla 16.

Del ensayo de compactación Proctor modificado que se realizó, se calculó la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, cuyos resultados se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados de Proctor modificado

Ensayo de Proctor Modificado		Suelo de subrasante
Máxima densidad seca	g/cm ³	1.793
Óptimo contenido de humedad	%	16.30

Una vez obtenidos los datos requeridos, podemos apreciar que se logró que la mayor densidad seca de 1.793 gr/cm³ y un óptimo contenido de 16.30, como se visualiza en la figura 34.

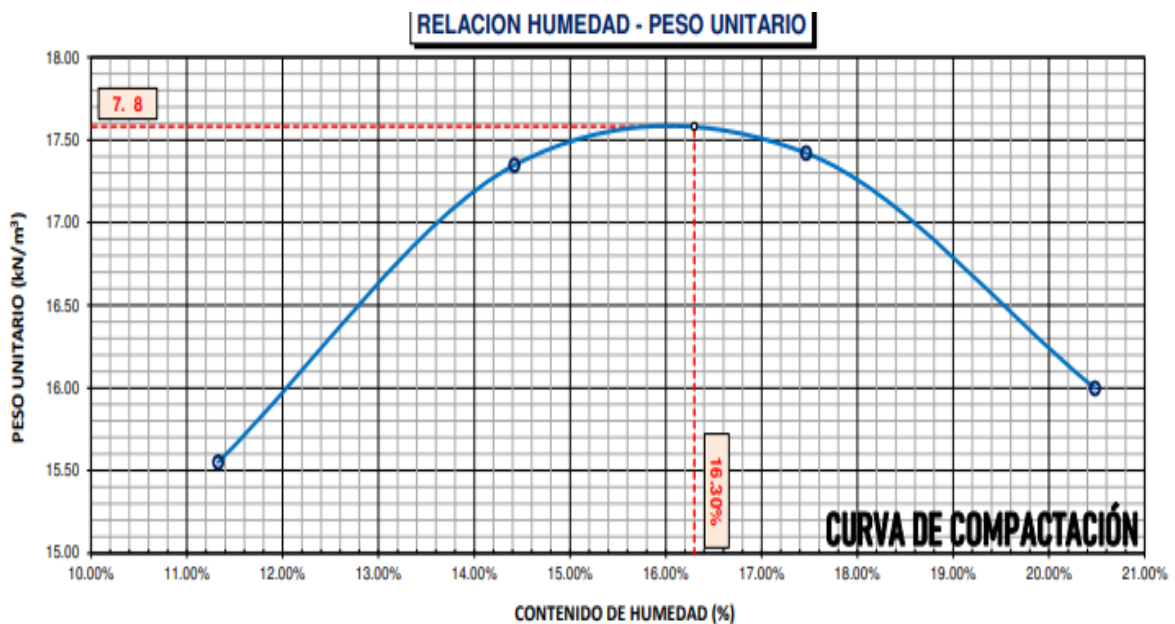


Figura 34. Curva de compactación

Californian Bearing Ratio

Luego de realizar el ensayo de capacidad de soporte, donde se obtuvieron los datos que se distinguen en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados de capacidad de soporte laboratorio

Descripción	N° de muestra	MDS KN/m3	HO (%)	EC (golpes)	Esfuerzo en el Pistón (MPa)	CBR por golpes Pen: 0.1" (%)	CBR al 100% MDS Pen: 0.1" (%)
CBR	1°	17.58	16.30	12	0.35	1%	4.90%
				25	0.18	3%	
				56	0.175	5%	

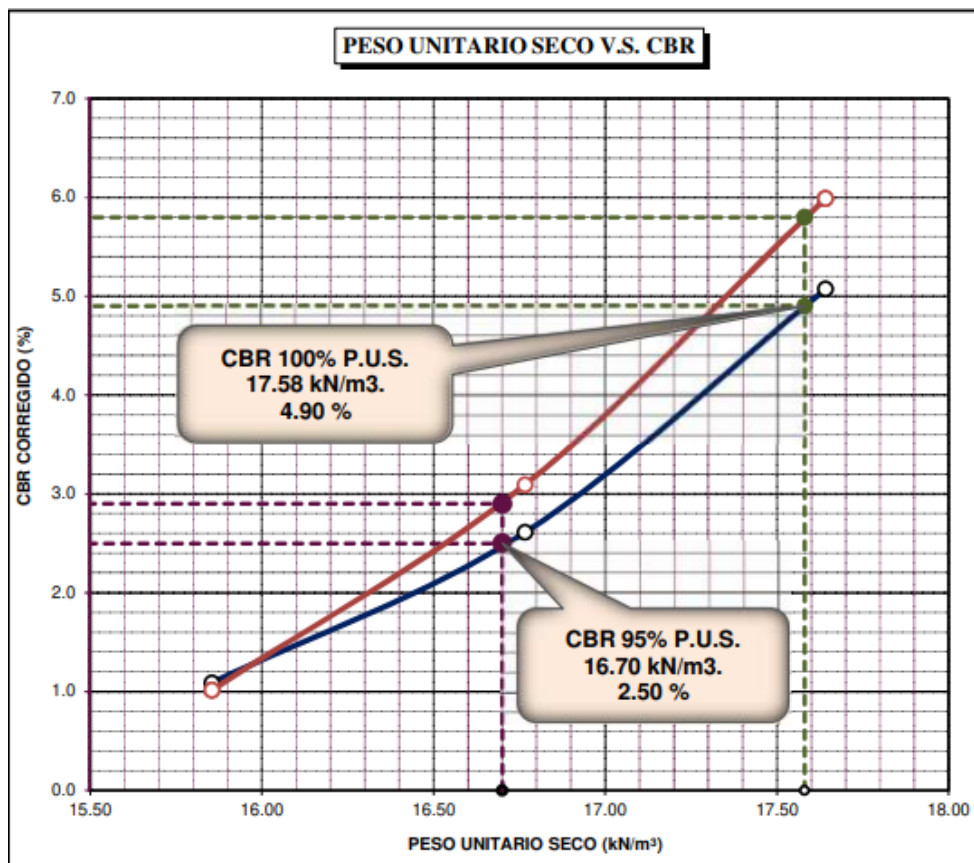


Figura 35. Peso unitario seco vs. CBR

De la figura 35 podemos asegurar que al 100% del peso unitario seco se logró alcanzar un 4.90% de CBR en la subrasante, lo cual podríamos clasificar como una subrasante de pobre calidad.

CBR *in-situ*

Luego de realizado los ensayos en laboratorio, nos constituimos al lugar donde se encuentra la vía llave – Juli para realizar el ensayo de CBR *in-situ*, donde se obtuvieron los datos que se aprecian en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados de CBR *in-situ*

Nivel de Compactación	CBR <i>in-situ</i>	Suelo de subrasante
AI 73%	Capacidad de Soporte (con la adición de las geomallas triaxiales)	20%
AI 92%	Capacidad de Soporte (con la adición de las geomallas triaxiales)	26%
AI 95%	Capacidad de Soporte (con la adición de las geomallas triaxiales)	32%
AI 100%	Capacidad de Soporte (con la adición de las geomallas triaxiales)	36%

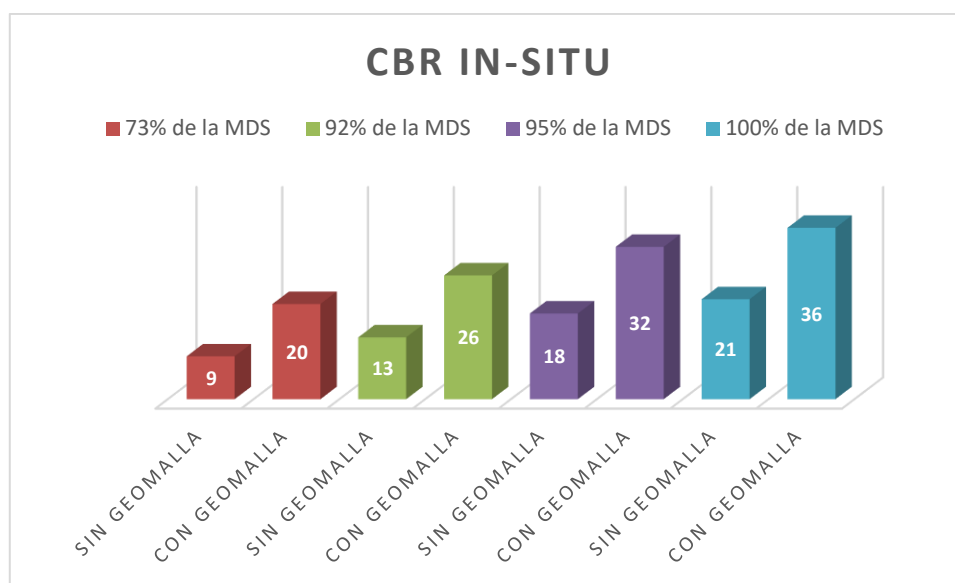


Figura 36. Comparación de CBR de resultados con la geomalla triaxial

De los datos obtenidos y detallados en la figura 36 podemos deducir que la incorporación de geomallas a la subrasante influyó de manera netamente positiva, ya que incrementó los valores de la capacidad de soporte pasando de ser una subrasante muy buena a una subrasante de mejores características (podría ser usada para una sub base).

Diseño de espesores de las capas del pavimento flexible sin la adición de geomallas

AI 73% de la MDS

Los espesores que se obtuvo se detallan en la tabla 20, los cuales se hallaron usando los métodos establecidos por el manual ASSHTO 93.

Tabla 20. *Espesores obtenidos del pavimento flexible (sin geomallas)*

Pavimento Flexible	
Descripción	Espesor(cm)
Sub base granular	74
Base granular	20
Carpeta asfáltica	6

AI 92% de la MDS

En la tabla 21 se aprecia los valores obtenidos según el método con relación al manual AASHTO 93.

Tabla 21. *Espesores obtenidos del pavimento flexible (sin geomallas)*

Pavimento Flexible	
Descripción	Espesor(cm)
Sub base granular	65
Base granular	20
Carpeta asfáltica	6

AI 95% de la MDS

En la tabla 22 se puede apreciar los valores obtenidos según el método establecido en el manual AASHTO 93.

Tabla 22. *Espesores obtenidos del pavimento flexible (sin geomallas)*

Pavimento Flexible	
Descripción	Espesor(cm)
Sub base granular	56
Base granular	20
Carpeta asfáltica	6

Al 100% de la MDS

En la tabla 23 se puede apreciar los valores obtenidos según el método establecido en el manual AASHTO 93.

Tabla 23. *Espesores obtenidos del pavimento flexible (sin geomallas)*

Pavimento Flexible	
Descripción	Espesor(cm)
Sub base granular	54
Base granular	20
Carpeta asfáltica	6

Con la adición de geomallas triaxiales

Los espesores obtenidos con la adición de geomallas triaxiales sobre el suelo de subrasante, los cuales se hallaron usando los métodos establecidos por el manual ASSHTO 93, los cálculos se detallan en los anexos del presente estudio.

Al 73% de la MDS

En la tabla 24 se puede apreciar los valores obtenidos.

Tabla 24. *Espesores obtenidos del pavimento flexible (con geomallas)*

Pavimento Flexible	
Descripción	Espesor(cm)
Sub base granular	54
Base granular	20
Carpeta asfáltica	6

Al 92% de la MDS

En la tabla 25 observamos los valores obtenidos según el método establecido en el manual AASHTO 93

Tabla 25. *Espesores obtenidos del pavimento flexible (con geomallas)*

Pavimento Flexible	
Descripción	Espesor(cm)
Sub base granular	48
Base granular	20
Carpeta asfáltica	6

Al 95% de la MDS

En la tabla 26 se puede apreciar los valores obtenidos según el método establecido en el manual AASHTO 93.

Tabla 26. *Espesores obtenidos del pavimento flexible (con geomallas)*

Pavimento Flexible	
Descripción	Espesor(cm)
Sub base granular	43
Base granular	20
Carpeta asfáltica	6

Al 100% de la MDS

En la tabla 27 se puede apreciar los valores obtenidos según el método establecido en el manual AASHTO 93.

Tabla 27. *Espesores obtenidos del pavimento flexible (con geomallas)*

Pavimento Flexible	
Descripción	Espesor(cm)
Sub base granular	41
Base granular	20
Carpeta asfáltica	6

Con los dos diseños de los espesores del pavimento flexible se logra observar que con la incorporación de geomallas triaxiales el espesor de la subbase granular se redujo en un 24.07%, la base granular con un 0% y la carpeta asfáltica con un 0%.

Elaboración del presupuesto del pavimento flexible

Debido a que existe una variación en el espesor de la subbase granular, se realizó la comparación respecto a los presupuestos para la conformación de la capa con la incorporación de geomallas triaxiales y sin su incorporación, la cual se procede a detallar.

En la tabla 28 se aprecia el análisis de precios unitarios para la conformación de 1 metro cúbico de subbase granular.

Tabla 28. Análisis de precios unitarios para 1m³ de subbase granular

Partida	001.A		SUB BASE GRANULAR				
Rendimiento	M3/DÍA	MO. 1,020.0000	EQ. 1,020.0000	Costo unitario directo por: M3			34.18
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0189	18.44	0.35	
0147010004	PEON	HH	4.0000	0.0755	11.58	0.87	
1.22							
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.22	0.06	
0349030046	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP 101-135 HP 10-12T	HM	1.0000	0.0200	135.08	2.70	
0349090001	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	1.0000	0.0200	187.97	3.76	
6.52							
Subpartidas							
930101930306	MATERIAL GRANULAR P/SUBBASE	M3		1.2000	20.54	24.65	
930101130101	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1200	17.94	2.15	
26.80							

En la tabla 29 se aprecia el análisis de precios unitarios para la conformación de 1 metro cúbico de base granular.

Tabla 29. Análisis de precios unitarios para 1m³ de base granular

Partida	002.A		BASE GRANULAR				
Rendimiento	M3/DÍA	MO. 1,020.0000	EQ. 1,020.0000	Costo unitario directo por: M3			110.69
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0189	18.44	0.35	
0147010004	PEON	HH	4.0000	0.0755	11.58	0.87	
1.22							
Materiales							
0201010018	ACEITE MULTIGRADO 15w-40	gal		0.0300	40.00	1.20	
0201040003	DIESEL BS 50	gal		0.1200	12.60	1.51	
0207030001	HORMIGÓN	M3		0.2000	4.50	0.90	
3.61							
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.22	0.06	
0349030046	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP 101-135 HP 10-12T	HM	1.0000	0.0229	135.08	3.09	
0349090001	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP	HM	1.0000	0.0229	187.97	4.30	
7.45							
Subpartidas							
930101930306	MATERIAL GRANULAR P/BASE	M3		1.2000	80.22	96.26	
930101130101	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.1200	17.94	2.15	
98.41							

En la tabla 30 se aprecia el análisis de precios unitarios para la conformación de 1 metro cúbico de carpeta asfáltica.

Tabla 30. Análisis de precios unitarios para 1m³ de carpeta asfáltica

Partida	003.A		CARPETA ASFÁLTICA				
Rendimiento	M3/DÍA	MO. 250.00	EQ. 250.00	Costo unitario directo por: M3			177.18
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	HH	1.0000	0.0320	18.44	0.59	
0147010004	PEON	HH	8.0000	0.2560	11.58	2.96	
						3.55	
	Materiales						
0201010018	ACEITE MULTIGRADO 15w-40	gal		0.0300	40.00	1.20	
0201040003	DIESEL BS 50	gal		0.1200	12.60	1.51	
0207030001	HORMIGÓN	M3		0.2000	4.50	0.90	
						3.61	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.95	0.15	
0349030046	RODILLO MECÁNICO AUTOP 101-135 HP 10-20T	HM	1.0000	0.0320	135.08	3.09	
0349030052	RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 58-70 HP 8-10T	HM	1.0000	0.0320	201.87	6.46	
0349090001	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	1.0000	0.0320	110.81	4.30	
						14.00	
	Subpartidas						
930101930306	PREP. MEZCLA ASFÁLTICA	M3		1.2500	81.29	101.61	
930101130101	PIEDRA (P/ASFALTO)	M3		1.0000	22.82	22.82	
930101130402	ARENA (P/ASFALTO)	M3		1.0000	31.59	31.59	
						156.02	

Cantidad de volumen de material granular

Para el volumen a utilizar de material granular requerido para la conformación de la subbase, se tomará en cuenta para un pavimento flexible de 7.30m de ancho de calzada y un talud de 1.50H:1.00V y para 1km de vía (ver figuras 37 y 38).

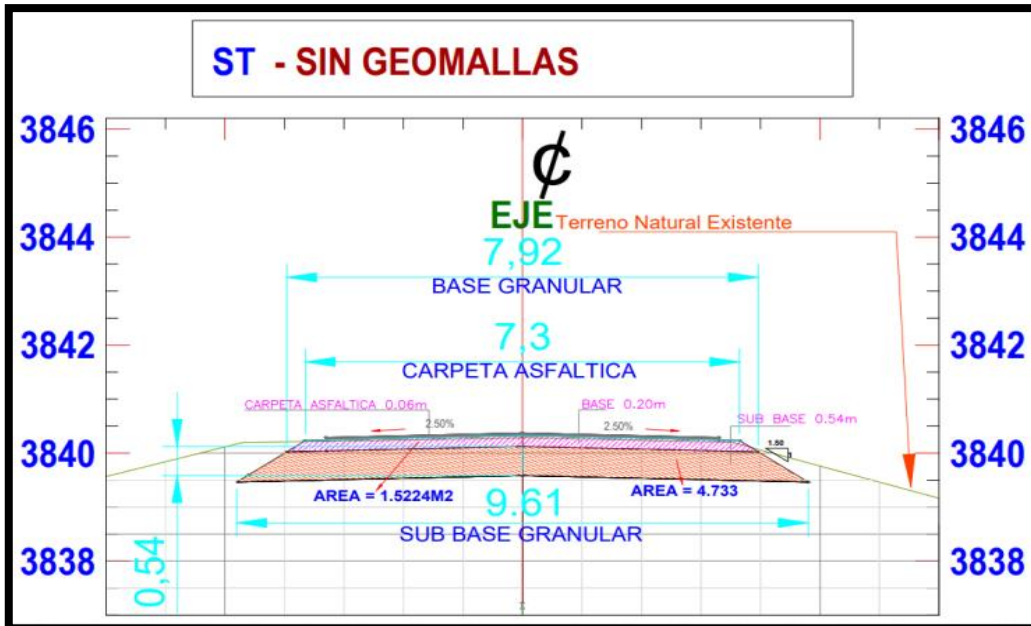


Figura 37. Sección del pavimento sin las geomallas triaxiales

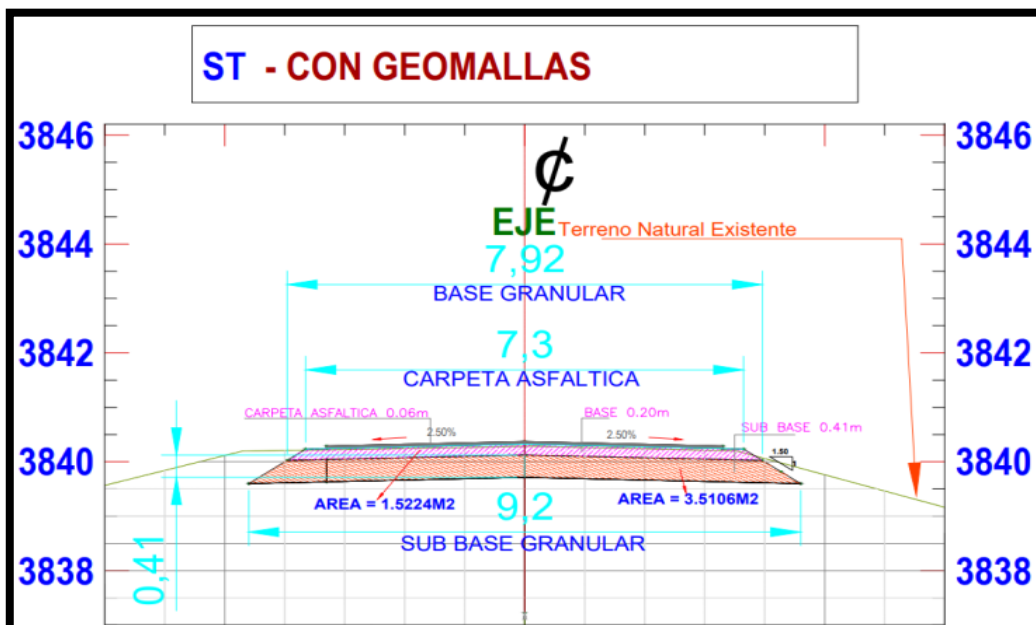


Figura 38. Sección de pavimento con las geomallas triaxiales

$$V = [0.5(B + b)h] \times t$$

Donde

V=volumen de material granular

h= espesor de capa

B= Base mayor

b= base menor

t= distancia del tramo

En la tabla 31 se puede apreciar el volumen de material para la conformación de capas granulares y la carpeta asfáltica con la incorporación de las geomallas triaxiales.

Tabla 31. *Volumen de material con la incorporación de geosintéticos*

Pavimento Flexible con geomallas triaxiales en la subrasante	
Descripción	Volumen(m3)
Sub base granular	3510.6
Base granular	1522.4
Carpeta asfáltica	438.0

En la tabla 32 se puede apreciar el volumen de material para la conformación de capas granulares y la carpeta asfáltica sin la incorporación de las geomallas triaxiales.

Tabla 32. *Volumen de material sin la incorporación de geosintéticos*

Pavimento Flexible sin geomallas triaxiales en la subrasante	
Descripción	Volumen(m3)
Sub base granular	4733.0
Base granular	1522.4
Carpeta asfáltica	438.0

De acuerdo a los volúmenes obtenidos de las capas granulares y de la carpeta asfáltica, además del precio unitario de cada componente del pavimento flexible se obtienen los costos para un pavimento flexible convencional que se señalan en la tabla 33.

Tabla 33. *Presupuesto pavimento convencional*

Pavimento Flexible sin geomallas triaxiales en la subrasante			
Descripción	Volumen (m3)	P.U. (S/.)	Total (S/.)
Sub base granular	4733.0	34.18	161,773.94
Base granular	1522.4	110.69	168,514.46
Carpeta asfáltica	438.0	177.18	77,604.84
		TOTAL	407,893.24

De acuerdo a los volúmenes obtenidos de las capas granulares y de la carpeta asfáltica, además del precio unitario de cada componente del pavimento flexible se obtienen los costos de un pavimento flexible con la incorporación de las geomallas triaxiales que se señalan en la tabla 34.

Tabla 34. *Presupuesto pavimento flexible con la incorporación de geomallas*

Pavimento Flexible con geomallas triaxiales en la subrasante			
Descripción	Volumen (m3)	P.U. (S/.)	Total (S/.)
Sub base granular	3510.6	34.18	119,992.31
Base granular	1522.4	110.69	168,514.46
Carpeta asfáltica	438.0	177.18	77,604.84
Incorporación del geosintético			
Descripción	Área (m2)	P.U. (S/.)	Total (S/.)
Geomalla triaxial	9200	11.17	102,764.00
		TOTAL	468,875.61

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 33 y 34 se deduce que el costo de la conformación de la subbase granular se reduce en un 24.07%, pero teniendo en consideración la incorporación de las geomallas triaxiales el costo general se incrementa en un 16.22% del total.

Prueba estadística

Para desarrollar el análisis estadístico se recomienda algunos criterios para seleccionar la prueba estadística las cuales detallaremos:

Tipo de estudio

Aplicativo.

Nivel de estudio

Explicativo.

Diseño de estudio

Experimental.

Tipo de variable

Variable Numérica.

Objetivo del estudio

Mejorar

Ya tomando estos criterios se dedujo la Prueba Estadística ANOVA (Análisis de varianza), debido a que se poseen más de 2 grupos la cual será procesada mediante el Software Microsoft Excel y el Statistical Package for Social Sciences.

Planteamiento de Hipótesis

Los reportes del SPSS se contemplan dentro del anexo 3.

H₀: Las medias de los grupos son iguales estadísticamente.

H₁: No todas las medias de los grupos son iguales estadísticamente.

Nivel de significancia

El nivel de significancia será de 5% puesto que es un valor que se utiliza comúnmente.

Lectura del P-valor y toma de decisión

P-valor $\geq \alpha$ (Aceptamos H₀)

P-valor $< \alpha$ (Aceptamos H₁)

Prueba estadística para los resultados de CBR

En la prueba estadística Análisis de Varianza como primer paso se comprueba si tiene distribución normal mediante las pruebas de normalidad, en este caso se analizará con la prueba de Shapiro Wilk porque los datos que se tienen son menores a 50, como se examina en la tabla 35.

Vemos que en la precedente tabla los valores de significancia (p-valor) son mayores a nuestro valor de alfa (0.05), por consiguiente, tienen una distribución normal, esto nos indica que se puede aplicar la prueba paramétrica Análisis de Varianzas (ANOVA).

Tabla 35. Prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad							
	Proporción respecto a la Máxima Densidad Seca SG	Kolmogorov - Smirnov ^a			Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR in - situ	al 73%	0.192	3	.	0.997	3	0.896
	al 92%	0.226	3	.	0.983	3	0.751
	al 95%	0.214	3	.	0.989	3	0.803
	al 100%	0.182	3	.	0.999	3	0.935
	Proporción respecto a la Máxima Densidad Seca CG						
	al 73%	0.239	3	.	0.975	3	0.699
	al 92%	0.224	3	.	0.984	3	0.760
	al 95%	0.239	3	.	0.975	3	0.698
	al 100%	0.314	3	.	0.893	3	0.363
	a. Corrección de significación de Lilliefors						

Otro de los supuestos que se debe cumplir para realizar la prueba paramétrica de ANOVA es que las muestras posean igualdad de varianzas (homocedasticidad) para lo cual se realiza el test de Levene tal como se puede apreciar en la tabla 36.

Tabla 36. Prueba de homogeneidad de varianzas del CBR

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CBR in situ	Se basa en la media	2.667	7	16	0.051
	Se basa en la mediana	0.759	7	16	0.629
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.759	7	4.140	0.648
	Se basa en la media recortada	2.490	7	16	0.062

De la tabla anterior se aprecia que los valores de significancia son mayores al p-valor (0.05) por lo que se puede afirmar que la varianza de los grupos es estadísticamente igual por lo que existe homogeneidad de varianzas, por lo tanto se puede realizar la prueba paramétrica de ANOVA.

En la tabla 37 se puede apreciar el detalle de la variable CBR.

Tabla 37. Descripción de las variables

Descriptivos								
CBR in-situ								
Proporción respecto a la MDS SG	N	Media	Desv. (Desviación)	Desv. (Error)	95% del intervalo de confianza para la media		Mín.	Máx.
					Límite inferior	Límite superior		
al 73%	3	8.600	0.7962	0.4597	61622	10,578	7,8	9,4
al 92%	3	18.263	0.9531	0.5503	15.896	20,631	17,4	19,3
al 95%	3	20.433	1.2365	0.7139	17.362	23,505	19,1	21,6
al 100%	3	32.417	2.4664	0.4240	26.290	38,544	30,0	34,9
Proporción respecto a la MDS CG								
al 73%	3	12.897	0.8100	0.4677	10.884	14,909	12,2	13,8
al 92%	3	20.530	1.3153	0.7594	17.263	23.797	19,1	21,7
al 95%	3	26.273	1.1746	0.6782	23.355	29.191	25,2	27,5
al 100%	3	36.230	3.3363	2.2149	26.700	45.760	33,3	40,6
Total	24	21.955	9.0555	1.8484	18.132	25.779	7,8	40,6

Con todos los datos mostrados se desarrolla la prueba de análisis de varianza.

Tabla 38. Prueba de ANOVA

ANOVA					
CBR in-situ					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1830.762	7	261.537	75.704	0.000
Dentro de grupos	55.276	16	3.455		
Total	1886.038	23			

De la tabla 38 se tiene un valor de significancia (p-valor) de $0.000 < 0.05$ (α), lo cual indica que aceptamos la hipótesis de trabajo (H1), que todas las medias de los grupos (73% de la MDS + geomalla, 92% de la MDS + geomalla, 95% de la MDS + geomalla, 100% de la MDS + geomalla, 73% de la MDS, 92% de la MDS, 95% de la MDS, 100% de la MDS), son distintas, es decir existe estadísticamente diferencias significativas.

Para comprobar que existe una diferencia significativa se realiza una post prueba, la cual se denomina la prueba de Tukey.

Tabla 39. Comparación múltiple de cada uno de los resultados de CBR

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: CBR_in-situ						
HSD Tukey						
Proporción (I)	Proporción (J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
al 73% de la MDS SG	al 92% de la MDS SG	-9.6633 [*]	1.5176	.000	-14.918	-4.409
	al 95% de la MDS SG	-11.8333 [*]	1.5176	.000	-17.088	-6.579
	al 100% de la MDS SG	-23.8167 [*]	1.5176	.000	-29.071	-18.562
	al 73% de la MDS CG	-4.2967	1.5176	.155	-9.551	.958
	al 92% de la MDS CG	-11.9300 [*]	1.5176	.000	-17.184	-6.676
	al 95% de la MDS CG	-17.6733 [*]	1.5176	.000	-22.928	-12.419
	al 100% de la MDS CG	-27.6300 [*]	1.5176	.000	-32.884	-22.376
al 92% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	9.6633 [*]	1.5176	.000	4.409	14.918
	al 95% de la MDS SG	-2.1700	1.5176	.831	-7.424	3.084
	al 100% de la MDS SG	-14.1533 [*]	1.5176	.000	-19.408	-8.899
	al 73% de la MDS CG	5.3667 [*]	1.5176	.044	.112	10.621
	al 92% de la MDS CG	-2.2667	1.5176	.800	-7.521	2.988
	al 95% de la MDS CG	-8.0100 [*]	1.5176	.001	-13.264	-2.756
	al 100% de la MDS CG	-17.9667 [*]	1.5176	.000	-23.221	-12.712
al 95% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	11.8333 [*]	1.5176	.000	6.579	17.088
	al 92% de la MDS SG	2.1700	1.5176	.831	-3.084	7.424
	al 100% de la MDS SG	-11.9833 [*]	1.5176	.000	-17.238	-6.729
	al 73% de la MDS CG	7.5367 [*]	1.5176	.003	2.282	12.791
	al 92% de la MDS CG	-.0967	1.5176	1.000	-5.351	5.158
	al 95% de la MDS CG	-5.8400 [*]	1.5176	.024	-11.094	-.586
	al 100% de la MDS CG	-15.7967 [*]	1.5176	.000	-21.051	-10.542
al 100% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	23.8167 [*]	1.5176	.000	18.562	29.071
	al 92% de la MDS SG	14.1533 [*]	1.5176	.000	8.899	19.408
	al 95% de la MDS SG	11.9833 [*]	1.5176	.000	6.729	17.238

	al 73% de la MDS CG	19.5200 ⁺	1.5176	.000	14.266	24.774
	al 92% de la MDS CG	11.8867 ⁺	1.5176	.000	6.632	17.141
	al 95% de la MDS CG	6.1433 ⁺	1.5176	.016	.889	11.398
	al 100% de la MDS CG	-3.8133	1.5176	.257	-9.068	1.441
al 73% de la MDS CG	al 73% de la MDS SG	4.2967	1.5176	.155	-.958	9.551
	al 92% de la MDS SG	-5.3667 ⁺	1.5176	.044	-10.621	-.112
	al 95% de la MDS SG	-7.5367 ⁺	1.5176	.003	-12.791	-2.282
	al 100% de la MDS SG	-19.5200 ⁺	1.5176	.000	-24.774	-14.266
	al 92% de la MDS CG	-7.6333 ⁺	1.5176	.002	-12.888	-2.379
	al 95% de la MDS CG	-13.3767 ⁺	1.5176	.000	-18.631	-8.122
	al 100% de la MDS CG	-23.3333 ⁺	1.5176	.000	-28.588	-18.079
al 92% de la MDS CG	al 73% de la MDS SG	11.9300 ⁺	1.5176	.000	6.676	17.184
	al 92% de la MDS SG	2.2667	1.5176	.800	-2.988	7.521
	al 95% de la MDS SG	.0967	1.5176	1.000	-5.158	5.351
	al 100% de la MDS SG	-11.8867 ⁺	1.5176	.000	-17.141	-6.632
	al 73% de la MDS CG	7.6333 ⁺	1.5176	.002	2.379	12.888
	al 95% de la MDS CG	-5.7433 ⁺	1.5176	.027	-10.998	-.489
	al 100% de la MDS CG	-15.7000 ⁺	1.5176	.000	-20.954	-10.446
al 95% de la MDS CG	al 73% de la MDS SG	17.6733 ⁺	1.5176	.000	12.419	22.928
	al 92% de la MDS SG	8.0100 ⁺	1.5176	.001	2.756	13.264
	al 95% de la MDS SG	5.8400 ⁺	1.5176	.024	.586	11.094
	al 100% de la MDS SG	-6.1433 ⁺	1.5176	.016	-11.398	-.889
	al 73% de la MDS CG	13.3767 ⁺	1.5176	.000	8.122	18.631
	al 92% de la MDS CG	5.7433 ⁺	1.5176	.027	.489	10.998
	al 100% de la MDS CG	-9.9567 ⁺	1.5176	.000	-15.211	-4.702
al 100% de la MDS CG	al 73% de la MDS SG	27.6300 ⁺	1.5176	.000	22.376	32.884
	al 92% de la MDS SG	17.9667 ⁺	1.5176	.000	12.712	23.221
	al 95% de la MDS SG	15.7967 ⁺	1.5176	.000	10.542	21.051
	al 100% de la MDS SG	3.8133	1.5176	.257	-1.441	9.068
	al 73% de la MDS CG	23.3333 ⁺	1.5176	.000	18.079	28.588
	al 92% de la MDS CG	15.7000 ⁺	1.5176	.000	10.446	20.954
	al 95% de la MDS CG	9.9567 ⁺	1.5176	.000	4.702	15.211

De la tabla 39 se observa que la gran mayoría de los valores de significancia son menores a 0.05 (α) por lo cual entre ambos grupos de cada fila existen diferencias significativas, es decir, no todas las medias de los grupos son significativamente iguales.

Tabla 40. *Sub conjuntos de Tukey*

CBR in situ					
HSD Tukey ^a					
Proporción	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
al 73% de la MDS SG	3	8.600			
al 73% de la MDS CG	3	12.897			
al 92% de la MDS SG	3		18.263		
al 95% de la MDS SG	3		20.433		
al 92% de la MDS CG	3		20.530		
al 95% de la MDS CG	3			26.273	
al 100% de la MDS SG	3				32.417
al 100% de la MDS CG	3				36.230
Significancia		0.155	0.800	1.000	0.257
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.					

De la tabla 40 donde vemos que hay diferencias muy significativas en cada uno de los grupos, ya que los grupos se encuentra en diferentes columnas, esto indica que cada grupo son distintos. Al 100% de la MDS con la adición de geomallas triaxiales donde se logra la mayor variación (incremento) del CBR.

Prueba estadística para los resultados de espesor de subbase granular

En la prueba estadística Análisis de Varianza como primer paso se comprueba si tiene distribución normal mediante las pruebas de normalidad, en este caso se analiza con la prueba de Shapiro Wilk porque se cuenta con menores a 50 datos.

Tabla 41. Prueba de distribución normal

Pruebas de normalidad							
	Proporción respecto a la Máxima Densidad Seca SG	Kolmogorov - Smirnov ^a			Shapiro - Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR in - situ	al 73%	0.337	3	.	0.855	3	0.253
	al 92%	0.353	3	.	0.822	3	0.169
	al 95%	0.196	3	.	0.996	3	0.878
	al 100%	0.325	3	.	0.876	3	0.312
	Proporción respecto a la Máxima Densidad Seca CG						
	al 73%	0.375	3	.	0.773	3	0.052
	al 92%	0.310	3	.	0.899	3	0.382
	al 95%	0.356	3	.	0.818	3	0.157
	al 100%	0.284	3	.	0.934	3	0.503
	a. Corrección de significación de Lilliefors						

En la tabla 41 vemos que los datos del (p-valor) son mayores a 0.05 (α), por consiguiente, tienen una distribución normal, esto indica que se puede utilizar la prueba paramétrica Análisis de Varianzas.

Otro de los supuestos que se debe cumplir para realizar la prueba paramétrica de ANOVA es que las muestras posean igualdad de varianzas (homocedasticidad) para lo cual se realiza el test de Levene tal como se puede apreciar en la tabla 36.

Tabla 42. Prueba de homogeneidad de varianzas de la subbase

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CBR in situ	Se basa en la media	1.424	7	16	0.263
	Se basa en la mediana	0.192	7	16	0.983
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.192	7	11.743	0.981
	Se basa en la media recortada	1.236	7	16	0.340

En la tabla 42 se aprecia las características estadísticas de las variables evaluadas.

Tabla 43. Descripción de las variables

Descriptivos								
ESPESOR DE SUBBASE								
Proporción respecto a la Densidad Máxima Seca	N	Media	Desviación	Desv. (Error)	95% del intervalo de confianza para la media		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
al 73% de la DMS SG	3	74.00	3.40735	0.70946	65.534	82.464	52.6	44.9
al 92% de la DMS SG	3	65.00	2.26053	1.3051	59.384	70.615	63.5	67.6
al 95% de la DMS SG	3	56.00	1.35277	.78102	52.6395	59.3605	54.7	57.4
al 100% de la MDS SG	3	54.00	1.22882	.70946	50.9474	57.0526	52.6	54.9
Proporción respecto a la Densidad Máxima Seca								
al 73% de la DMS CG	3	54.00	1.81934	1.05040	49.4805	58.5195	52.9	56.1
al 92% de la DMS CG	3	48.00	3.26956	1.88768	39.8780	56.1220	44.3	50.5
al 95% de la DMS CG	3	43.00	2.43311	1.40475	36.9558	49.0442	41.4	45.8
al 100% de la DMS CG	3	41.00	2.69072	1.55349	34.3159	47.6841	38.0	43.2
TOTAL	24	54.37	10.72191	2.18860	49.8475	58.9025	38.0	77.9

Con todos los datos mostrados se desarrolla la prueba de análisis de varianza.

Tabla 44. Prueba de ANOVA

ANOVA					
Espesor de subbase					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2549.625	7	364.232	61.708	.000
Dentro de grupos	94.440	16	5.903		
Total	2644.065	23			

De la tabla 43 se tiene un valor de significancia. (p-valor) de $0.000 < 0.05$ (α), lo cual indica que aceptamos la hipótesis de trabajo (H_0), que todas las medias de los grupos (73% de la MDS + geomalla, 92% de la MDS + geomalla, 95% de la MDS + geomalla, 100% de la MDS + geomalla, 73% de la MDS, 92% de la MDS, 95% de

la MDS, 100% de la MDS), son distintas, es decir no existe estadísticamente diferencias significativas.

Para comprobar que no existe diferencia significativa se realiza una post prueba, la cual se denomina la prueba de Tukey.

Tabla 45. Comparación múltiple de los espesores de subbase granular

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Espesor de subbase						
HSD Tukey						
(I) Proporción	(J) Proporción	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
al 100% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	20.00000*	1.9836	.000	-26.8678	-13.1322
	al 73% de la MDS CG	.00000	1.9836	1.00	-6.8678	6.8678
	al 92% de la MDS SG	11.00000*	1.9836	.001	-17.8678	-4.1322
	al 92% de la MDS CG	6.00000	1.9836	.111	-8.8678	12.8678
	al 95% de la MDS SG	-2.00000	1.9836	.966	-8.8678	4.8678
	al 95% de la MDS CG	11.00000*	1.9836	.001	4.1322	17.8678
al 100% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	13.00000*	1.9836	.000	6.1322	19.8678
	al 73% de la MDS SG	20.00000*	1.9836	.000	13.1322	26.8678
	al 73% de la MDS CG	20.00000*	1.98368	.000	13.1322	26.8678
	al 92% de la MDS SG	9.00000*	1.98368	.006	2.1322	15.8678
	al 92% de la MDS CG	26.00000*	1.98368	.000	19.1322	32.8678
	al 95% de la MDS SG	18.00000*	1.98368	.000	11.1322	24.8678
al 73% de la MDS SG	al 95% de la MDS CG	31.00000*	1.9836	.000	24.1322	37.8678
	al 100% de la MDS CG	33.00000*	1.9836	.000	26.1322	39.8678
	al 100% de la MDS SG	.00000	1.98368	1.00	-6.8678	6.8678
	al 73% de la MDS SG	-20.00000*	1.98368	.000	-26.8678	-13.1322
	al 92% de la MDS SG	-11.00000*	1.98368	.001	-17.8678	-4.1322
	al 92% de la MDS CG	6.00000	1.98368	.111	-8.8678	12.8678
al 73% de la MDS CG	al 95% de la MDS SG	-2.00000	1.98368	.966	-8.8678	4.8678
	al 95% de la MDS CG	11.00000*	1.98368	.001	4.1322	17.8678
	al 100% de la MDS CG	13.00000*	1.98368	.000	6.1322	19.8678
	al 100% de la MDS SG	11.00000*	1.98368	.001	4.1322	17.8678
	al 73% de la MDS SG	-9.00000*	1.98368	.006	-15.8678	-2.1322
	al 73% de la MDS CG	11.00000*	1.98368	.001	4.1322	17.8678
al 92% de la MDS SG	al 92% de la MDS CG	17.00000*	1.98368	.000	10.1322	23.8678
	al 95% de la MDS SG	9.00000*	1.98368	.006	2.1322	15.8678
	al 95% de la MDS CG	22.00000*	1.98368	.000	15.1322	28.8678
	al 100% de la MDS CG	24.00000*	1.98368	.000	17.1322	30.8678
	al 100% de la MDS SG	-6.00000	1.98368	.111	-12.8678	.8678
	al 73% de la MDS SG	-26.00000*	1.98368	.000	-32.8678	-19.1322
al 92% de la MDS CG	al 73% de la MDS CG	-6.00000	1.98368	.111	-12.8678	.8678
	al 92% de la MDS SG	-17.00000*	1.98368	.000	-23.8678	-10.1322
	al 95% de la MDS SG	-8.00000*	1.98368	.017	-14.8678	-1.1322
	al 95% de la MDS CG	5.00000	1.98368	.254	-1.8678	11.8678
	al 100% de la MDS CG	7.00000*	1.98368	.044	.1322	13.8678
	al 100% de la MDS SG	2.00000	1.98368	.966	-4.8678	8.8678
al 95% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	-18.00000*	1.98368	.000	-24.8678	-11.1322
	al 73% de la MDS CG	2.00000	1.98368	.966	-4.8678	8.8678

	al 92% de la MDS SG	-9.00000*	1.98368	.006	-15.8678	-2.1322
	al 92% de la MDS CG	8.00000*	1.98368	.017	1.1322	14.8678
	al 95% de la MDS CG	13.00000*	1.98368	.000	6.1322	19.8678
	al 100% de la MDS CG	15.00000*	1.98368	.000	8.1322	21.8678
al 95% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	- 11.00000*	1.98368	.001	-17.8678	-4.1322
	al 73% de la MDS SG	- 31.00000*	1.98368	.000	-37.8678	-24.1322
	al 73% de la MDS CG	- 11.00000*	1.98368	.001	-17.8678	-4.1322
	al 92% de la MDS SG	- 22.00000*	1.98368	.000	-28.8678	-15.1322
	al 92% de la MDS CG	-5.00000	1.98368	.254	-11.8678	1.8678
	al 95% de la MDS SG	- 13.00000*	1.98368	.000	-19.8678	-6.1322
	al 100% de la MDS CG	2.00000	1.98368	.966	-4.8678	8.8678
al 100% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	- 13.00000*	1.98368	.000	-19.8678	-6.1322
	al 73% de la MDS SG	- 33.00000*	1.98368	.000	-39.8678	-26.1322
	al 73% de la MDS CG	- 13.00000*	1.98368	.000	-19.8678	-6.1322
	al 92% de la MDS SG	- 24.00000*	1.98368	.000	-30.8678	-17.1322
	al 92% de la MDS CG	-7.00000*	1.98368	.044	-13.8678	-.1322
	al 95% de la MDS SG	- 15.00000*	1.98368	.000	-21.8678	-8.1322
	al 95% de la MDS CG	-2.00000	1.98368	.966	-8.8678	4.8678

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla 44 se tiene que la mayoría de los valores de significancia son menores a 0.05 (α) por lo cual entre ambos grupos de cada fila existen diferencias significativas, es decir, no todas las medias de los grupos son iguales.

Tabla 46. Sub conjuntos de Tukey

Espesor de subbase							
HSD Tukey ^a							
Proporción	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
al 100% de la MDS CG	3	41.0000					
al 95% de la MDS CG	3	43.0000	43.000				
al 92% de la MDS CG	3		48.000	48.000			
al 100% de la MDS SG	3			54.000	54.000		
al 73% de la MDS CG	3			54.000	54.000		
al 95% de la MDS SG	3				56.000		
al 92% de la MDS SG	3					65.000	
al 73% de la MDS SG	3						74.000
Sig.		0.966	0.254	0.111	0.966	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.							
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.							

De la tabla 45 se observa que hay una significativa diferencia en cada uno de los grupos, puesto que cada grupo se encuentra en diferentes columnas, esto indica que cada grupo son distintos. Al 100% de la MDS con la adición de geomallas triaxiales se logra una considerable disminución del espesor de la capa de la subbase.

Prueba estadística para los resultados de Base granular

Debido a que no existe varianza entre la media de los espesores de la base granular no se desarrolla su contrastación de hipótesis, aceptándose que la incorporación de geomallas en la subrasante no influye en la reducción del espesor de la base granular.

Prueba estadística para los resultados de espesor de carpeta asfáltica

Debido a que no existe varianza entre la media de los espesores de la carpeta asfáltica no se desarrolla su contrastación de hipótesis, aceptándose que la incorporación de geomallas en la subrasante no influye en la reducción del espesor de la carpeta asfáltica.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1. Según los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio y de campo, principalmente la capacidad de soporte (propiedad mecánica) se acepta nuestra hipótesis general que señala que la evaluación experimental de incorporación de geomallas triaxiales mejorara la sub rasante de pavimentos flexibles.

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación poseen concordancia con lo que mencionan Montejo y Otero (2016), quienes adicionan geomallas biaxiales logrando incrementar el módulo resiliente (propiedad mecánica) en un 81.9%, en cambio en la presente investigación con la adición de geomallas triaxiales se logró incrementar la capacidad de soporte de un suelo clasificado como CL de 20.72% a 33.33%.

El incremento de las características mecánicas del suelo de subrasante, se traduce como la reducción de espesores de los componentes de la vía en el diseño de pavimentos flexibles.

Discusión 2. Según los datos obtenidos del ensayo de Proctor modificado y Californian Bearing Ratio se acepta nuestra primera hipótesis específica que señala que una buena compactación elevará las características del CBR de la subrasante menores a 6.0% aplicando la incorporación de geomallas triaxiales.

Los resultados que se obtuvo en la presente investigación posee concordancia con lo que señala Arana y Aguilar (2020) quienes con un nivel de compactación al 100% de su máxima densidad seca y usando geomallas biaxiales lograron un CBR de 48.4% cuando se colocó el geosintético en medio de la capa granular (subbase), en cambio en nuestros resultados se obtuvo que cuando se logró un nivel de compactación del 100% se logró valores de capacidad de soporte más altos comparado a los resultados de CBR *in-situ* donde se realizaron compactaciones de 92% y 95%, tal como se puede apreciar en la tabla 45.

Tabla 47. Cuadro comparativo de CBR

Niveles de compactación	CBR (Sin geomalla triaxial)	CBR (con geomalla triaxial)
73% de la MDS	9%	20%
92% de la MDS	13%	26%
95% de la MDS	18%	32%
100% de la MDS	21%	36%

Las diferencias de estos resultados podrían deberse a que en el estudio de Arana y Aguilar (2020) se trabajaron con geomallas biaxiales, y se incorporaron en medio de la Subbase granular, en cambio en el presente estudio se usaron geomallas triaxiales sobre el suelo de subrasante. Y se tenía una caracterización de subrasante muy buena.

Discusión 3. De acuerdo a los valores de CBR con un 100% de MDS y una penetración de 0,1" obtenidos de laboratorio de mecánica de suelos y al ensayo de CBR *in-situ* se acepta la segunda hipótesis específica que indica que una correcta aplicación y compactación desarrollará mejores características mecánicas de la subrasante utilizando la incorporación de geomallas triaxiales.

Los datos que se consiguieron con el ensayo de cono de arena (nivel de compactación) poseen concordancia con lo que señalan Condor y Oñate (2019), que indican que el porcentaje de compactación se reduce con la incorporación de geomallas biaxiales de distribución uniforme, algo parecido sucedió en la presente investigación donde con un nivel de compactación de 100% con la incorporación de geomallas triaxiales se logró un CBR 71.43% mayor donde no se usó la geomalla triaxial y para el caso donde el nivel de compactación de 73% de la MDS con la adición del geosintético se logró un CBR 122.22% mayor respecto a donde no se adicionó la geomalla triaxial.

Discusión 4. De acuerdo a los espesores obtenidos de las capas y carpeta asfáltica con el método AASHTO 93 (con y sin la incorporación de geomallas triaxiales) se acepta la tercera hipótesis específica que indica que los resultados obtenidos del CBR mejorado se reducirán los espesores de la subbase granular, a excepción de la base granular y de la carpeta asfáltica aplicando la incorporación de geomallas triaxiales, debido a que el espesor de la sub base granular se redujo de 54 cm a 41 cm, la base granular y la carpeta asfáltica no sufrieron ningún cambio respecto a sus espesores.

Estos resultados guardan similitudes con el estudio de Kari y Olortegui (2019) donde se redujo el espesor de las capas granulares en un 33.33% con la adición de una geomalla triaxial de espesor de 0.9mm.

La diferencia de espesores de ambos estudios se debe al contexto en las que ambos pavimentos fueron diseñados, con variantes como la carga y el tráfico vehicular, inclemencias climáticas, y las capas granulares con las que fueron diseñados ambos pavimentos.

Discusión 5. De acuerdo al presupuesto generado (con y sin aplicación de geomallas triaxiales) se acepta la cuarta hipótesis específica que indica la incorporación calculada, optimizará los gastos económicos de diseño y aplicación de la estructura del pavimento aplicando la incorporación de geomallas triaxiales, debido a la reducción de espesores de la sub base granular del diseño con las geomallas triaxiales se puede afirmar que existe una disminución en el presupuesto de las partidas: Conformación de subbase granular (E= 54 cm) con la adición de la geomalla triaxial y conformación de subbase granular (E= 41 cm) sin la incorporación de la geomalla triaxial, donde se redujo los costos de S/. 161,773.94 a S/. 119,992.31, en un tramo de 1 km, esto se debió básicamente a la reducción del volumen de la subbase granular para la conformación de la capa granular, debido al menor volumen de material, también se reduce el acarreo y las horas maquinas necesarias para para el desarrollo del proyecto. Pero tomando en cuenta el costo de la geomalla triaxial este tipo de estabilización no sería factible.

Estos datos guardan concordancia con lo que afirma López (2019), quien indica que para un tramo de 270 metros con un ancho de 7 metros de la Av. Circunvalación Tupac Amaru en Chaupimarca con la adición de geomallas triaxiales se obtiene un ahorro de S/ 49,227.91, el volumen de acarreo de material en 475.42 m³ y S/ 1,975.47 producto de la disminución de las horas máquina.

VI. CONCLUSIONES

Dando respuesta al objetivo general, se concluye que, con la evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales se mejoró la subrasante de la vía Juli – Ilave, región Puno incrementando de 21% a 36% la capacidad de soporte y reduciendo la subbase granular del pavimento flexible.

Respecto al objetivo específico 1, se concluye que, con una compactación del 100% de la máxima densidad seca, se elevan las características de la capacidad de soporte de 21% a 36% de la subrasante de la vía Juli – Ilave, región Puno aplicando la incorporación de geomallas triaxiales.

Respecto al objetivo específico 2, se concluye, que con una correcta aplicación y compactación se desarrollan de mejor manera los parámetros mecánicos de la subrasante de la vía Juli – Ilave, región Puno, utilizando la incorporación de geomallas triaxiales, ya que ocurrió un incremento de un 29.57% en el CBR respecto a la subrasante donde no se aplicó los geosintéticos.

Respecto al objetivo específico 3, se concluye, que con el aumento del valor de la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante con la adición de geomallas triaxiales, se reducen los espesores de las capas granulares (la subbase en un 31.70%), mas no el espesor de la carpeta asfáltica ni de la base granular.

Respecto al objetivo específico 4, se concluye, que con el aumento de la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante con la incorporación de geomallas triaxiales, se disminuyen los gastos económicos en la conformación de la subbase granular, esto se debe básicamente a la reducción del volumen de material granular, debido al menor volumen de material también se reduce el acarreo y las horas máquina necesarias para la conformación. Pero tomando en cuenta el costo de la geomalla triaxial su uso no sería factible para la estabilización de la subrasante de la vía Juli – Ilave.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para la aplicación de las geomallas triaxiales se tenga en cuenta las características físicas mecánicas del suelo de subrasante (límites de consistencia, granulometría, CBR, etc.)

Se recomienda que en la estabilización de suelos se tome en cuenta los demás métodos de estabilización, así mismo escogiendo el más factible técnica y económicamente.

Se recomienda que el uso de geomallas triaxiales se de en suelos finos-cohesivos ya que de esta manera hay un mejor efecto de trabazón de las partículas de suelo.

Para obtener una separación y estabilización en la interface subrasante - subbase granular, se recomienda que el geotextil tejido debe proveer una excelente capacidad de flujo para evitar la aparición de presiones de poros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures. 1^{ra}, AASHTO. Estados Unidos, 1993. 624 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3uEqclZ>

ARIAS, Fadias. El proyecto de investigación. 4^{ta} ed. Episteme: Venezuela. 2014. 138 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3wMh2FG>

GARCIA, Eduardo. Metodología de investigación cuantitativa. 2^{da}. Texas. Lima, 2004. 91 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3z3gw8n>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Lucio. Tesis y metodología de la investigación. 6.^{ta} ed. s.l.: McGraw-Hill, 2014. 426 pp.

Disponible en <https://bit.ly/2SQNuYD>

HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. 1.^a ed. McGraw-Hill: México, 219. 634 pp.

Disponible en <https://bit.ly/2RavrfA>

MTC. Manual de carreteras, suelos, geología, geotécnica y pavimentos. 1.^a. ed. MTC: Lima, 2013. 355 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3p95J81>

PINO, Raul. Metodología de la investigación - elaboración de diseños para contrastar hipótesis. 2.^{da}. ed. San Marcos: Lima, 2018. 475 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3yPon9r>

TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. 4^{ta}. ed. Limusa, 2003. 440 pp.

Disponible en <https://bit.ly/2RVw5hE>

VARA, Aristides. 7 pasos para una tesis exitosa. 1^{ra}. ed. Universidad San Martín de Porres, 2010. 451 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3i7Tirx>

Tesis

AHUMADA, Leeny. Análisis económico del pavimento flexible con y sin geomallas en la estructura de la subrasante, vía auxiliar pk 2+000 – 2+300 del proyecto línea amarilla. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3ccjRII>

ALVAREZ, Luis y BERMUDEZ, Windy. Análisis comparativo del uso de geomallas biaxiales como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Girardot: Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/2SNYBS6>

ARANA, Gabriela y AGUILAR, Alisson Análisis del comportamiento de la geomalla incorporada en un suelo granular a nivel de subbase para un pavimento. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/34DejCA>

CHURA, Romero. Estabilización de Suelos Cohesivos Mediante el Uso de Geomallas, Geotextil, Cal y Cemento con fines de Pavimentación en el Tramo de Acceso del Km 0 al 750 del Campus Universitario Juliaca. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Juliaca: Universidad Peruana Union, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3paxahC>

CONDOR, Lino y OÑATE, Karen. Influencia de la disposición de geomallas en la resistencia del suelo granular sujeto a la aplicación de carga axial. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3i9Ou4T>

CUADROS, Claudia. Mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio 2016. Tesis (Pregrado en

Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Peruana los Andes, Facultad de Ingeniería, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/34BXurp>

GARCIA, Andres. Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO – 93 empleando el software AASHTO 93. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Nueva Granada: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, 2015.

Disponible en <https://bit.ly/3c9MDt2>

GUERRERO, Edween. Tratamiento superficial con emulsión asfáltica y análisis de gasto económicos respecto a placa huella. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, 2014.

Disponible en <https://bit.ly/3ca5iVr>

KARI, Maribel y OLORTEGUI, Jhonathan. Propuesta de diseño de Pavimento Flexible Reforzado con Geomalla en la Interfaz Subrasante - Subbase Utilizando La metodología Giroud - Ham. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3fZpQRH>

LOPEZ, Miguel. Evaluar la Construcción de un Pavimento Rígido Empleando una Geomalla Triaxial para su Viabilidad Técnico, Económica e Impacto Ambiental en la Av. Circunvalación Tupac Amaru - chaupimarca - Pasco. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, Facultad de Ingeniería, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3yVCZUr>

MATTOS, Jesus y VÁSQUEZ, Daniel. Mejora de la subrasante de suelo arcilloso aplicando el sistema de confinamiento celular para reducir las capas del pavimento. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/34CyOPD>

MERA, Jeans. Evaluación técnico-Económico del uso de Geomalla Multiaxial como Refuerzo en la Subrasante de la Carretera Santa Cruz-Bellavista, Distrito Bellavista-Jaen-Cajamarca. Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/34CyOPD>

MONTEJO, Freddy y OTERO, Diego. Evaluación de Comportamiento Mecánico de una Estructura Bicapa, Reforzada con Geomalla Biaxial, Compuesta por Afirmado Invas Sobre Subrasante Blanda, Aplicable a vías no Pavimentadas. Bogotá : Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, 2016.

Disponible en <https://bit.ly/3fZqwGJ>

MORALES, Francisco. Capacidad de soporte del suelo. Lima : Scribd, 2014.

Disponible en <https://bit.ly/34BZ10D>

NUÑEZ, Anselmo. Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geo-Sintéticos. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería, 2016.

Disponible en <https://bit.ly/2S1wNd8>

ORDOÑEZ, Minaya. Diseño Moderno de Pavimentos. Mexico : SlideShare, 2015.

Disponible en <https://bit.ly/34AmKOH>

PALMA, Fredy. Mejoramiento de la subrasante utilizando geomallas en la avenida los insurgentes, distrito de Cháupimarca - Pasco. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, 2015.

Disponible en <https://bit.ly/3vGHFMd>

PICO, Juan. Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la Parroquia Benitez Canto SAN PEDRO DE PELILEO, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimento de la misma. Ambato : Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería y Arquitectura 2016.

Disponible en <https://bit.ly/3uFd9Rp>

QUIJIJE, Adrián. Reforzamiento del suelo con la utilización de geotextiles y geomallas aplicando en la ciudad de Manta. Manta : Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi, Facultad de Ingeniería 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3c6yMU7>

SICHA, Gino. Diseño con Geosintéticos para la función de Separación, Filtración y Refuerzo en Pavimentos Flexibles. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería 2018.

Disponible en <https://bit.ly/34JJgER>

VARGAS, Michel. Metodología para la estimación del número estructural efectivo de los pavimentos flexibles recién construidos y su capacidad estructural. Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería y Arquitectura 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3iajhia>

Artículos de Revistas

ALMANDAREZ, Larissa y REYES, Juan. Diseño de pavimentos flexibles con refuerzo de geomalla triaxial utilizando la metodología Giroud – Han caso aplicación de Honduras. Revista International Multi-Conference for Engineering, 19 (21): 1-10, 2017.

Disponible en <https://bit.ly/34JCQpf>

ANÁLISIS comparativa de métodos de pavimento – pavimento rígido x flexible por Araujo Marcelo [et al]. Brazil: Revista de Investigación Nucleo Do Conhecimento, 51 (1): 111-124, Febrero 2016.

Disponible en <https://bit.ly/3cccyjT>

ISSN: 24448-0959

ANÁLISIS cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá por Castaño Federico [et al]. Bogotá: Revista de Investigación UCR, (22): 20-26, Agosto 2009.

Disponible en <https://bit.ly/3vJ9P9I>

ANALYSIS of the behavior of high plasticity floors with the addition of residue material in the manufacture of ceramic brick por Gallardo Marcelo [et al]. Santander: Revista Colombiana de Tecnologías Avanzadas, 1 (29): 11-24, Junio 2016.

Disponible en <https://bit.ly/3uHvFIM>

ISSN: 1692-7257

BAAMONDE, Antonio, PEREZ, Ignacio y HERRADOR, Manuel. Geosintéticos en carreteras plantemianetos para su aplicación en las capas de firme. Revista de investigación de la Universidad de Caruña, 1 (1): 1-9, 2014.

Disponible en <https://bit.ly/3fGt7Xm>

BALLESTER, Francisco, CASTRO, Daniel y GIL, Miguel. Diseño de los geotextiles por función y campos de aplicación. Revista Arte y Cemento, 1 (432): 24-38, 2000.

Disponible en <https://bit.ly/3wTRbvD>

ISSN: 0032-5600

BAQUE, Byron. Assessment of the state of flexible pavement using the pci method of the port-airport highway (Section II). Revista Ciencias Técnicas y Aplicadas, 6 (2): 9-19, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3yRZ7iF>

ISSN: 2477-8818

BARRETO, Shirley, BANGUERA, Jonathan y CORDOVA, Javier. Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método AASHTO 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos. Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos, 10 (1): 1-8, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3vLn9tU>

ISSN: 2218-3620

CRUZ, Rafael. Aplicación de los geosintéticos en las obras públicas. Revista Materiales, 1 (1): 1-12, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3fUgkza>

FUENTES, Patrick y TORRES, Omar. Geosintéticos para mitigación y prevención del riesgo. Revista Guarracuco, 18 (29): 1-13, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3c6b62k>

GEOMALLA como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles por Vargas J. [et al]. Medellín: Revista Redalyc, 21 (1): 63-71, Mayo 2017.

Disponible en <https://bit.ly/3wQ7OrQ>

ISSN: 1665-529X

GUIO, Edgar y SÁNCHEZ, Héctor. Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos. Revista Colombiana de Materiales, 1 (5): 382-388, 2014.

Disponibile en <https://bit.ly/3uEkjoT>

INFLUENCIA de la inclusion de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase por Rodriguez Edgar [et al]. Medellin: Revista Ingenierias Universidad de Medellin, 5 (9): 21-30, Diciembre 2006.

Disponibile en <https://bit.ly/2RVrr3c>

ISSN: 2248-4094

LEIVA, P. y LORIA, L. Observaciones a la metodologia de diseño tradicional de pavimentos reforzados con geosinteticos. Revista Ingenieria de Obras Civiles, 2 (1): 68-78, 2012.

Disponibile en <https://bit.ly/3fGeqmX>

ISSN: 0719-0514

LÓPEZ, Angel y SANZ, Beatriz. Geotextiles y productos relacionados utilizados en la impermeabilizacion. Revista Dialnet, 1 (179): 75-91, 2015.

Disponibile en <https://bit.ly/2TD9dE9>

ISSN: 0213-8468

MANDEVILLE, Peter. Diseños experimentales. Revista Ciencia UANL, 15 (57): 151-155, 2012.

Disponibile en <https://bit.ly/2T0V97j>

ISSN: 1405-9177

MASSENLLI, Gianina y PAIVA, Cassio. The influence of surface deflection on flexible pavements with low resistance subgrade. Revista Chilena de Ingenieria, 27 (4): 213-624, 2018.

Disponibile en <https://bit.ly/3phQFov>

MÚNERA, Juan y AGUIAR, Jose. Estimacion del modulo resiliente para materiales granulares de Costa Rica. Revista Infraestructura Vial, 21 (37): 12-20, 2019. ISSN: 2215-3705

Disponibile en <https://bit.ly/3fWrPpY>

MURILLO, Rodrigo. Aplicaciones de los geotextiles a obras de infraestructura. Revista IMTA, 1 (1): 9-19, 1990.

Disponible en <https://bit.ly/2Tqeo8>

ISSN: 2007-2422

OJEDA, Farias, MENDOZA, Rangel y BALTAZAR, Zamaro. Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y Resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante. Revista ALCONPAT, 8 (2): 197-208, 2018.

ISSN: 2007-6835 Disponible en <https://bit.ly/2S0IFvX>

RESILIENT – modulus degradation of low-plasticity clays due to coal combustion residuals por Solórzano C. [et al]. Bogotá: Revista Ingenierias de Construccion, 34 (3): 21-30, Diciembre 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3i9wG9T>

REYES, Óscar, CAMACHO, Javier y REYES, Fredy. Comparacion del calculo de una estructura de pavimento flexible por elementos finitos y calculo teorico. Revista Ciencia e Ingenieria Neogranadina, 1 (14): 1-7, 2004.

Disponible en <https://bit.ly/3fHvKbg>

ISSN: 0124-8170

RODRIGUES, Joaquin y CIRONE, Alessandro. La rigidización de las arcillas blandas con CPR Grouting. Revista Cimentaciones Especiales, 2 (12): 1-6, 2016.

Disponible en <https://bit.ly/2SNtJkO>

SÁNCHEZ, Fabio. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. Revista Digital de Investigación En Docencia Universitaria, 13 (1): 102-122, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3hhHVLJ>

ISSN: 2223-2516

SANDOVAL, Eimar y RIVERA, William. Correlacion del CBR con la resistencia a la compresion confinada. Revista Ciencia e Ingenieria Neogranadina, 29 (1): 135-152, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3g3ZeyT>

ISSN: 1909-7735

SERRANO, Carlos. Refuerzo de asfalto mediante geomallas para alargar la vida útil de las carreteras. Revista Dialnet, (243): 34-41, 2015.

Disponible en <https://bit.ly/3g1C6kH>

ISSN: 1136-4785

SERRANO, Erika y PADILLA, Edgar. Analisis de los cambios en las propiedades mecanicas de materiales de subrasante por la adición de materiales polimericos reciclados. Revista de Investigacion Solidaria, 15 (1): 15-32, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3yXT4cC>

ISSN: 2382-4220

SIVAPRIYA, Vijayasimha y GANESH, Shanmugam. Funcionalidad y gasto económico – beneficio de los geosinteticos como refuerzo de subrasante en el diseño de pavimentos flexibles. Revista Facultad de Ingeniera, 28 (51): 39-49, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3uBqPNr>

ISSN: 0121-1129

UCO, Yarizma, HERNANDEZ, Eric y QUEN, Mauricio. Diseño de pavimento mixto. Revista de Ingenieria Civil, 2 (3): 18-21, 2018.

Disponible en <https://bit.ly/3fY5jgA>

ISSN: 2523-2428

VIDAL, Julian y OSORIO, Rodrigo. Modulo resiliente de suelos finogranulares. Revista Universitaria EAFIT, 12 (125): 63-71, 2002.

Disponible en <https://bit.ly/3g1C6kH>

ISSN: 0120-341X

WETTING collapse in Patzcuaro Uruapan Highway Embankments por Chávez, Carlos [et al]. Morelia: Ingenieria Investigacion y Tecnologia, 27 (2): 201-210, Junio 2016.

Disponible en <https://bit.ly/3p9hZoO>

ISSN: 1405-7743

ZAMBRANO, Isabel, TEJEDA, Eduardo y AAENLLE, Anadelys. Improved granular materials with cationic asphalt emulsion for pavement sub-bases. Revista de investigacion Scielo, 22 (39): 29-42, 2020.

Disponible en <https://bit.ly/3fDdQX4>

ISSN: 2215-3705

ZAMBRANO, Maria y TEJEDA, Eduardo. Materiales granulares tratados con emulsion asfaltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles. Revista Redalyc, 13 (3): 1-11, 2019.

Disponible en <https://bit.ly/3wMHq2a>

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

“Evaluación experimental de la Incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno 2021”

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
V.I. Incorporación de geomallas triaxiales	Las geomallas son elementos que se pueden insertar en la estructura de pavimento, para mejorar sus condiciones de servicios como son las siguientes: Evita la mezcla y contaminación de materiales, favorece el drenaje lateral, evita la fuga del fino, refuerza estructuralmente el pavimento. Maribel Kari & Jhonathan Olortegui (2019).	Las geomallas triaxiales se definen como elementos de uso externo para estabilizar suelos, ya que estas brindan un gran cantidad y calidad sobre la capacidad de soporte en la estructura del pavimento flexible, a su vez siendo altamente beneficioso por la reducción que produce al fomentar la reducción de las capas granulares que contempla la estructura del pavimento.	Características de soporte Aspecto Económico Reducción de espesor	Propiedades mecánicas de los materiales Gasto económico Valor de Soporte (CBR) ESAL de diseño	Ensayos de laboratorio S10 Ensayo de laboratorio Aforo Vehicular	Razón
V.D. Mejorar la sub rasante para pavimentos flexibles	La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se colocará la estructura del pavimento o afirmado, siendo esta el asiento directo de la estructura del pavimento y formando parte sobre el prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento. Leeny Ahumada (2018)	La subrasante viene siendo el terreno de fundación en el cual se sobrepondrá la estructura de un pavimento flexible (Base, Sub base y carpeta de rodadura), esta viene siendo afecta por su capacidad estructural por lo que se definirá está a través de ensayos de laboratorio que puedan determinar las características físicas (Granulometría, límites de Atterberg y humedad), así como también las características mecánicas las cuales contemplen (Valor de soporte CBR y densidad Proctor).	Características físicas Características mecánicas	Granulometría Límites de Atterberg Humedad Valor de Soporte (CBR) Densidad (Proctor)	Ensayo de laboratorio	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

“Evaluación experimental de la Incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno 2021”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicador	Instrumento de medición	Metodología
¿Cómo la evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales mejoraría la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno 2021?	Mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, por medio de la evaluación experimental de incorporación de geomallas triaxiales.	La evaluación experimental de incorporación de geomallas triaxiales mejorara la sub rasante de pavimentos flexibles.	V.I. Incorporación de geomallas triaxiales V.D. Sub rasante del pavimento flexible	Cantidad Propiedad mecánica de la subrasante	M2 Capacidad de soporte CBR	Ficha Técnica de la Geomalla Triaxial Ensayos de Laboratorio	Enfoque Mixto Diseño de investigación Experimental
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	V.I. Compactación V.D. Características del CBR	Proporción Propiedad de la subrasante	Porcentaje CBR	Ficha Técnica de la Geomalla Triaxial Ensayos de laboratorio	Nivel de Investigación Explicativo Tipo de Investigación Aplicada Población Vías de 3ra clase de la Región Puno. Muestra Carretera llave-Juli, Comunidad Corpa Maquera Técnica Recolección de datos, realización de calicatas, toma de muestras, ensayos de laboratorio, aplicación de geomalla a escala real, toma de datos experimentados, análisis de resultados e interpretación de resultados
¿Con una buena compactación se elevaría las características del CBR de la subrasante aplicando la incorporación de geomallas triaxiales?	Elevar las características del CBR de la sub rasante aplicando la incorporación de geomallas triaxiales por medio de una buena compactación.	Una buena compactación elevara las características del CBR de la sub rasante aplicando la incorporación de geomallas triaxiales.	V.I. Compactación V.D. Características mecánicas de la subrasante	Proporción Propiedades mecánicas	Porcentaje Capacidad de soporte CBR	Ficha Técnica de la Geomalla Triaxial Ensayos de Laboratorio	Instrumentos Fichas de recolección de datos Bolsas y herramientas de muestreo Equipos y herramientas de laboratorio Trabajo de gabinete Software de análisis e interpretación de resultados
¿Con una correcta aplicación y compactación desarrollaría mejores características mecánicas de la subrasante utilizando la incorporación de geomallas triaxiales?	Desarrollar mejores características mecánicas de la subrasante utilizando la incorporación de geomallas triaxiales por medio de una correcta aplicación y compactación.	Una correcta aplicación y compactación desarrollara mejores características mecánicas de la subrasante utilizando la incorporación de geomallas triaxiales	V.I. Compactación V.D. Características mecánicas de la subrasante	Proporción Propiedades mecánicas	Porcentaje Capacidad de soporte CBR	Ficha Técnica de la Geomalla Triaxial Ensayos de Laboratorio	
¿Con los resultados obtenidos del CBR mejorado se reducirían los espesores de capas y carpeta asfáltica aplicando la incorporación de geomallas triaxiales?	Reducir los espesores de capas y carpeta asfáltica aplicando la incorporación de geomallas triaxiales en base a los resultados obtenidos del CBR mejorado.	Los resultados obtenidos del CBR mejorado se reducirán los espesores de capas y carpeta asfáltica aplicando la incorporación de geomallas triaxiales	V.I. Resultados del CBR V.D. Espesores de capas	Características de la compactación Dimensión	Reducción de vacíos Espesor	Ficha Técnica de la Geomalla Triaxial Método AASHTO93	
¿Con una incorporación calculada optimizaría los gastos económicos de diseño y aplicación de la estructura del pavimento aplicando la incorporación de geomallas triaxiales?	Optimizar los gastos económicos de diseño y aplicación de la estructura del pavimento aplicando la incorporación de geomallas triaxiales por medio de una incorporación calculada.	La incorporación calculada optimizará los gastos económicos de diseño y aplicación de la estructura del pavimento aplicando la incorporación de geomallas triaxiales	V.I. Incorporación de geomallas triaxiales V.D. Gastos económicos de diseño y aplicación	Cambio estructural Presupuesto estimado	Rediseño Soles	Ficha Técnica de la Geomalla Triaxial S10	

Anexo 3. Matriz de la validación de los instrumentos

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS						
Título de investigación: Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021						
Apellidos y nombres de los investigadores: Flores Faja, Ele Delfen / Mamani Cutipa, Vanessa						
Apellidos y nombres del Experto:						
ASPECTOS POR EVALUAR				OPINIÓN DEL EXPERTO		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
Variable Independiente: Incorporación de geomallas triaxiales	Características de la geomallas	Tamaño	Vernier	X		
		Tipo de material	Observación	X		
Variable dependiente: Mejorar la sub rasante para pavimentos flexibles	Propiedades: físicas	Humedad Natural	MTC E 108-ASTM D2216	X		
		Tamaño	MTC E 107-ASTM D422	X		
		Índice de Plasticidad	MTC E 110-ASTM D4318	X		
		Clasificación de suelos	ASTM D2487	X		
	Propiedades Mecánicas	Densidad Seca Máxima	MTC E 115-ASTM D1557	X		
		Contenido Óptimo de Humedad	MTC E 115-ASTM D1557	X		
		CBR	MTC E 132-ASTM 1883	X		
		CBR <i>in-situ</i>	ASTM D 4429	X		

Anexo 4. Constancia de validación de los instrumentos

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

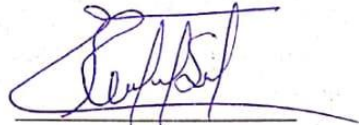
Yo Ronald G. Guzo Larico
CIP N° 171.155, como Profesional en Ingeniería Civil, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al personal que elabora la tesis titulada:

"Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la subrasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021"

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	EXCELENTE
Congruencia de Indicadores			X
Viabilidad de Instrumentos		X	
Confiabilidad del instrumento			X

Puno, 17 de Junio del 2021.



FIRMA DEL VALIDADOR
DNI N° 46077957

Anexo 5. Matriz de la validación de los instrumentos

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS						
Título de investigación: Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021						
Apellidos y nombres de los investigadores: Flores Paja, Ele Delfen / Mamani Cutipa, Vanessa						
Apellidos y nombres del Experto:						
ASPECTOS POR EVALUAR				OPINION DEL EXPERTO		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIONES
Variable Independiente: Incorporación de geomallas triaxiales	Características de la geomallas	Tamaño	Vernier	✓		
		Tipo de material	Observación		✓	
Variable dependiente: Mejorar la sub rasante para pavimentos flexibles	Propiedades físicas	Humedad Natural	MTC E 108-ASTM D2216	✓		
		Tamaño	MTC E 107-ASTM D422	✓		
		Índice de Plasticidad	MTC E 110-ASTM D4318	✓		
		Clasificación de suelos	ASTM D2487	✓		
	Propiedades Mecánicas	Densidad Seca Máxima	MTC E 115-ASTM D1557	✓		
		Contenido Óptimo de Humedad	MTC E 115-ASTM D1557	✓		
		CBR	MTC E 132-ASTM 1883	✓		
		CBR <i>in-situ</i>	ASTM D 4429	✓		



GIOVANNI CRUZ JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP. 186633

Anexo 6. Constancia de validación de los instrumentos



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo GIOVANNI CRUZ JIMENEZ
CIP N° 186633, como Profesional en Ingeniería Civil, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al personal que elabora la tesis titulada:

“Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la subrasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021”

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	EXCELENTE
Congruencia de Indicadores		✓	
Viabilidad de Instrumentos		✓	
Confiabilidad del instrumento		✓	

Puno, 24 de Junio del 2021.


GIOVANNI CRUZ JIMENEZ
FIRMANTE RESPONSABLE
DNI N° 43170382

Anexo 7. Ensayos de laboratorio



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

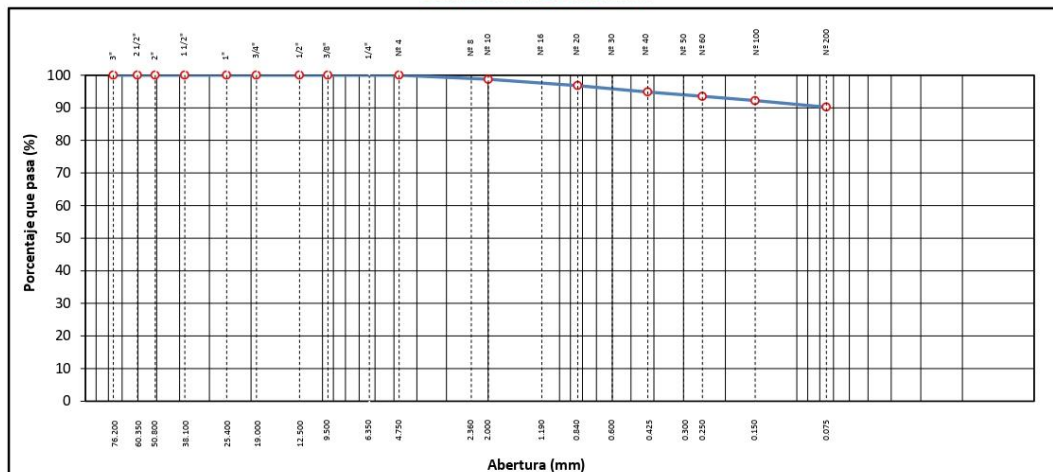
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESTES	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021	Registro N° : UCV_DV-06/21-001-G&C
		Fecha : 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO	
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL	BACH. I.C. FLORES PAJA ELE
CONDICION	: MUESTRA ALTERADA	SOLICITANTE : DELFEN. BACH. I.C. MAMANI
MUESTRA	: M - 01	CUTIPA VANESSA
PROFUND.	: 0.80 m	TAMANO MÁXIMO : N° 8
		COORDENADAS
		ESTE :
		NORTE :
		COTA :

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Peso inicial seco : 273.34 gr.
6 in.	152.400						Peso Global : 273.34 gr.
5 in.	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) : 14.62
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO : N° 8
2 1/2 in.	60.350						Límite Líquido (LL): 40.81
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP): 24.89
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP): 15.92
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) : CL
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) : A-6 (11)
1/2 in.	12.500						Índice de Consistencia : 1.64
3/8 in.	9.500						DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1/4 in.	6.350						Descripción (AASHTO): MALO
N° 4	4.750						Descripción (SUCS): Arcilla de baja plasticidad
N° 8	2.360				100.00		Materia Orgánica :
N° 10	2.000	3.47	1.27	1.27	98.73		Turba : --
N° 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
N° 20	0.840	5.26	1.92	3.19	96.81		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
N° 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
N° 40	0.425	5.31	1.94	5.14	94.86		Grava 2" - N° 4 : 0.00
N° 50	0.300						Arena N°4 - N° 200 : 9.74
N° 60	0.250	3.66	1.34	6.48	93.52		Finos < N° 200 : 90.26
N° 100	0.150	3.60	1.32	7.79	92.21		%>3" : 0.0%
N° 200	0.075	5.32	1.95	9.74	90.26		
< N° 200	FONDO	246.72	90.26	100.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
[Signature]
Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDOREY
TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
PUNO - PERÚ
DIRECCIÓN: 411 8331

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
[Signature]
ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
PUNO - PERÚ
CPI: 209176

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

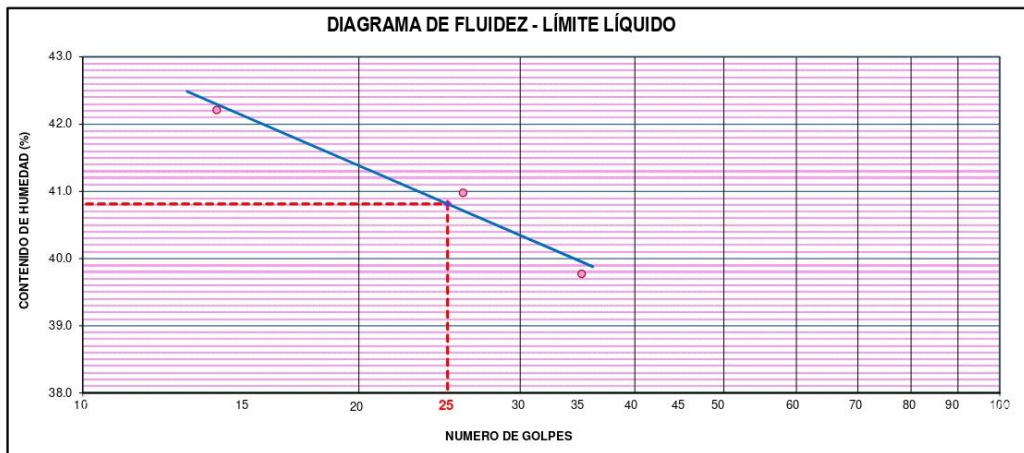
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021	Registro N° : UCV_DV-06/21-001-G&C
		Fecha : 14 de Setiembre del 2020

DATOS GENERALES	
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL
CONDICION	: C - 01
MUESTRA	: M - 01
PROFUND.	: 0.80 m
SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN. BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
TAMANO MÁXIMO	: N° 8

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 41	LC - 42	LC - 43	
PESO DE LA TARA	(g)	46.71	47.02	46.64	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	62.41	62.33	62.56	
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	57.75	57.88	58.03	
PESO DE AGUA	(g)	4.66	4.45	4.53	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	11.04	10.86	11.39	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	42.21	40.98	39.77	
NUMERO DE GOLPES	n°	14	26	35	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 44	LC - 45		
PESO DE LA TARA	(g)	47.04	48.58		
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	50.06	52.14		
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	49.45	51.44		
PESO DE AGUA	(g)	0.61	0.70		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.41	2.86		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	25.31	24.48		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	40.81
LIMITE PLASTICO	24.89
INDICE DE PLASTICIDAD	15.92

OBSERVACIONES
Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021	Registro N° :	UCV_DV-06/21-001-G&C
		Fecha :	17 de Junio del 2021

I. DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL		
CONDICION	: MUESTRA ALTERADA	SOLICITANTE :	BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN. BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
MUESTRA	: M - 01		
PROFUND.	: 0.80	m	TAMANO MÁXIMO : N° 8

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 25	CH - 26	CH - 27
Peso Tara	(gr.)	75.50	80.28	79.46
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)	424.95	437.77	481.85
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	380.37	392.71	429.91
Peso Agua	(gr.)	44.58	45.06	51.94
Peso Suelo Seco	(gr.)	304.87	312.43	350.45
Contenido de Humedad	(gr.)	14.62	14.42	14.82
PROMEDIO	(%)	14.62		

Observaciones:

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
Marycar
Bach. LIC. MARY CARMEN YANA CONDORY
TECNICO SUPERVISOR DEL LABORATORIO DE INVESTIGACION
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 4739499

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
Alex
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
JEFE DEL LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES
CPI: 209176

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 kN-m/m³)) (ASTM D 1557-12e1)

TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE : GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021	Registro N°	: UCV_DV-06/21-001-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL	BACH. I.C. FLORES PAJA ELE	COORDENADAS
CONDICION	: MUESTRA ALTERADA	SOLICITANTE : DELFEN. BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA	ESTE :
MUESTRA	: M - 01		NORTE :
PROFUND.	: 0.80 m	TAMANO MÁXIMO : N° 8	COTA : m.s.n.m.

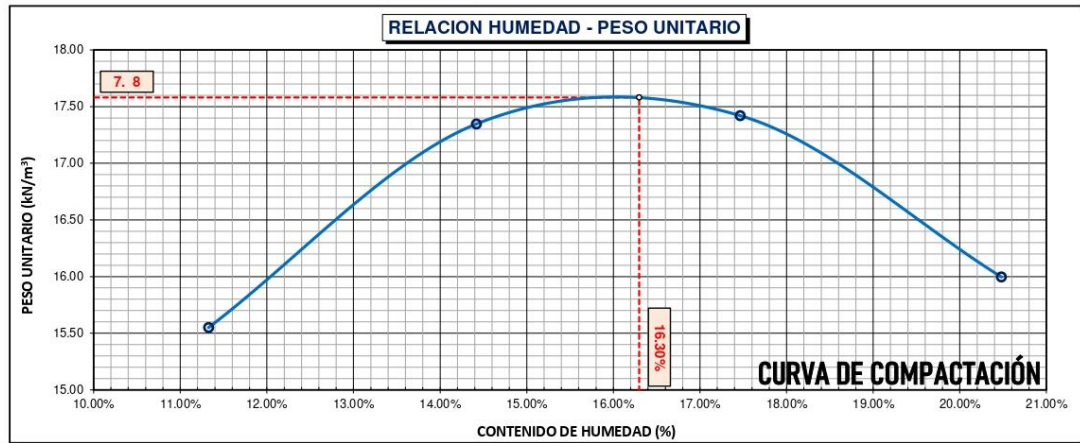
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	% Ret. Tamiz 3/4"	METODO DE ENSAYO Método "A"
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	% Ret. Tamiz 3/8"	No DE CAPAS 05
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de baja plasticidad	% Ret. Tamiz N° 4:	GOLPES POR CAPA 56

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 02	VOLUMEN DEL MOLDE	: 939.79 cm ³
MASA DEL MOLDE	: 3,676 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	5335	5578	5637	5523
Masa del Molde	g.	3676	3676	3676	3676
Masa del Suelo Humedo	g/cm ³	1659	1902	1961	1847
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	1.765	2.024	2.087	1.965

Capsula No	No	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08
Masa de la Capsula	g.	57.85	47.69	49.37	61.29
Suelo Humedo + Capsula	g.	348.81	202.02	164.18	377.68
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	319.20	182.57	147.11	323.90
Masa del Agua	g.	29.61	19.45	17.07	53.78
Masa del Suelo Seco	g.	261.35	134.88	97.74	262.61
Humedad (%)	%	11.33%	14.42%	17.46%	20.48%
Promedio de Humedad (%)	%	11.33%	14.42%	17.46%	20.48%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.586	1.769	1.776	1.631
Peso Unitario Seco	kN/m ³	15.55	17.35	17.42	16.00

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D-1557-12e1	PESO UNITARIO SECO	1.793 gr/cc	17.580 kN/m ³
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	16.30 %	16.30 %



OBSERVACIONES

: Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

[Signature]
Bach. I.C. MARY CAMBURI YANA CONDORY
DEL BLENDO COPA MAQUERA DE CARBONILLO DE INVESTIGACION
Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 4715330

[Signature]
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
Jefe de Laboratorio de Investigación e Ingeniería de Materiales
CIP: 209276

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021	Registro N°	UCV_DV-06/21-001-G&C
		Fecha	17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACION	VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	TERRENO NATURAL	COORDENADAS	
CONDICION	MUESTRA ALTERADA	SOLICITANTE	BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN. BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
MUESTRA	M - 01	ESTE	
PROFUND.	0.80 m	NORTE	
		COTA	m.s.n.m.
		TAMANO MÁXIMO	Nº 8

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACION (SUCS)	CL	METODO DE ENSAYO	Método "A"
CLASIFICACION (AASHTO)	A-6 (11)	TIEMPO DE INMERSION	4 Dias (96 Horas)
DESCRIPCION (SUCS)	Arcilla de baja plasticidad	TIPO DE MARTILLO	Manual
		MET. DE PREPARACION	Húmedo
		PESEO UNITARIO SECO	17.58 kN/m ³
		HUMEDAD ÓPTIMA	16.30 %

MOLDE No	COD.	A-2	N-2	Q-2
NUMERO DE CAPAS	nº	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	nº	56	25	12
Nº SOBRECARGA CIRCULAR	nº	1	1	1
Nº SOBRECARGA ANULAR	nº	1	1	1
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR
		SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	11947	12024	11920	12033	10734	10899
Masa del Molde	g.	7496	7496	7698	7698	6755	6755
Masa del Suelo Humedo	g.	4451	4528	4222	4335	3979	4144
Volumen del Suelo	cm ³	2127	2127	2122	2122	2115	2115
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	2.093	2.129	1.990	2.043	1.881	1.959

Capsula No	No	PC - 7	PC - 8	PC - 9	PC - 10	PC - 11	PC - 12
Masa de la Capsula	g.	82.69	83.52	81.80	83.86	85.93	84.79
Suelo Humedo + Capsula	g.	592.30	531.23	550.74	534.79	552.96	482.97
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	520.76	465.20	484.74	461.71	487.26	413.46
Masa del Agua	g.	71.54	66.03	66.00	73.08	65.70	69.51
Masa del Suelo Seco	g.	438.07	381.68	402.94	377.85	401.33	328.67
% de Humedad	%	16.33%	17.30%	16.38%	19.34%	16.37%	21.15%
Promedio de Humedad	%	16.33%	17.30%	16.38%	19.34%	16.37%	21.15%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.799	1.815	1.710	1.712	1.617	1.617
Peso Unitario Seco	kN/m ³	17.641	17.798	16.765	16.787	15.854	15.860

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	100.00	0.00	0.00	527.50	0.00	0.00	394.00	0.00	0.00
		24:00:00	133.00	0.84	0.66	587.00	1.51	1.19	463.00	1.75	1.38
		48:00:00	179.00	2.01	1.58	612.00	2.15	1.69	502.00	2.74	2.16
		72:00:00	102.00	0.05	0.04	699.00	4.36	3.43	596.00	5.13	4.04
		96:00:00	238.00	3.51	2.76	729.00	5.12	4.03	679.00	7.24	5.70

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estándar Kg-F/cm ² / Mpa	MOLDE No A-2				MOLDE No N-2				MOLDE No Q-2			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30		21.1	1.09	0.11	9.9	0.51	0.05		5.8	0.30	0.03		
1.27	0.050	01:00		40.1	2.07	0.20	20.7	1.07	0.10		10.6	0.55	0.05		
1.90	0.075	01:30		56.8	2.94	0.29	30.1	1.56	0.15		13.5	0.70	0.07		
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	72.2	3.73	0.37	37.2	1.92	0.19	2.61	15.0	0.78	0.08	1.09	
3.17	0.125	02:30		87.0	4.49	0.44	44.5	2.30	0.23		16.7	0.86	0.08		
3.81	0.150	03:00		99.3	5.13	0.50	51.3	2.65	0.26		18.2	0.94	0.09		
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	123.6	6.39	0.63	61.9	3.20	0.31	3.09	20.6	1.06	0.10	1.01	
6.35	0.250	05:00		144.5	7.47	0.73	71.6	3.70	0.36		23.0	1.19	0.12		
7.62	0.300	06:00		161.7	8.36	0.82	79.6	4.11	0.40		24.7	1.28	0.13		
8.89	0.350	07:00		177.5	9.17	0.90	87.0	4.50	0.44		26.7	1.38	0.14		
10.16	0.400	08:00		193.7	10.01	0.98	93.0	4.81	0.47		27.9	1.44	0.14		
11.43	0.450	09:00		206.6	10.68	1.05	96.2	4.97	0.49		28.6	1.48	0.14		
12.70	0.500	10:00		210.6	10.88	1.07	99.6	5.15	0.50		29.7	1.53	0.15		

OBSERVACIONES : Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
 Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".
 Certificado N° MT-LL-026-2019/R328; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

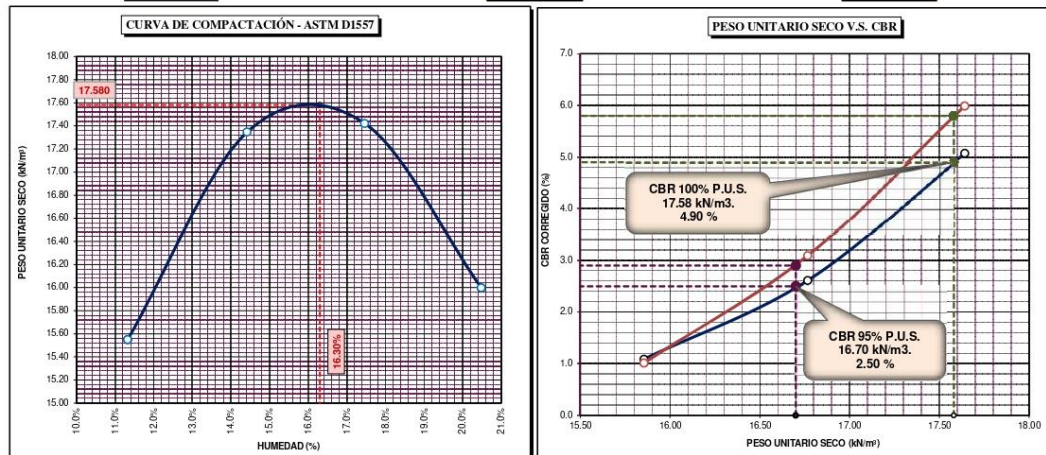
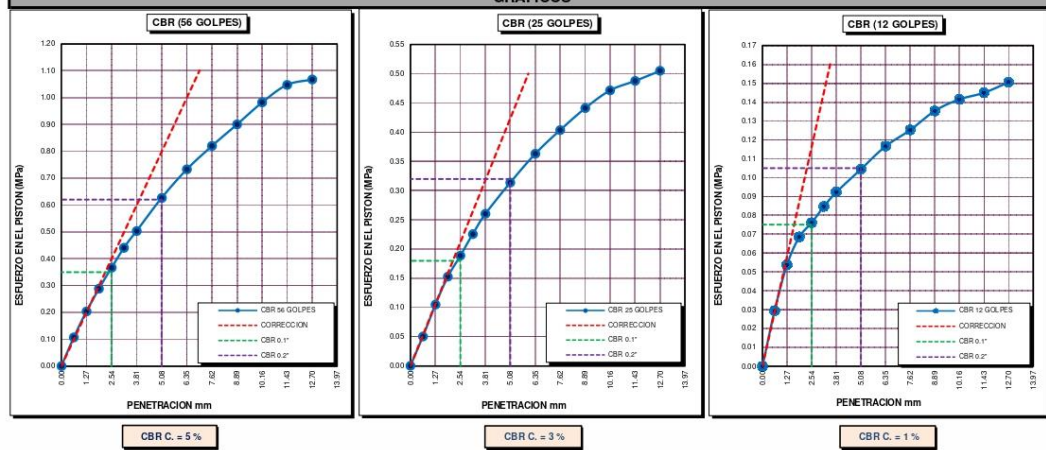
TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021	Registro N° : UCV_DV-06/21-001-G&C
		Fecha : 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: VÍA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO	
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL	SOLICITANTE : BACH. I. C. FLORES PAJA ELE DELFEN, BACH. I. C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CONDICION	: MUESTRA ALTERADA	
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO : N° 8
PROFUND.	: 0.80 m	
		COORDENADAS
		ESTE :
		NORTE :
		COTA : m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	NORMA	: ASTM D-1557-12e1
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	METODO DE ENSAYO	: Método "A"
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de baja plasticidad	TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO	: 17.58 kN/m ³
		PESO UNITARIO SECO AL 95%	: 16.70 kN/m ³
		HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.30 %

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1"	%	4.90 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2"	%	5.80 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	2.50 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	2.90 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES : Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
[Signature]
Bach. LEIDY CARMEN YANA CONDOR
INGENIERO ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE INVESTIGACION
E ENSAYO DE MATERIALES
RUC: 471301

Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
[Signature]
ING. ALEX LUM GOMEZ CALLA
INGENIERO ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE INVESTIGACION
E ENSAYO DE MATERIALES
CIF: 209176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO (CBR-INSITU)

STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF SOILS IN PLACE (WITHDRAWN 2018) (ASTM D4429-09a)

PROYECTO	TESIS "EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021"	Registro N°	: UCV_DV-06/21-009-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL - 73% SIN GEOMALLA TRIAXIAL	SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN. BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CALICATA	: C - 04	PROFUNDIDAD	: SUPERF.
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	: ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

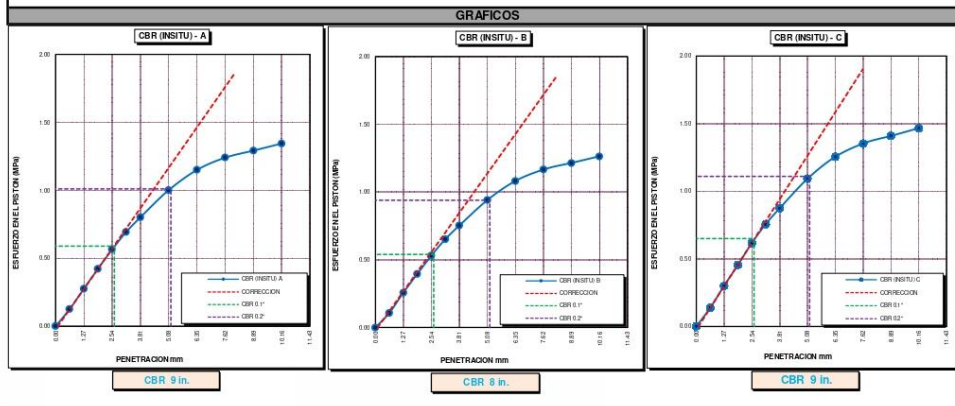
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: CBR - INSITU
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	PESO UNITARIO SECO	: 17.58 kN/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de Baja Plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.30 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: No Aplica
		TIPO DE MARTILLO	: No aplica
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

PUNTO DE EVALUACIÓN No	COD.	C-4-A	C-4-B	C-4-C
N° SOBRECARGA CIRCULAR	: n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	: n°	2	2	2

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO			
DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO	: kN/m ³	14.798	14.798
DENSIDAD DEL SUELO SECO	: kN/m ³	12.925	12.925
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	: %	14.520	14.520

PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Estandar Kg-F/cm ² /Mpa	PUNTO DE EVALUACIÓN No C-4-A				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-4-B				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-4-C			
mm	Pulg.			LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	0:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.63	0.025	0:30		24.8	1.28	0.13	21.3	1.10	0.11	27.0	1.40	0.14			
1.27	0.050	1:00		54.3	2.81	0.28	51.0	2.64	0.26	59.2	3.06	0.30			
1.90	0.075	1:30		83.2	4.30	0.42	78.2	4.04	0.40	89.7	4.64	0.45			
2.54	0.100	2:00	70.31 / 6.9	111.6	5.77	0.57	104.9	5.42	0.53	7.83	121.6	6.28	0.62	9.42	
3.17	0.125	2:30		136.8	7.07	0.69	128.6	6.65	0.65	149.1	7.71	0.76			
3.81	0.150	3:00		158.2	8.18	0.80	148.7	7.68	0.75	172.4	8.91	0.87			
5.08	0.200	4:00	105.46 / 10.35	197.7	10.22	1.00	9.76	185.8	9.60	0.94	9.08	215.5	11.14	1.09	10.72
6.35	0.250	5:00		227.0	11.73	1.15	213.4	11.03	1.08	247.4	12.79	1.25			
7.62	0.300	6:00		244.8	12.65	1.24	230.1	11.89	1.17	266.8	13.79	1.35			
8.89	0.350	7:00		255.0	13.18	1.29	239.7	12.39	1.21	278.0	14.37	1.41			
10.16	0.400	8:00		265.2	13.71	1.34	249.3	12.88	1.26	289.1	14.94	1.47			

CBR (IN-SITU) 0.1"	: 8.55 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	: 7.83 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	: 9.42 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.1"	: 9 %
CBR (IN-SITU) 0.2"	: 9.76 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	: 9.08 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	: 10.72 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.2"	: 10 %



OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".

Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
Rosa LIZABETH CARMONA YANA CENDENO
TÉCNICO ESPECIALIZADO LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 673 30139

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
ING. ALEX LUIGI GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CPI: 2001176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO (CBR-INSITU)

STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF SOILS IN PLACE (WITHDRAWN 2018) (ASTM D4429-09a)

PROYECTO	TESIS "EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021"	Registro N°	: UCV_DV-06/21-009-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL - 73% CON GEOMALLA TRIAXIAL	SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN, BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CALICATA	: C - 04	PROFUNDIDAD	: SUPERF.
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

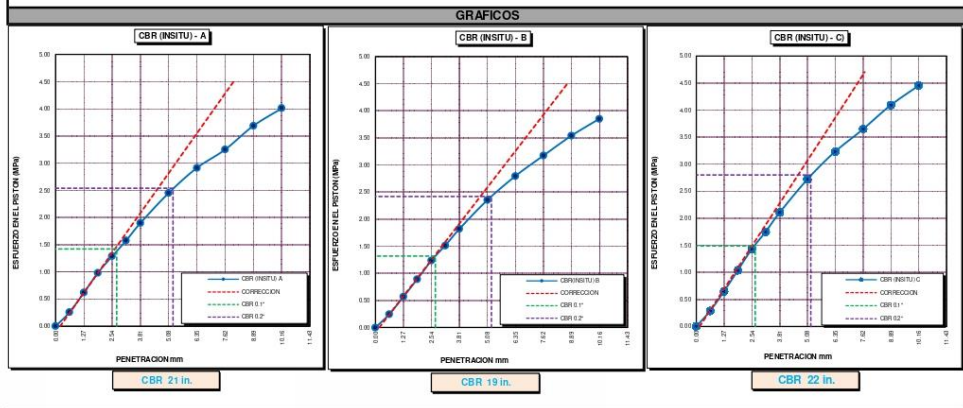
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: CBR-INSITU
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	PESO UNITARIO SECO	: 17.58 kN/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de Baja Plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.30 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: No Aplica
		TIPO DE MARTILLO	: No aplica
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

PUNTO DE EVALUACIÓN No	COD.	C-4-A	C-4-B	C-4-C
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	2	2	2

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO				
DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO	kN/m ³	14.798	14.798	14.798
DENSIDAD DEL SUELO SECO	kN/m ³	12.925	12.925	12.925
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	%	14.520	14.520	14.520

PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Estandar Kg-F/cm ² / Mpa	PUNTO DE EVALUACIÓN No C-4-A				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-4-B				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-4-C			
mm	Pulg.			LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	0:00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	0.025	0:30		51.0	2.64	0.26		49.0	2.53	0.25		56.6	2.93	0.29	
1.27	0.050	1:00		122.1	6.31	0.62		112.4	5.81	0.57		128.2	6.63	0.65	
1.90	0.075	1:30		193.3	9.99	0.98		176.5	9.12	0.89		204.8	10.58	1.04	
2.54	0.100	2:00	70.31 / 6.9	254.3	13.14	1.29	20.58	244.0	12.61	1.24	19.13	282.3	14.59	1.43	
3.17	0.125	2:30		311.3	16.09	1.58		298.9	15.45	1.51		345.5	17.86	1.75	
3.81	0.150	3:00		374.5	19.35	1.90		359.6	18.58	1.82		415.7	21.48	2.11	
5.08	0.200	4:00	105.46 / 10.35	483.7	25.00	2.45	24.54	464.4	24.00	2.35	23.38	536.8	27.74	2.72	
6.35	0.250	5:00		574.6	29.70	2.91		551.7	28.51	2.80		637.8	32.96	3.23	
7.62	0.300	6:00		641.9	33.17	3.25		626.1	32.36	3.17		719.9	37.20	3.65	
8.89	0.350	7:00		727.5	37.60	3.69		698.5	36.10	3.54		807.5	41.73	4.09	
10.16	0.400	8:00		791.4	40.90	4.01		759.7	39.26	3.85		878.4	45.40	4.45	

CBR (IN-SITU) 0.1"	20.58 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	19.13 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	21.59 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.1"	20 %
CBR (IN-SITU) 0.2"	24.54 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	23.38 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	27.05 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.2"	25 %



OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".

Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Mary Yara
RUBI I. YARA YARA FERNANDEZ
TÉCNICO ESPECIALIZADA LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 67130339

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Alexander Gomez
ING. ALEXANDER GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP: 2009176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO (CBR-INSITU)

STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF SOILS IN PLACE (WITHDRAWN 2018) (ASTM D4429-09a)

PROYECTO	TESIS "EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021"	Registro N°	: UCV_DV-06/21-007-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL COMPACTADO - 92% SIN GEOMALLA TRIAXIAL	SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN, BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CALICATA	: C - 02	PROFUNDIDAD	: SUPERF.
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: CBR - INSITU
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	PESO UNITARIO SECO	: 17.58 kN/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de Baja Plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.30 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: No Aplica
		TIPO DE MARTILLO	: No aplica
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

PUNTO DE EVALUACIÓN No	COD.	C-2-A	C-2-B	C-2-C
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	2	2	2

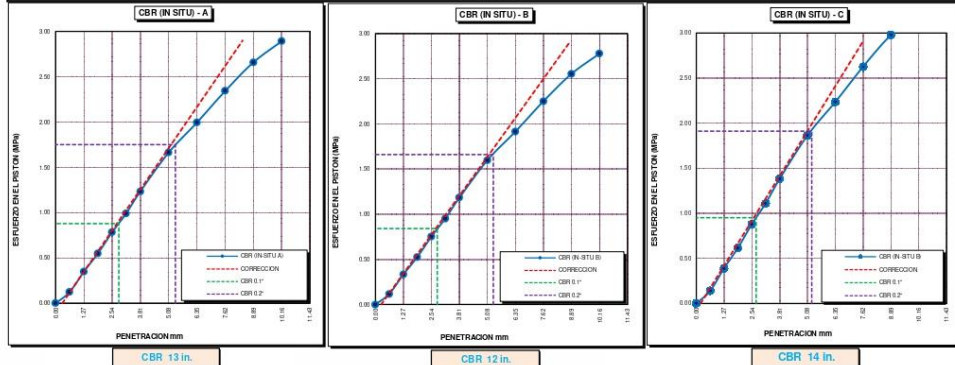
REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO				
DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO	kN/m ³	18.819	18.819	18.819
DENSIDAD DEL SUELO SECO	kN/m ³	16.240	16.240	16.240
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	%	16.441	16.441	16.441

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN			PUNTO DE EVALUACIÓN No C-2-A				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-2-B				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-2-C				
mm	Pulg.	Tiempo	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	
0.00	0	0:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	0:30	24.5	1.27	0.12		23.5	1.21	0.12		27.4	1.42	0.14		
1.27	0.050	1:00	68.7	3.55	0.35		66.0	3.41	0.33		76.9	3.97	0.39		
1.90	0.075	1:30	108.3	5.60	0.55		104.0	5.37	0.53		121.3	6.27	0.61		
2.54	0.100	2:00	70.31 / 6.9	154.8	8.00	0.78	12.75	148.6	7.68	0.75	12.17	173.4	8.96	0.88	13.77
3.17	0.125	2:30	195.6	10.11	0.99		187.8	9.71	0.95		219.1	11.32	1.11		
3.81	0.150	3:00	243.4	12.58	1.23		233.7	12.08	1.18		272.6	14.09	1.38		
5.08	0.200	4:00	105.46 / 10.35	328.3	16.97	1.66	16.91	315.2	16.29	1.60	16.04	367.7	19.00	1.86	18.45
6.35	0.250	5:00	393.6	20.34	1.99		377.9	19.53	1.92		440.8	22.78	2.23		
7.62	0.300	6:00	462.6	23.91	2.34		444.1	22.95	2.25		518.1	26.78	2.63		
8.89	0.350	7:00	524.7	27.12	2.66		503.7	26.03	2.55		587.7	30.37	2.98		
10.16	0.400	8:00	570.8	29.50	2.89		548.0	28.32	2.78		639.3	33.04	3.24		

CBR (IN-SITU) 0.1"	12.75 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	12.17 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	13.77 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.1"	13 %
CBR (IN-SITU) 0.2"	16.91 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	16.04 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	18.45 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.2"	17 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES : Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".
Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
Ing. LIZBETH FERRER VERA FERRER
TÉCNICO ESPECIALIZADA LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 6713039

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
ING. ALEXIUR GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CPI: 2001176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO (CBR-INSITU)

STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF SOILS IN PLACE (WITHDRAWN 2018) (ASTM D4429-09a)

PROYECTO	TESIS "EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021"	Registro N°	: UCV_DV-06/21-007-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL COMPACTADO - 92% CON GEOMALLA TRIAXIAL	SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN, BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CALICATA	: C - 02	PROFUNDIDAD	: SUPERF.
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

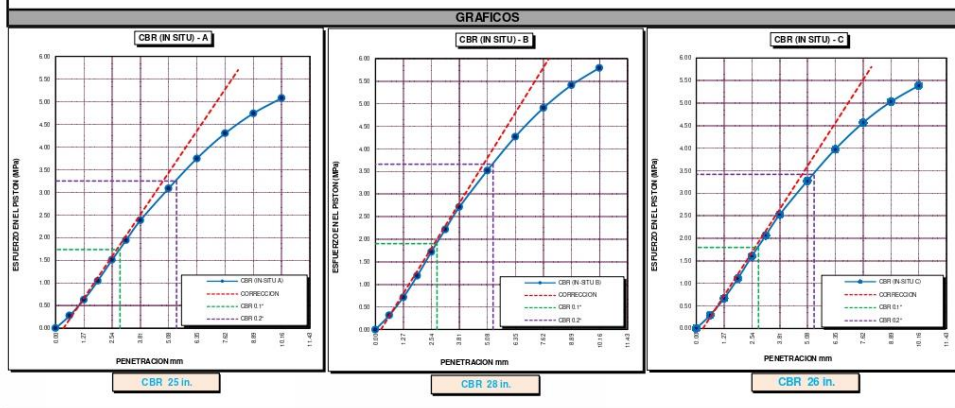
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: CBR - INSITU
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	TIEMPO DE INMERSIÓN	: No Aplica
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de Baja Plasticidad	PESO UNITARIO SECO	: 17.58 kN/m ³
		TIPO DE MARTILLO	: No aplica
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo
		HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.30 %

PUNTO DE EVALUACIÓN No	COD.	C-2-A	C-2-B	C-2-C
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	2	2	2

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO				
DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO	kN/m ³	18.819	18.819	18.819
DENSIDAD DEL SUELO SECO	kN/m ³	16.240	16.240	16.240
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	%	16.441	16.441	16.441

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm ² / Mpa	PUNTO DE EVALUACIÓN No C-2-A				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-2-B				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-2-C			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	0:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	0.025	0:30		54.9	2.84	0.28	62.5	3.23	0.32		58.1	3.00	0.29		
1.27	0.050	1:00		124.1	6.41	0.63	141.6	7.32	0.72		131.6	6.80	0.67		
1.90	0.075	1:30		206.4	10.67	1.05	235.4	12.17	1.19		218.9	11.31	1.11		
2.54	0.100	2:00		298.1	15.41	1.51	25.22	340.0	17.57	1.72	27.54	316.0	16.33	1.60	
3.17	0.125	2:30		383.7	19.83	1.94		437.4	22.60	2.22		406.7	21.02	2.06	
3.81	0.150	3:00		469.6	24.27	2.38		535.5	27.67	2.71		497.9	25.73	2.52	
5.08	0.200	4:00		609.5	31.50	3.09	31.40	694.9	35.91	3.52	35.36	646.2	33.40	3.28	
6.35	0.250	5:00		739.4	38.21	3.75		843.0	43.57	4.27		783.7	40.50	3.97	
7.62	0.300	6:00		849.1	43.88	4.30		968.1	50.03	4.91		900.2	46.52	4.56	
8.89	0.350	7:00		936.0	48.37	4.74		1067.1	55.15	5.41		992.2	51.28	5.03	
10.16	0.400	8:00		1002.6	51.81	5.08		1143.0	59.07	5.79		1062.8	54.93	5.39	

CBR (IN-SITU) 0.1"	25.22 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	27.54 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	26.09 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.1"	26 %
CBR (IN-SITU) 0.2"	31.40 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	35.36 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	33.04 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.2"	33 %



OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".

Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
Ing. F. MARY FARRIN YANA FERRONDO
TÉCNICO ESPECIALIZADO LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 6713039

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
ING. ALEX LUIGI GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CPI: 200176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO (CBR-INSITU)

STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF SOILS IN PLACE (WITHDRAWN 2018) (ASTM D4429-09a)

PROYECTO	TESIS "EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021"	Registro N°	: UCV_DV-06/21-006-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL COMPACTADO - 95% SIN GEOMALLA TRIAXIAL	SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN, BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CALICATA	: C - 01	PROFUNDIDAD	: SUPERF.
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

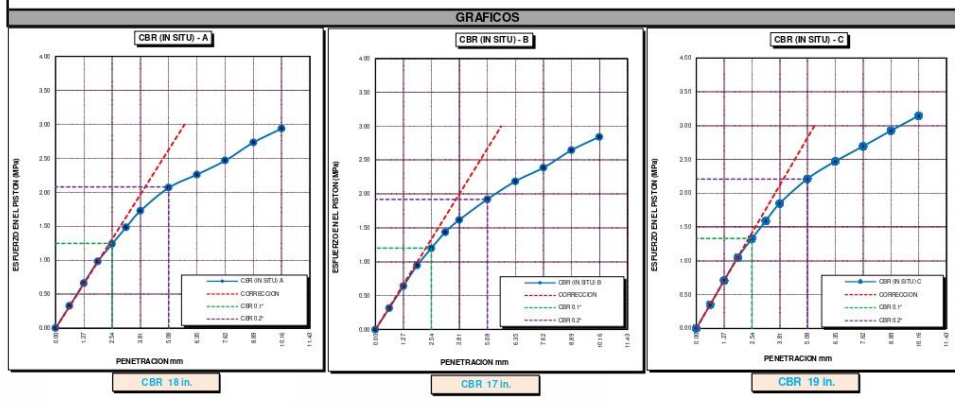
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: CBR - INSITU
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	PESO UNITARIO SECO	: 17.58 kN/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de Baja Plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.30 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: No Aplica
		TIPO DE MARTILLO	: No aplica
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

PUNTO DE EVALUACIÓN No	COD.	C-1-A	C-1-B	C-1-C
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	2	2	2

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO				
DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO	kN/m ³	19.339	19.339	19.339
DENSIDAD DEL SUELO SECO	kN/m ³	16.632	16.632	16.632
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	%	16.145	16.145	16.145

PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm ² / Mpa	PUNTO DE EVALUACIÓN No C-1-A				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-1-B				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-1-C			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	0:00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	0.025	0:30		64.6	3.34	0.33		62.5	3.23	0.32		69.1	3.57	0.35	
1.27	0.050	1:00		130.8	6.76	0.66		126.5	6.54	0.64		139.9	7.23	0.71	
1.90	0.075	1:30		193.8	10.02	0.98		187.5	9.69	0.95		207.4	10.72	1.05	
2.54	0.100	2:00		244.7	12.65	1.24	18.12	236.8	12.24	1.20	17.39	261.7	13.52	1.33	
3.17	0.125	2:30		293.0	15.14	1.48		283.6	14.66	1.44		313.4	16.20	1.59	
3.81	0.150	3:00		340.8	17.61	1.73		319.7	16.52	1.62		364.6	18.84	1.85	
5.08	0.200	4:00		407.9	21.08	2.07	20.10	379.5	19.61	1.92	18.55	436.4	22.55	2.21	
6.35	0.250	5:00		446.1	23.05	2.26		431.7	22.31	2.19		487.5	25.19	2.47	
7.62	0.300	6:00		487.0	25.17	2.47		471.4	24.36	2.39		531.3	27.46	2.69	
8.89	0.350	7:00		539.3	27.87	2.73		522.1	26.98	2.65		577.1	29.82	2.92	
10.16	0.400	8:00		579.8	29.96	2.94		561.3	29.01	2.84		620.4	32.06	3.14	

CBR (IN-SITU) 0.1"	18.12 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	17.39 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	19.28 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.1"	18 %
CBR (IN-SITU) 0.2"	20.10 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	18.55 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	21.35 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.2"	20 %



OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".
Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
RUBI LIZABETH RAMIREZ VARGAS
TÉCNICO ESPECIALIZADO LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 67130339

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
ING. ALEXIUR GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CPI: 2001176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO (CBR-INSITU)

STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF SOILS IN PLACE (WITHDRAWN 2018) (ASTM D4429-09a)

PROYECTO	TESIS "EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021"	Registro N°	: UCV_DV-06/21-006-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL COMPACTADO - 95% CON GEOMALLA TRIAXIAL	SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN. BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CALICATA	: C - 01	PROFUNDIDAD	: SUPERF.
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	: ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

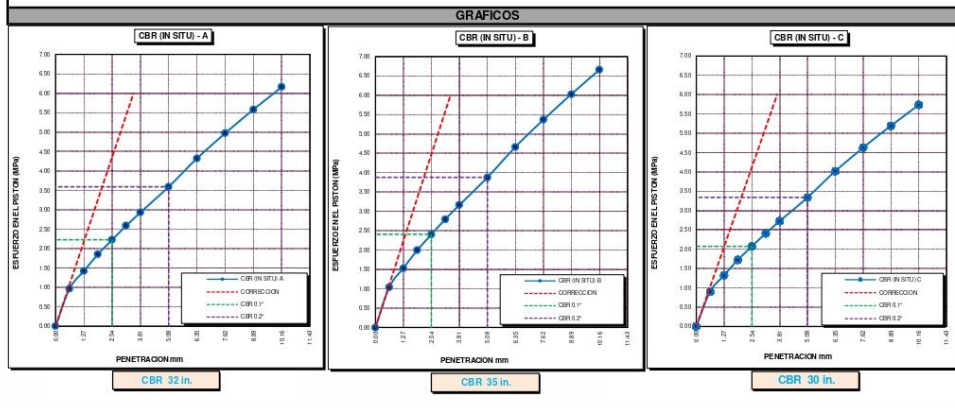
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: CBR - INSITU
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	PESO UNITARIO SECO	: 17.58 kN/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de Baja Plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.30 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: No Aplica
		TIPO DE MARTILLO	: No aplica
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

PUNTO DE EVALUACIÓN No	COD.	C-1-A	C-1-B	C-1-C
N° SOBRECARGA CIRCULAR	: n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	: n°	2	2	2

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO			
DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO	: kN/m ³	19.339	19.339
DENSIDAD DEL SUELO SECO	: kN/m ³	16.632	16.632
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	: %	16.145	16.145

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm ² / Mpa	PUNTO DE EVALUACIÓN No C-1-A				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-1-B				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-1-C			
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	0:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	0:30		190.6	9.85	0.97	205.8	10.64	1.04		177.2	9.16	0.90		
1.27	0.050	1:00		280.3	14.49	1.42	302.8	15.65	1.53		260.6	13.47	1.32		
1.90	0.075	1:30		365.3	18.88	1.85	394.6	20.39	2.00		339.7	17.56	1.72		
2.54	0.100	2:00		439.5	22.71	2.23	474.7	24.53	2.41	34.93	408.8	21.13	2.07	30.00	
3.17	0.125	2:30		510.6	26.39	2.59	551.4	28.50	2.79		474.8	24.54	2.41		
3.81	0.150	3:00		578.3	29.89	2.93	624.7	32.28	3.17		537.8	27.79	2.73		
5.08	0.200	4:00		708.4	36.61	3.59	765.0	39.53	3.88	37.49	658.8	34.05	3.34	32.27	
6.35	0.250	5:00		852.4	44.05	4.32	920.6	47.58	4.67		792.8	40.97	4.02		
7.62	0.300	6:00		981.0	50.70	4.97	1059.5	54.75	5.37		912.4	47.15	4.62		
8.89	0.350	7:00		1101.2	56.91	5.58	1189.2	61.46	6.03		1024.2	52.93	5.19		
10.16	0.400	8:00		1216.3	62.86	6.16	1313.6	67.89	6.66		1131.2	58.46	5.73		

CBR (IN-SITU) 0.1"	: 32.32 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	: 34.93 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	: 30.00 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.1"	: 32 %
CBR (IN-SITU) 0.2"	: 34.69 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	: 37.49 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	: 32.27 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.2"	: 35 %



OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".
Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]
Rosa I. MARY CARMEN YARA CENDERO
TÉCNICO ESPECIALIZADA LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 6713039

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]
ING. ALEXIUR GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CPI: 200176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO (CBR-INSITU)

STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF SOILS IN PLACE (WITHDRAWN 2018) (ASTM D4429-09a)

PROYECTO	TESIS "EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021"	Registro N°	: UCV_DV-06/21-008-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL COMPACTADO - 100% SIN GEOMALLA TRIAXIAL	SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN, BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CALICATA	: C - 03	PROFUNDIDAD	: SUPERF.
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: CBR - INSITU
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	PESO UNITARIO SECO	: 20.45 kN/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de Baja Plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.32 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: No Aplica
		TIPO DE MARTILLO	: No aplica
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

PUNTO DE EVALUACIÓN No	COD.	C-3-A	C-3-B	C-3-C
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	2	2	2

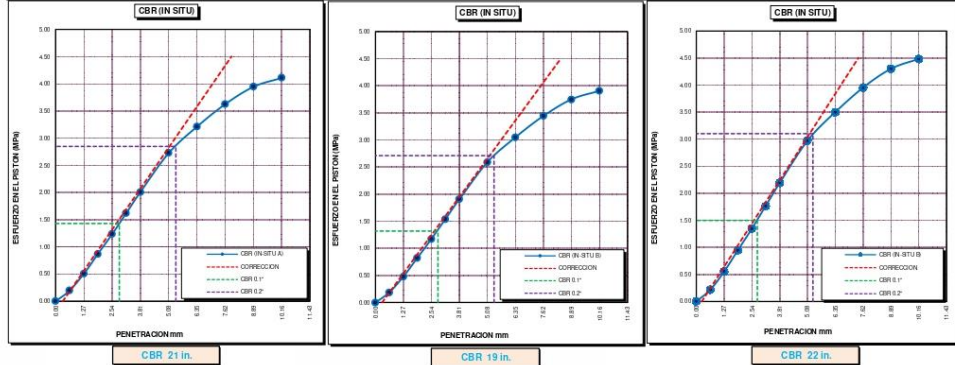
REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO				
DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO	kN/m ³	20.447	20.447	20.447
DENSIDAD DEL SUELO SECO	kN/m ³	17.583	17.583	17.583
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	%	16.320	16.320	16.320

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN			PUNTO DE EVALUACIÓN No C-3-A				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-3-B				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-3-C				
mm	Pulg.	Tiempo	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	
0.00	0	0:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	0:30	38.9	2.01	0.20		37.0	1.91	0.19		42.4	2.19	0.21		
1.27	0.050	1:00	99.7	5.15	0.51		94.7	4.89	0.48		108.7	5.62	0.55		
1.90	0.075	1:30	171.5	8.86	0.87		162.9	8.42	0.83		186.9	9.66	0.95		
2.54	0.100	2:00	70.31 / 6.9	243.8	12.60	1.24	20.72	231.6	11.97	1.17	19.13	265.7	13.73	1.35	21.74
3.17	0.125	2:30		319.4	16.51	1.62		303.4	15.68	1.54		348.1	17.99	1.76	
3.81	0.150	3:00		396.3	20.48	2.01		376.5	19.46	1.91		432.0	22.33	2.19	
5.08	0.200	4:00	105.46 / 10.35	538.1	27.81	2.73	27.54	511.2	26.42	2.59	26.18	586.5	30.31	2.97	29.95
6.35	0.250	5:00		633.4	32.73	3.21		601.7	31.10	3.05		690.4	35.68	3.50	
7.62	0.300	6:00		715.4	36.97	3.63		679.6	35.12	3.44		779.8	40.30	3.95	
8.89	0.350	7:00		778.4	40.23	3.95		739.5	38.22	3.75		848.5	43.85	4.30	
10.16	0.400	8:00		811.2	41.92	4.11		770.6	39.82	3.91		884.2	45.70	4.48	

CBR (IN-SITU) 0.1"	20.72 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	19.13 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	21.74 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.1"	21 %
CBR (IN-SITU) 0.2"	27.54 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	26.18 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	29.95 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.2"	28 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".

Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Mary Yara
Ing. I.F. MARY YARA YARA
TÉCNICO ESPECIALIZADO LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 6713039

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

Alfonso
ING. ALFONSO GÓMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CPI: 200176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN CAMPO (CBR-INSITU)

STANDARD TEST METHOD FOR CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) OF SOILS IN PLACE (WITHDRAWN 2018) (ASTM D4429-09a)

PROYECTO	TESIS "EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021"	Registro N°	: UCV_DV-06/21-007-G&C
		Fecha	: 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VIA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
PROCEDENCIA	: TERRENO NATURAL COMPACTADO - 100% CON GEOMALLA TRIAXIAL	SOLICITANTE	: BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN, BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
CALICATA	: C - 03	PROFUNDIDAD	: SUPERF.
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

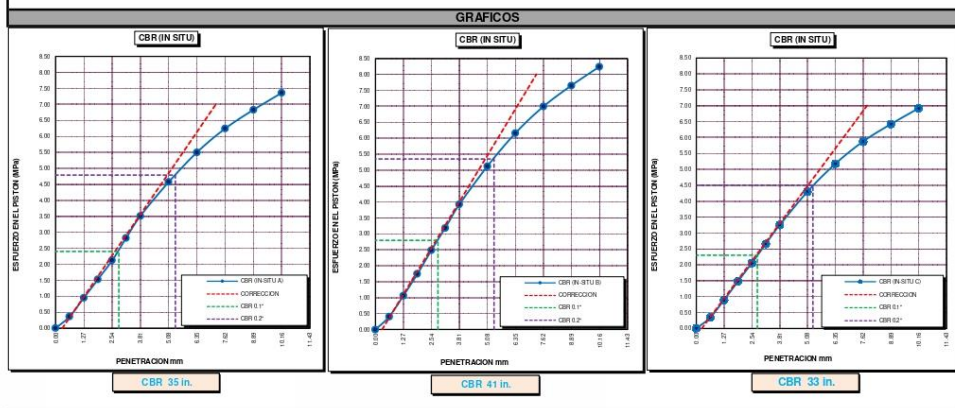
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	: CBR - INSITU
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-6 (11)	PESO UNITARIO SECO	: 20.45 kN/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de Baja Plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 16.32 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: No Aplica
		TIPO DE MARTILLO	: No aplica
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

PUNTO DE EVALUACIÓN No	COD.	C-3-A	C-3-B	C-3-C
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	2	2	2

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO				
DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO	kN/m ³	20.447	20.447	20.447
DENSIDAD DEL SUELO SECO	kN/m ³	17.583	17.583	17.583
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	%	16.320	16.320	16.320

PENETRACIÓN			PUNTO DE EVALUACIÓN No C-3-A				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-3-B				PUNTO DE EVALUACIÓN No C-3-C			
mm	Pulg.	Tiempo	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	0:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	0.025	0:30	72.1	3.73	0.37		80.8	4.18	0.41		67.8	3.50	0.34	
1.27	0.050	1:00	187.8	9.71	0.95		210.3	10.87	1.07		176.5	9.12	0.89	
1.90	0.075	1:30	300.7	15.54	1.52		344.8	17.82	1.75		291.7	15.07	1.48	
2.54	0.100	2:00	418.7	21.64	2.12	34.78	490.9	25.37	2.49	40.58	405.6	20.96	2.06	33.33
3.17	0.125	2:30	557.2	28.80	2.82		629.1	32.51	3.19		523.8	27.07	2.65	
3.81	0.150	3:00	692.4	35.78	3.51		775.5	40.08	3.93		640.9	33.12	3.25	
5.08	0.200	4:00	902.4	46.64	4.57	46.28	1010.7	52.23	5.12	51.69	848.3	43.84	4.30	43.48
6.35	0.250	5:00	1085.4	56.09	5.50		1215.6	62.82	6.16		1020.3	52.73	5.17	
7.62	0.300	6:00	1232.6	63.70	6.25		1380.5	71.34	7.00		1158.6	59.88	5.87	
8.89	0.350	7:00	1347.9	69.66	6.83		1509.6	78.02	7.65		1267.0	65.48	6.42	
10.16	0.400	8:00	1452.6	75.07	7.36		1626.9	84.08	8.25		1365.4	70.56	6.92	

CBR (IN-SITU) 0.1"	34.78 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	40.58 %	CBR (IN-SITU) 0.1"	33.33 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.1"	36 %
CBR (IN-SITU) 0.2"	46.28 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	51.69 %	CBR (IN-SITU) 0.2"	43.48 %	CBR PROMEDIO (IN-SITU) 0.2"	47 %



OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".
Certificado N° MT-LL-026-2019/R3288; Certificado N° MT-LF-052-2019/G&C01003

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
RUBI LEONARDO FERRER VARGAS
INGENIERO ESPECIALIZADO LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES
DNI: 67130330

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C

[Signature]
ING. ALEXANDER GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES
CPI: 2001176

ENSAYO DE DENSIDAD DEL SUELO IN SITU - MÉTODO DEL CONO DE ARENA

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY AND UNIT WEIGHT OF SOIL IN PLACE BY SAND-CONE METHOD (ASTM D 1556/1556M - 15e1)

TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS : TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021	Registro N° : UCV_DV-06/21-002-G&C
		Fecha : 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VÍA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
CONDICION	: Suelo Natural Compactado	BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN	COORDENADAS
CALICATA	: C - 01	SOLICITANTE : BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA	ESTE :
MUESTRA	: M - 01		NORTE :
PROFUND.	: 0.30 m.		COTA :
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN SUCS	CL	MÉTODO DE PRUEBA	CONO DE ARENA DE 6in
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (11)	PESO - ARENA EN EL CONO	1529.00 g
DESCRIPCIÓN SUCS	Arcilla de baja plasticidad	DENSIDAD APARENTE - ARENA	1.317 gr/cm3

DENSIDAD EN EL SITIO (METODO DEL CONO DE 6in)

UBICACIÓN	-	C - 01 / M - 01
PROFUNDIDAD	cm	15.00
1	Peso del Frasco + arena	[g] 6292.00
2	Peso del Frasco + arena sobrante	[g] 778.00
3	Peso del Frasco + arena empleada (1)-(2)	[g] 5514.00
4	Peso de la arena en el cono	[g] 1529.00
5	Peso arena de hueco (3)-(4)	[g] 3985.00
6	Densidad de la arena	[g/cm3] 1.317
7	Volumen de hueco (5)/(6)	cm3 3025.82
8	Peso de la tara + Suelo	[g] 5968.00
9	Peso de la tara	[g] BOLSA DE POLIETILENO
10	Peso de la tara + Suelo (8)-(9)	[g] 5968.00
11	DENSIDAD MUESTRA HUMEDA	[T/m3] 1.972
12	PESO UNITARIO HUMEDO	[kN/m3] 19.339

CONTENIDO DE HUMEDAD

13	Recipiente empleado	N°	CH - 46	CH - 47
14	Peso del recipiente	[g]	59.70	57.74
15	Peso del recipiente + Muestra humeda	[g]	321.10	392.30
16	Peso del recipiente + Muestra seca	[g]	284.60	345.50
17	Peso del agua	[g]	36.50	46.80
18	Peso del suelo seco	[g]	224.90	287.76
19	Contenido de humedad	%	16.23	16.26
20	CONTENIDO DE HUMEDAD PROM.	%	16.25	
21	DENSIDAD MUESTRA SECA	[T/m3]	1.696	
22	PESO UNITARIO SECO	[kN/m3]	16.632	

CONTROL DE COMPACTACIÓN

23	Maxima Densidad Seca (PROCTOR)	[kN/m3]	17.580
24	Contenido de Humedad Optimo (PROCTOR)	%	16.30
25	PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN	%	94.608

Observaciones:

Las pruebas fueron realizadas in situ con personal tecnico del laboratorio y con supervision del especialista.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Firma]
Baja. LC: MARY CARMEN YANA CONDORY
TECNICO ESCUELA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION
Y ENSAYOS DE MATERIALES
RMI: 471 8130

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Firma]
ING. ALEX LLIBRE GOMEZ CALLA
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYOS DE MATERIALES
CIP: 209176

ENSAYO DE DENSIDAD DEL SUELO IN SITU - MÉTODO DEL CONO DE ARENA

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY AND UNIT WEIGHT OF SOIL IN PLACE BY SAND-CONE METHOD (ASTM D 1556/1556M - 15e1)

TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021
	Registro N° : UCV_DV-06/21-003-G&C
	Fecha : 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : VÍA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO			
CONDICION : Suelo Natural Compactado	SOLICITANTE :		COORDENADAS
CALICATA : C - 02	BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN		ESTE :
MUESTRA : M - 01	BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA		NORTE :
PROFUND. : 0.30 m.			COTA :
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN SUCS	CL	MÉTODO DE PRUEBA	CONO DE ARENA DE 6in
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (11)	PESO - ARENA EN EL CONO	1529.00 g
DESCRIPCIÓN SUCS	Arcilla de baja plasticidad	DENSIDAD APARENTE - ARENA	1.317 gr/cm3

DENSIDAD EN EL SITIO (METODO DEL CONO DE 6in)

UBICACIÓN	-	C - 02 / M - 01	
PROFUNDIDAD	cm	15.00	
1	Peso del Frasco + arena	[g]	5916.00
2	Peso del Frasco + arena sobrante	[g]	747.00
3	Peso del Frasco + arena empleada (1)-(2)	[g]	5169.00
4	Peso de la arena en el cono	[g]	1529.00
5	Peso arena de hueco (3)-(4)	[g]	3640.00
6	Densidad de la arena	[g/cm3]	1.317
7	Volumen de hueco (5)/(6)	cm3	2763.86
8	Peso de la tara + Suelo	[g]	5305.00
9	Peso de la tara	[g]	BOLSA DE POLIETILENO
10	Peso de la tara + Suelo (8)-(9)	[g]	5305.00
11	DENSIDAD MUESTRA HUMEDA	[T/m3]	1.919
12	PESO UNITARIO HUMEDO	[kN/m3]	18.819

CONTENIDO DE HUMEDAD

13	Recipiente empleado	N°	CH - 53	CH - 54
14	Peso del recipiente	[g]	61.22	59.02
15	Peso del recipiente + Muestra humeda	[g]	385.10	338.10
16	Peso del recipiente + Muestra seca	[g]	340.70	299.80
17	Peso del agua	[g]	44.40	38.30
18	Peso del suelo seco	[g]	279.48	240.78
19	Contenido de humedad	%	15.89	15.91
20	CONTENIDO DE HUMEDAD PROM.	%	15.90	
21	DENSIDAD MUESTRA SECA	[T/m3]	1.656	
22	PESO UNITARIO SECO	[kN/m3]	16.240	

CONTROL DE COMPACTACIÓN

23	Maxima Densidad Seca (PROCTOR)	[kN/m3]	17.580
24	Contenido de Humedad Optimo (PROCTOR)	%	16.30
25	PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN	%	92.38

Observaciones:

Las pruebas fueron realizadas in situ con personal tecnico del laboratorio y con supervision del especialista.

Ing. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TECNICO ESCUELA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES
 RMI - 471 8130

Ing. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP- 209176

ENSAYO DE DENSIDAD DEL SUELO IN SITU - MÉTODO DEL CONO DE ARENA

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY AND UNIT WEIGHT OF SOIL IN PLACE BY SAND-CONE METHOD (ASTM D 1556/1556M - 15e1)

TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS : TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021
	Registro N° : UCV_DV-06/21-004-G&C
	Fecha : 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : VÍA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO			
CONDICION : Suelo Natural Compactado	SOLICITANTE :		COORDENADAS
CALICATA : C - 03	BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN		ESTE :
MUESTRA : M - 01	BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA		NORTE :
PROFUND. : 0.30 m.			COTA :
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN SUCS	CL	MÉTODO DE PRUEBA	CONO DE ARENA DE 6in
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (11)	PESO - ARENA EN EL CONO	1529.00 g
DESCRIPCIÓN SUCS	Arcilla de baja plasticidad	DENSIDAD APARENTE - ARENA	1.317 gr/cm3

DENSIDAD EN EL SITIO (METODO DEL CONO DE 6in)

UBICACIÓN	-	C - 03 / M - 01	
PROFUNDIDAD	cm	15.00	
1	Peso del Frasco + arena	[g]	5992.00
2	Peso del Frasco + arena sobrante	[g]	1145.00
3	Peso del Frasco + arena empleada (1)-(2)	[g]	4847.00
4	Peso de la arena en el cono	[g]	1529.00
5	Peso arena de hueco (3)-(4)	[g]	3318.00
6	Densidad de la arena	[g/cm3]	1.317
7	Volumen de hueco (5)/(6)	cm3	2519.36
8	Peso de la tara + Suelo	[g]	5252.00
9	Peso de la tara	[g]	BOLSA DE POLIETILENO
10	Peso de la tara + Suelo (8)-(9)	[g]	5252.00
11	DENSIDAD MUESTRA HUMEDA	[T/m3]	2.085
12	PESO UNITARIO HUMEDO	[kN/m3]	20.447

CONTENIDO DE HUMEDAD

13	Recipiente empleado	N°	CH - 51	CH - 52
14	Peso del recipiente	[g]	57.97	59.97
15	Peso del recipiente + Muestra humeda	[g]	418.70	417.90
16	Peso del recipiente + Muestra seca	[g]	368.10	367.80
17	Peso del agua	[g]	50.60	50.10
18	Peso del suelo seco	[g]	310.13	307.83
19	Contenido de humedad	%	16.32	16.28
20	CONTENIDO DE HUMEDAD PROM.	%	16.30	
21	DENSIDAD MUESTRA SECA	[T/m3]	1.793	
22	PESO UNITARIO SECO	[kN/m3]	17.583	

CONTROL DE COMPACTACIÓN

23	Maxima Densidad Seca (PROCTOR)	[kN/m3]	17.580
24	Contenido de Humedad Optimo (PROCTOR)	%	16.30
25	PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN	%	100.02

Observaciones:

Las pruebas fueron realizadas in situ con personal tecnico del laboratorio y con supervision del especialista.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 B.S. L. C. MARY CARMEN YANA CONDORY
 TECNICO ESCUELA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES
 RNE: 471 9130

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 209176

ENSAYO DE DENSIDAD DEL SUELO IN SITU - MÉTODO DEL CONO DE ARENA

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY AND UNIT WEIGHT OF SOIL IN PLACE BY SAND-CONE METHOD (ASTM D 1556/1556M - 15e1)

TESIS	EVALUACION EXPERIMENTAL DE LA INCORPORACION DE GEOMALLAS : TRIAXIALES PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, REGION PUNO - 2021	Registro N° : UCV_DV-06/21-005-G&C
		Fecha : 17 de Junio del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: VÍA ILAVE - JULI, COMUNIDAD CORPA MAQUERA - DIST. ILAVE - PROV. EL COLLAO - DEP. PUNO		
CONDICION	: Suelo Natural	SOLICITANTE :	BACH. I.C. FLORES PAJA ELE DELFEN
CALICATA	: C - 04		
MUESTRA	: M - 01		BACH. I.C. MAMANI CUTIPA VANESSA
PROFUND.	: 0.30 m.		
		COORDENADAS	
		ESTE	:
		NORTE	:
		COTA	:
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN SUCS	CL	MÉTODO DE PRUEBA	CONO DE ARENA DE 6in
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (11)	PESO - ARENA EN EL CONO	1529.00 g
DESCRIPCIÓN SUCS	Arcilla de baja plasticidad	DENSIDAD APARENTE - ARENA	1.317 gr/cm3

DENSIDAD EN EL SITIO (METODO DEL CONO DE 6in)

UBICACIÓN	-	C - 04 / M - 01	
PROFUNDIDAD	cm	15.00	
1	Peso del Frasco + arena	[g]	7050.00
2	Peso del Frasco + arena sobrante	[g]	2881.00
3	Peso del Frasco + arena empleada (1)-(2)	[g]	4169.00
4	Peso de la arena en el cono	[g]	1529.00
5	Peso arena de hueco (3)-(4)	[g]	2640.00
6	Densidad de la arena	[g/cm3]	1.317
7	Volumen de hueco (5)/(6)	cm3	2004.56
8	Peso de la tara + Suelo	[g]	3024.00
9	Peso de la tara	[g]	BOLSA DE POLIETILENO
10	Peso de la tara + Suelo (8)-(9)	[g]	3024.00
11	DENSIDAD MUESTRA HUMEDA	[T/m3]	1.509
12	PESO UNITARIO HUMEDO	[kN/m3]	14.798

CONTENIDO DE HUMEDAD

13	Recipiente empleado	N°	CH - 48	CH - 49
14	Peso del recipiente	[g]	75.50	80.28
15	Peso del recipiente + Muestra humeda	[g]	424.95	437.77
16	Peso del recipiente + Muestra seca	[g]	380.37	392.71
17	Peso del agua	[g]	44.58	45.06
18	Peso del suelo seco	[g]	304.87	312.43
19	Contenido de humedad	%	14.62	14.42
20	CONTENIDO DE HUMEDAD PROM.	%	14.52	
21	DENSIDAD MUESTRA SECA	[T/m3]	1.318	
22	PESO UNITARIO SECO	[kN/m3]	12.925	

CONTROL DE COMPACTACIÓN

23	Maxima Densidad Seca (PROCTOR)	[kN/m3]	17.580
24	Contenido de Humedad Optimo (PROCTOR)	%	16.30
25	PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN	%	73.522

Observaciones:

Las pruebas fueron realizadas in situ con personal tecnico del laboratorio y con supervision del especialista.

Ing. MARY CARMEN YANA CONDOORY
 TECNICO ESCUELA DE LABORATORIO DE INVESTIGACION
 Y ENSAYOS DE MATERIALES
 INE - 471 9130

Ing. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYOS DE MATERIALES
 CIP- 209176

Anexo 8. Panel fotográfico

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
PANEL FOTOGRÁFICO		
TESIS	"Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021"	
AUTORES	Flores Paja, Ele Delfen (ORCID: 0000-0002-1727-1179) Mamani Cutipa, Vanessa (ORCID: 0000-0003-1542-3500)	
Obtención de la muestra		
		
Foto N° 01 Limpieza del terreno		Foto N° 02 Excavación de la calicata
		
Foto N° 03 Se aprecia el lugar donde se extrajo la muestra 1		Foto N° 04 Tallado de la muestra

PANEL FOTOGRÁFICO
TESIS

"Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021"

AUTORES

 Flores Paja, Ele Delfen (ORCID: 0000-0002-1727-1179)
 Mamani Cutipa, Vanessa (ORCID: 0000-0003-1542-3500)

Granulometría y Proctor Modificado


Foto N° 05

Tamizado del material



Foto N° 06

Pesado de la muestra



Foto N° 07

Ensayo de Proctor modificado



Foto N° 08

Equipo de Proctor y CBR

PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS

"Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021"

AUTORES

Flores Paja, Ele Delfen (ORCID: 0000-0002-1727-1179)
Mamani Cutipa, Vanessa (ORCID: 0000-0003-1542-3500)

Ensayo de Californian Bearing Ratio



Foto N° 09

Especímenes de muestra



Foto N° 10

Saturación de los especímenes



Foto N° 11

Retiro del agua de los moldes



Foto N° 12

Prensa de CBR

PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS

"Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, Región Puno-2021"

AUTORES

Flores Paja, Ele Delfen (ORCID: 0000-0002-1727-1179)
Mamani Cutipa, Vanessa (ORCID: 0000-0003-1542-3500)

Ensayo de Californian Bearing Ratio *in situ*



Foto N° 13

Puntos donde se desarrolló la penetración



Foto N° 14

Aplicación de la carga a la subrasante



Foto N° 15

Colocación del equipo de CBR *in situ*



Foto N° 16

Ensayo de cono de arena

Anexo 9. Diseño de pavimento flexible

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE				
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento			ESAL(W18)	19 266 212
Suelo de la subrasante			CBR =	8.6%
Módulo de resiliencia de la subrasante		$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	MR (psi)=	10089.03
Tipo de tráfico		VERDADERO	Tipo:	TP12
Número de etapas			Etapas:	1
Nivel de confiabilidad			conf.	95.0%
Coeficiente estadístico de desviación estandar normal			ZR	-1.645
Desviación estandar combinado			So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico			Pi	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico			Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico			Δ PSI	1.2

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

Número estructural requerido	<input type="button" value="Calcular SN"/>	SNR=	5.779
------------------------------	--	------	-------

Coeficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.050

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

m2	m3
1	1

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

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
6 cm	20 cm	74 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	5.779	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	5.8	SI CUMPLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18)	19 266 212
Suelo de la subrasante		CBR =	20.4 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	MR (psi)=	17618.25
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo:	TP12
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		conf.	95.0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal		ZR	-1.645
Desviación estandar combinado		So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		Pi	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		Δ PSI	1.2

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

Número estructural requerido	<input type="text"/>	Calcular SN	SNR=	4.759
------------------------------	----------------------	-------------	------	-------

Coefficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.050

Coefficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

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

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
6 cm	20 cm	54 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	4.759	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	4.8	SI CUMPLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18)	#####
Suelo de la subrasante		CBR =	12.7%
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	MR (psi)=	12994.28
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo:	TP12
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		conf.	95.0%
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal		ZR	-1.645
Desviación estandar combinado		So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		Pi	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pf	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		ΔPSI	1.2

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

Número estructural requerido	<input type="button" value="Calcular SN"/>	SNR=	5.311
------------------------------	--	------	-------

Coefficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.050

Coefficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

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

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
6 cm	20 cm	65 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	5.311	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	5.35	SI CUMPLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18)	#####
Suelo de la subrasante		CBR =	26.3%
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	MR (psi)=	20700.76
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo:	TP12
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		conf.	95.0%
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal		ZR	-1.645
Desviación estandar combinado		So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		Pi	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		Δ PSI	1.2

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

Número estructural requerido		Calcular SN	SNR=	4.472
------------------------------	--	-------------	------	-------

Coefficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.050

Coefficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

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

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
6 cm	20 cm	48 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	4.472	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	4.5	SI CUMPLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18)	19 266 212
Suelo de la subrasante		CBR =	18.3 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	MR (psi)=	16398.42
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo:	TP12
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		conf.	95.0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal		ZR	-1.645
Desviación estandar combinado		So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		Pi	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		Δ PSI	1.2

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

Número estructural requerido	<input type="text"/>	Calcular SN	SNR=	4.888
------------------------------	----------------------	-------------	------	-------

Coefficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.050

Coefficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

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

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
6 cm	20 cm	56 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	4.888	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	4.9	SICUMPLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18)	19 266 212
Suelo de la subrasante		CBR =	32.4 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	MR (psi)=	23674.60
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo:	TP12
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		conf.	95.0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal		ZR	-1.645
Desviación estandar combinado		So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		Pi	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		Δ PSI	1.2

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

Número estructural requerido		Calcular SN	SNR=	4.238
------------------------------	--	-------------	------	-------

Coefficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.050

Coefficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

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

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
6 cm	20 cm	43 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	4.238	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	4.25	SI CUMPLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento			ESAL(W18)	19 266 212
Suelo de la subrasante			CBR =	20.5%
Módulo de resiliencia de la subrasante		$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	MR (psi)=	17673.39
Tipo de tráfico		VERDADERO	Tipo:	TP12
Número de etapas			Etapas:	1
Nivel de confiabilidad			conf.	95.0%
Coeficiente estadístico de desviación estandar normal			ZR	-1.645
Desviación estandar combinado			So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico			Pi	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico			Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico			Δ PSI	1.2

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

Número estructural requerido	<input type="button" value="Calcular SN"/>	SNR=	4.752
------------------------------	--	------	-------

Coefficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.050

Coefficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

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

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
6 cm	20 cm	54 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	4.752	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	4.8	SI CUMPLE

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18)	19 266 212
Suelo de la subrasante		CBR =	36.2 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$	MR (psi)=	25421.12
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo:	TP12
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		conf.	95.0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal		ZR	-1.645
Desviación estandar combinado		So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		Pi	4.2
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		ΔPSI	1.2

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

Número estructural requerido	<input type="button" value="Calcular SN"/>	SNR=	4.115
------------------------------	--	------	-------

Coefficientes estructurales de las capas

CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE
0.170	0.054	0.050

Coefficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

m2	m3
1	1

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

Cálculo de espesores de las capas

d1	d2	d3
6 cm	20 cm	41 cm
Capa superficial	Base	SubBase

SNR (Requerido)	4.115	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	4.15	SI CUMPLE

Anexo 10. Reporte del SPSS

```

GET
  FILE='D:\TESIS\ELE DELFEN CBR.sav'.
DATASET NAME ConjuntoDatos1 WINDOW=FRONT.
EXAMINE VARIABLES=CBR_insitu BY Proporción
  /PLOT BOXPLOT
  /COMPARE GROUPS
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /CINTERVAL 95
  /MISSING LISTWISE
  /NOTOTAL.

```

Explorar

Notas

Salida creada		18-JUN-2021 18:35:06
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\TRAFAS\ELE DELFE CBR.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	25
Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario para variables dependientes se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en casos sin valores perdidos para ninguna de la variable dependiente o factor utilizado.

Sintaxis		EXAMINE VARIABLES=CBR_insitu BY Proporción /PLOT BOXPLOT /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:01.56
	Tiempo transcurrido	00:00:01.05

[ConjuntoDatos1] D:\TRAFAS\ELE DELFE CBR.sav

Proporción

Descriptivos

CBR_insitu

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
al 73% de la MDS SG	3	8,600	,7962	,4597	6,622	10,578	7,8	9,4
al 92% de la MDS SG	3	18,263	,9531	,5503	15,896	20,631	17,4	19,3
al 95% de la MDS SG	3	20,433	1,2365	,7139	17,362	23,505	19,1	21,6
al 100% de la MDS SG	3	32,417	2,4664	1,4240	26,290	38,544	30,0	34,9
al 73% de la MDS CG	3	12,897	,8100	,4677	10,884	14,909	12,2	13,8

al 92% de la MDS CG	3	20,530	1,3153	,7594	17,263	23,797	19,1	21,7
al 95% de la MDS CG	3	26,273	1,1746	,6782	23,355	29,191	25,2	27,5
al 100% de la MDS CG	3	36,230	3,8363	2,2149	26,700	45,760	33,3	40,6
Total	24	21,955	9,0555	1,8484	18,132	25,779	7,8	40,6

Descriptivos

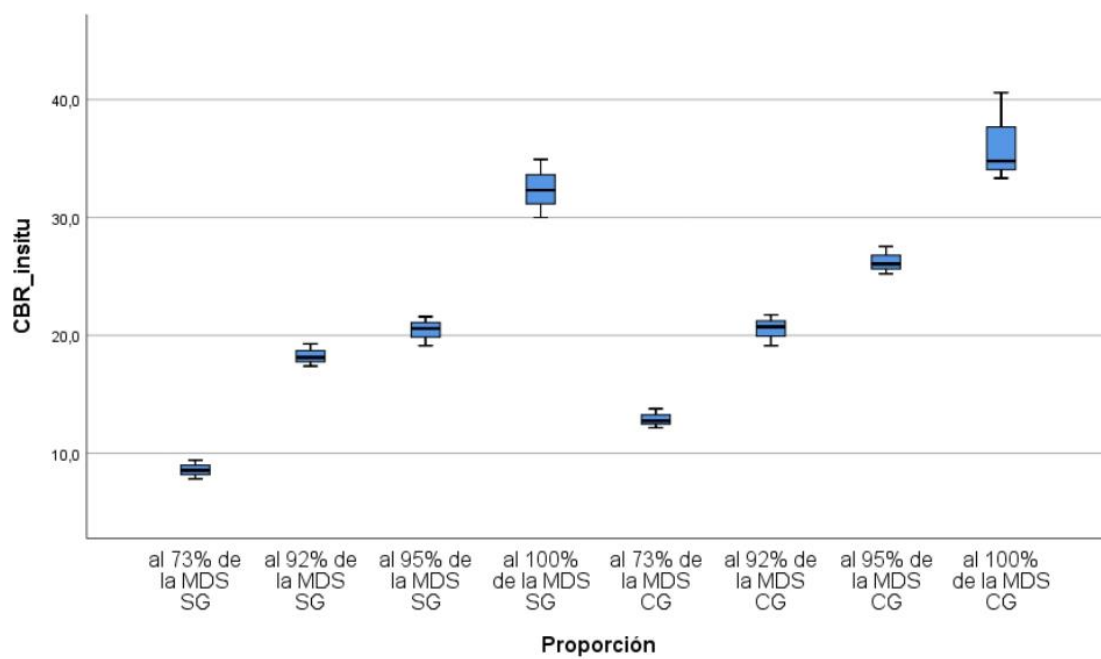
	Proporción		Estadístico	Error estándar	
CBR_insitu	al 73% de la MDS SG	Media	8,600	,4597	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,622	
			Límite superior	10,578	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	8,550		
		Varianza	,634		
		Desviación estándar	,7962		
		Mínimo	7,8		
		Máximo	9,4		
		Rango	1,6		
		Rango intercuartil	.		
		Asimetría	,281	1,225	
		Curtosis	.		
			al 92% de la MDS SG	Media	18,263
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			15,896	
	Límite superior			20,631	
Media recortada al 5%	.				
Mediana	18,120				
Varianza	,908				
Desviación estándar	,9531				
Mínimo	17,4				
Máximo	19,3				
Rango	1,9				
Rango intercuartil	.				

		Asimetría	,661	1,225
		Curtosis	.	.
	al 95% de la MDS SG	Media	20,433	,7139
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	17,362 23,505
		Media recortada al 5%	.	.
		Mediana	20,580	
		Varianza	1,529	
		Desviación estándar	1,2365	
		Mínimo	19,1	
		Máximo	21,6	
		Rango	2,5	
		Rango intercuartil	.	.
		Asimetría	-,526	1,225
		Curtosis	.	.
	al 100% de la MDS SG	Media	32,417	1,4240
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	26,290 38,544
		Media recortada al 5%	.	.
		Mediana	32,320	
		Varianza	6,083	
		Desviación estándar	2,4664	
		Mínimo	30,0	
		Máximo	34,9	
		Rango	4,9	
		Rango intercuartil	.	.
		Asimetría	,176	1,225
		Curtosis	.	.
	al 73% de la MDS CG	Media	12,897	,4677
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	10,884 14,909
		Media recortada al 5%	.	.
		Mediana	12,750	
		Varianza	,656	
		Desviación estándar	,8100	
		Mínimo	12,2	
		Máximo	13,8	
		Rango	1,6	

		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	,788	1,225
		Curtosis	.	.
	al 92% de la MDS CG	Media	20,530	,7594
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	17,263
			Límite superior	23,797
		Media recortada al 5%	.	.
		Mediana	20,720	
		Varianza	1,730	
		Desviación estándar	1,3153	
		Mínimo	19,1	
		Máximo	21,7	
		Rango	2,6	
		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	-,636	1,225
		Curtosis	.	.
	al 95% de la MDS CG	Media	26,273	,6782
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	23,355
			Límite superior	29,191
		Media recortada al 5%	.	.
		Mediana	26,060	
		Varianza	1,380	
		Desviación estándar	1,1746	
		Mínimo	25,2	
		Máximo	27,5	
		Rango	2,3	
		Rango intercuartil	.	
		Asimetría	,790	1,225
		Curtosis	.	.
	al 100% de la MDS CG	Media	36,230	2,2149
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	26,700
			Límite superior	45,760
		Media recortada al 5%	.	.
		Mediana	34,780	
		Varianza	14,717	
		Desviación estándar	3,8363	
		Mínimo	33,3	
		Máximo	40,6	

	Rango	7,3	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	1,458	1,225
	Curtosis	.	.

CBR_insitu



```

ONEWAY CBR_insitu BY Proporción
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05).

```

Unidireccional

Notas

Salida creada		18-JUN-2021 18:35:35
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\TRAFAS\ELE DELFE CBR.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	25
Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos para cada análisis se basan en casos sin datos perdidos para cualquier variable del análisis.
Sintaxis		ONEWAY CBR_insitu BY Proporción /STATISTICS DESCRIPTIVES /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05).
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.02
	Tiempo transcurrido	00:00:00.02

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CBR_insitu	Se basa en la media	2,667	7	16	,520
	Se basa en la mediana	,759	7	16	,629
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,759	7	4,140	,648
	Se basa en la media recortada	2,490	7	16	,062

ANOVA

CBR_insitu

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1830,762	7	261,537	75,704	,000
Dentro de grupos	55,276	16	3,455		
Total	1886,038	23			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: CBR_insitu

HSD Tukey

(I) Proporción	(J) Proporción	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
al 73% de la MDS SG	al 92% de la MDS SG	-9,6633*	1,5176	,000	-14,918	-4,409
	al 95% de la MDS SG	-11,8333*	1,5176	,000	-17,088	-6,579
	al 100% de la MDS SG	-23,8167*	1,5176	,000	-29,071	-18,562
	al 73% de la MDS CG	-4,2967	1,5176	,155	-9,551	,958
	al 92% de la MDS CG	-11,9300*	1,5176	,000	-17,184	-6,676
	al 95% de la MDS CG	-17,6733*	1,5176	,000	-22,928	-12,419
	al 100% de la MDS CG	-27,6300*	1,5176	,000	-32,884	-22,376
	al 92% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	9,6633*	1,5176	,000	4,409
al 95% de la MDS SG		-2,1700	1,5176	,831	-7,424	3,084
al 100% de la MDS SG		-14,1533*	1,5176	,000	-19,408	-8,899
al 73% de la MDS CG		5,3667*	1,5176	,044	,112	10,621
al 92% de la MDS CG		-2,2667	1,5176	,800	-7,521	2,988
al 95% de la MDS CG		-8,0100*	1,5176	,001	-13,264	-2,756

	al 100% de la MDS CG	-17,9667*	1,5176	,000	-23,221	-12,712
al 95% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	11,8333*	1,5176	,000	6,579	17,088
	al 92% de la MDS SG	2,1700	1,5176	,831	-3,084	7,424
	al 100% de la MDS SG	-11,9833*	1,5176	,000	-17,238	-6,729
	al 73% de la MDS CG	7,5367*	1,5176	,003	2,282	12,791
	al 92% de la MDS CG	-,0967	1,5176	1,000	-5,351	5,158
	al 95% de la MDS CG	-5,8400*	1,5176	,024	-11,094	-,586
	al 100% de la MDS CG	-15,7967*	1,5176	,000	-21,051	-10,542
	al 100% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	23,8167*	1,5176	,000	18,562
al 92% de la MDS SG		14,1533*	1,5176	,000	8,899	19,408
al 95% de la MDS SG		11,9833*	1,5176	,000	6,729	17,238
al 73% de la MDS CG		19,5200*	1,5176	,000	14,266	24,774
al 92% de la MDS CG		11,8867*	1,5176	,000	6,632	17,141
al 95% de la MDS CG		6,1433*	1,5176	,016	,889	11,398
al 100% de la MDS CG		-3,8133	1,5176	,257	-9,068	1,441
al 73% de la MDS CG		al 73% de la MDS SG	4,2967	1,5176	,155	-,958
	al 92% de la MDS SG	-5,3667*	1,5176	,044	-10,621	-,112
	al 95% de la MDS SG	-7,5367*	1,5176	,003	-12,791	-2,282
	al 100% de la MDS SG	-19,5200*	1,5176	,000	-24,774	-14,266

	al 92% de la MDS CG	-7,6333 [*]	1,5176	,002	-12,888	-2,379
	al 95% de la MDS CG	-13,3767 [*]	1,5176	,000	-18,631	-8,122
	al 100% de la MDS CG	-23,3333 [*]	1,5176	,000	-28,588	-18,079
al 92% de la MDS CG	al 73% de la MDS SG	11,9300 [*]	1,5176	,000	6,676	17,184
	al 92% de la MDS SG	2,2667	1,5176	,800	-2,988	7,521
	al 95% de la MDS SG	,0967	1,5176	1,000	-5,158	5,351
	al 100% de la MDS SG	-11,8867 [*]	1,5176	,000	-17,141	-6,632
	al 73% de la MDS CG	7,6333 [*]	1,5176	,002	2,379	12,888
	al 95% de la MDS CG	-5,7433 [*]	1,5176	,027	-10,998	-,489
	al 100% de la MDS CG	-15,7000 [*]	1,5176	,000	-20,954	-10,446
	al 95% de la MDS CG	al 73% de la MDS SG	17,6733 [*]	1,5176	,000	12,419
al 92% de la MDS SG		8,0100 [*]	1,5176	,001	2,756	13,264
al 95% de la MDS SG		5,8400 [*]	1,5176	,024	,586	11,094
al 100% de la MDS SG		-6,1433 [*]	1,5176	,016	-11,398	-,889
al 73% de la MDS CG		13,3767 [*]	1,5176	,000	8,122	18,631
al 92% de la MDS CG		5,7433 [*]	1,5176	,027	,489	10,998
al 100% de la MDS CG		-9,9567 [*]	1,5176	,000	-15,211	-4,702
al 100% de la MDS CG		al 73% de la MDS SG	27,6300 [*]	1,5176	,000	22,376
	al 92% de la MDS SG	17,9667 [*]	1,5176	,000	12,712	23,221

	al 95% de la MDS SG	15,7967*	1,5176	,000	10,542	21,051
	al 100% de la MDS SG	3,8133	1,5176	,257	-1,441	9,068
	al 73% de la MDS CG	23,3333*	1,5176	,000	18,079	28,588
	al 92% de la MDS CG	15,7000*	1,5176	,000	10,446	20,954
	al 95% de la MDS CG	9,9567*	1,5176	,000	4,702	15,211

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

CBR_ insitu

HSD Tukey^a

Proporción	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
al 73% de la MDS SG	3	8,600			
al 73% de la MDS CG	3	12,897			
al 92% de la MDS SG	3		18,263		
al 95% de la MDS SG	3		20,433		
al 92% de la MDS CG	3		20,530		
al 95% de la MDS CG	3			26,273	
al 100% de la MDS SG	3				32,417
al 100% de la MDS CG	3				36,230
Sig.		,155	,800	1,000	,257

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

```

EXAMINE VARIABLES=Espesor_subbaseBY Proporción
/PLOT BOXPLOT NPLOT
/COMPARE GROUPS
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.

```

Explorar

Notas

Salida creada		14-JUL-2021 14:31:29
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\TRAFAS\ELE DELFE CBR.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	25
Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario para variables dependientes se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en casos sin valores perdidos para ninguna de la variable dependiente o factor utilizado.
Sintaxis	EXAMINE VARIABLES=Espesor_subbase BY Proporción /PLOT BOXPLOT NPLOT /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.	

Notas

Recursos	Tiempo de procesador	00:00:02.19
	Tiempo transcurrido	00:00:01.77

Proporción

Resumen de procesamiento de casos

Proporción	Proporción	Casos			
		Válido		Perdidos	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje
Espesor_subbase	al 100% de la MDS SG	3	100,0%	0	0,0%
	al 73% de la MDS SG	3	100,0%	0	0,0%
	al 73% de la MDS CG	3	100,0%	0	0,0%
	al 92% de la MDS SG	3	100,0%	0	0,0%
	al 92% de la MDS CG	3	100,0%	0	0,0%
	al 95% de la MDS SG	3	100,0%	0	0,0%
	al 95% de la MDS CG	3	100,0%	0	0,0%
	al 100% de la MDS CG	3	100,0%	0	0,0%

Resumen de procesamiento de casos

Proporción	Proporción	Casos	
		N	Porcentaje
Espesor_subbase	al 100% de la MDS SG	3	100,0%
	al 73% de la MDS SG	3	100,0%
	al 73% de la MDS CG	3	100,0%
	al 92% de la MDS SG	3	100,0%
	al 92% de la MDS CG	3	100,0%
	al 95% de la MDS SG	3	100,0%
	al 95% de la MDS CG	3	100,0%
	al 100% de la MDS CG	3	100,0%

Descriptivos

		Proporción			Estadístico		
Espesor_subbase	al 100% de la MDS SG	Media			54,0000		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			50,9474	
			Límite superior			57,0526	
		Media recortada al 5%			.		
		Mediana			54,5000		
		Varianza			1,510		
		Desviación estándar			1,22882		
		Mínimo			52,60		
		Máximo			54,90		
		Rango			2,30		
		Rango intercuartil			.		
		Asimetría			-1,528		
		Curtosis			.		
		al 73% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	Media			74,0000
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		
Límite superior					82,4643		
Media recortada al 5%				.			
Mediana				72,5000			
Varianza				11,610			
Desviación estándar				3,40735			
Mínimo				71,60			
Máximo				77,90			
Rango				6,30			
Rango intercuartil				.			
Asimetría				1,597			
Curtosis				.			
al 73% de la MDS CG	al 73% de la MDS CG			Media			54,0000
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		
		Límite superior			58,5195		
		Media recortada al 5%			.		
		Mediana			53,0000		
		Varianza			3,310		
		Desviación estándar			1,81934		
		Mínimo			52,90		
		Máximo			56,10		

Descriptivos

		Proporción		Error estándar		
Espesor_subbase	al 100% de la MDS SG	Media		,70946		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			
			Límite superior			
		Media recortada al 5%				
		Mediana				
		Varianza				
		Desviación estándar				
		Mínimo				
		Máximo				
		Rango				
		Rango intercuartil				
		Asimetría		1,225		
		Curtosis		.		
			al 73% de la MDS SG	Media		1,96723
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
					Límite superior	
				Media recortada al 5%		
				Mediana		
				Varianza		
				Desviación estándar		
		Mínimo				
		Máximo				
		Rango				
		Rango intercuartil				
		Asimetría		1,225		
		Curtosis		.		
	al 73% de la MDS CG	Media		1,05040		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			
			Límite superior			
		Media recortada al 5%				
		Mediana				
		Varianza				
		Desviación estándar				
		Mínimo				
		Máximo				

Descriptivos

Proporción	Estadístico		
	Rango	3,20	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	1,726	
	Curtosis	.	
al 92% de la MDS SG	Media	65,0000	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	59,3845
		Límite superior	70,6155
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	63,9000	
	Varianza	5,110	
	Desviación estándar	2,26053	
	Mínimo	63,50	
	Máximo	67,60	
	Rango	4,10	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	1,671	
Curtosis	.		
al 92% de la MDS CG	Media	48,0000	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	39,8780
		Límite superior	56,1220
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	49,2000	
	Varianza	10,690	
	Desviación estándar	3,26956	
	Mínimo	44,30	
	Máximo	50,50	
	Rango	6,20	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	-1,429	
Curtosis	.		
al 95% de la MDS SG	Media	56,0000	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	52,6395
		Límite superior	59,3605
	Media recortada al 5%	.	
Mediana	55,9000		

Descriptivos

Proporción			Error estándar
al 92% de la MDS SG	Rango		
	Rango intercuartil		
	Asimetría		1,225
	Curtosis		.
	Media		1,30512
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
		Límite superior	
	Media recortada al 5%		
	Mediana		
	Varianza		
Desviación estándar			
Mínimo			
Máximo			
Rango			
Rango intercuartil			
Asimetría		1,225	
Curtosis		.	
al 92% de la MDS CG	Media		1,88768
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
		Límite superior	
	Media recortada al 5%		
	Mediana		
	Varianza		
	Desviación estándar		
	Mínimo		
	Máximo		
	Rango		
Rango intercuartil			
Asimetría		1,225	
Curtosis		.	
al 95% de la MDS SG	Media		,78102
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
		Límite superior	
	Media recortada al 5%		
Mediana			

Descriptivos

Proporción			Estadístico
	Varianza		1,830
	Desviación estándar		1,35277
	Mínimo		54,70
	Máximo		57,40
	Rango		2,70
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		,331
	Curtosis		.
al 95% de la MDS CG	Media		43,0000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	36,9558
		Límite superior	49,0442
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		41,8000
	Varianza		5,920
	Desviación estándar		2,43311
	Mínimo		41,40
	Máximo		45,80
	Rango		4,40
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		1,680
	Curtosis		.
al 100% de la MDS CG	Media		41,0000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	34,3159
		Límite superior	47,6841
	Media recortada al 5%		.
	Mediana		41,8000
	Varianza		7,240
	Desviación estándar		2,69072
	Mínimo		38,00
	Máximo		43,20
	Rango		5,20
	Rango intercuartil		.
	Asimetría		-1,220
	Curtosis		.

Descriptivos

Proporción		Error estándar	
	Varianza		
	Desviación estándar		
	Mínimo		
	Máximo		
	Rango		
	Rango intercuartil		
	Asimetría	1,225	
	Curtosis	.	
	al 95% de la MDS CG	Media	1,40475
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior
Límite superior			
Media recortada al 5%			
Mediana			
Varianza			
Desviación estándar			
Mínimo			
Máximo			
Rango			
Rango intercuartil			
Asimetría	1,225		
Curtosis	.		
al 100% de la MDS CG	Media	1,55349	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
		Límite superior	
	Media recortada al 5%		
	Mediana		
	Varianza		
	Desviación estándar		
	Mínimo		
	Máximo		
	Rango		
	Rango intercuartil		
	Asimetría	1,225	
	Curtosis	.	

Pruebas de normalidad

	Proporción	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico
Espesor_subbase	al 100% de la MDS SG	,325	3	.	,876
	al 73% de la MDS SG	,337	3	.	,855
	al 73% de la MDS CG	,375	3	.	,773
	al 92% de la MDS SG	,353	3	.	,822
	al 92% de la MDS CG	,310	3	.	,899
	al 95% de la MDS SG	,196	3	.	,996
	al 95% de la MDS CG	,356	3	.	,818
	al 100% de la MDS CG	,284	3	.	,934

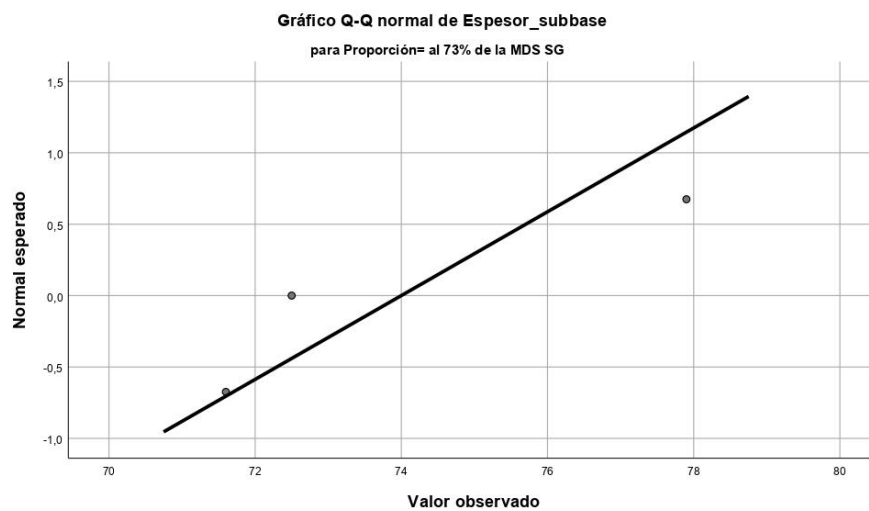
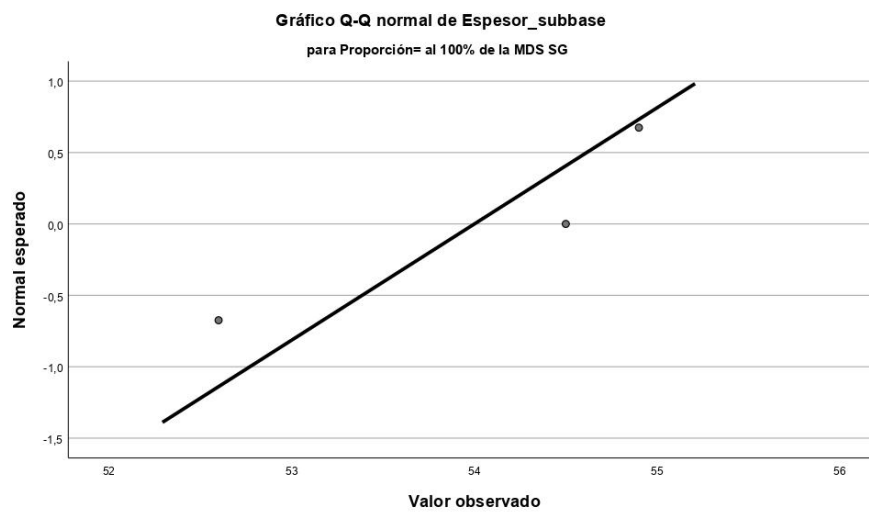
Pruebas de normalidad

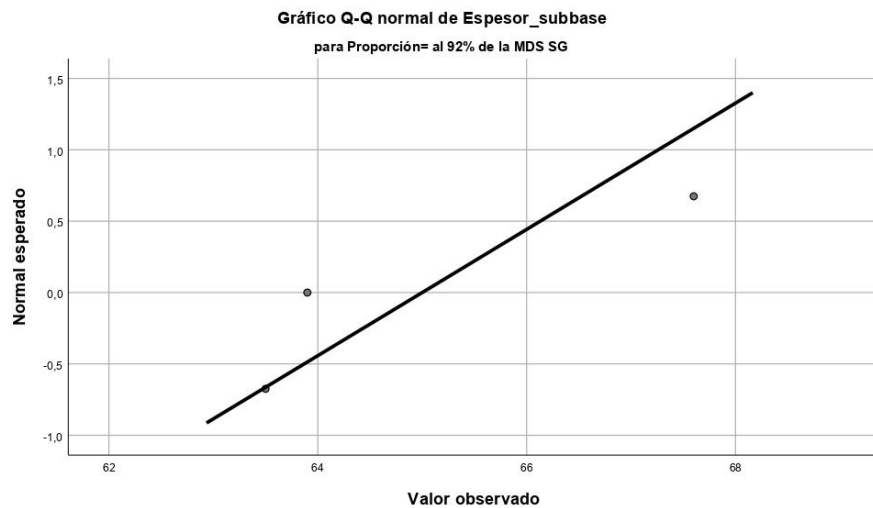
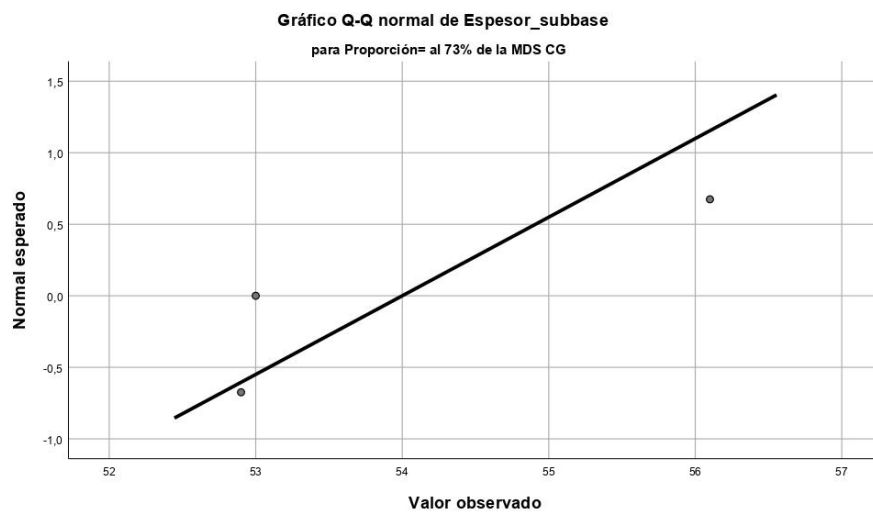
	Proporción	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
Espesor_subbase	al 100% de la MDS SG	3	,312
	al 73% de la MDS SG	3	,253
	al 73% de la MDS CG	3	,052
	al 92% de la MDS SG	3	,169
	al 92% de la MDS CG	3	,382
	al 95% de la MDS SG	3	,878
	al 95% de la MDS CG	3	,157
	al 100% de la MDS CG	3	,503

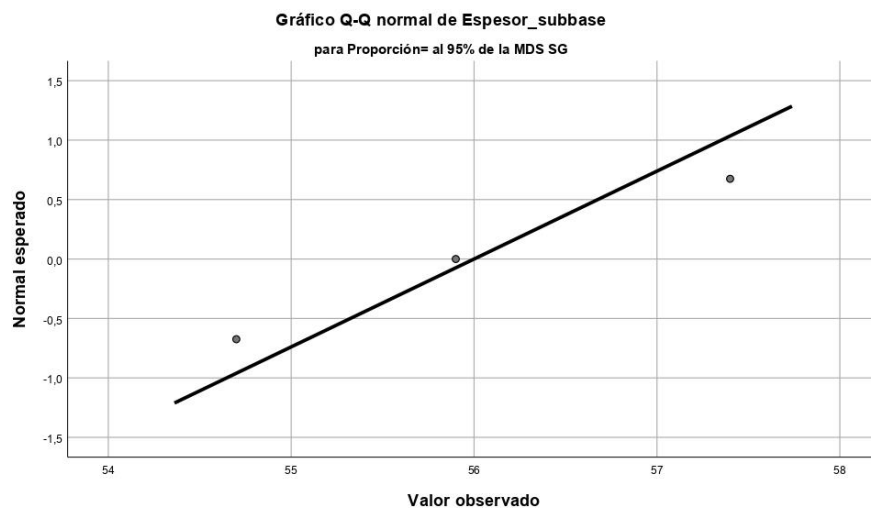
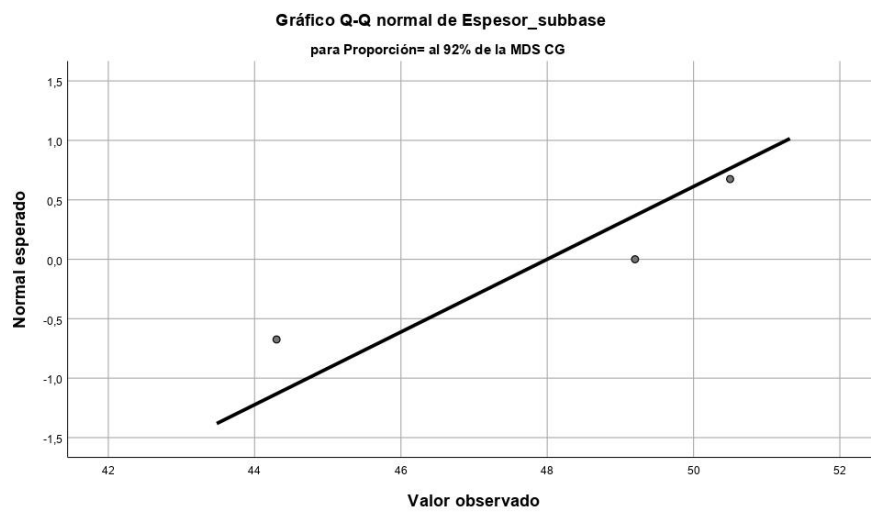
a. Corrección de significación de Lilliefors

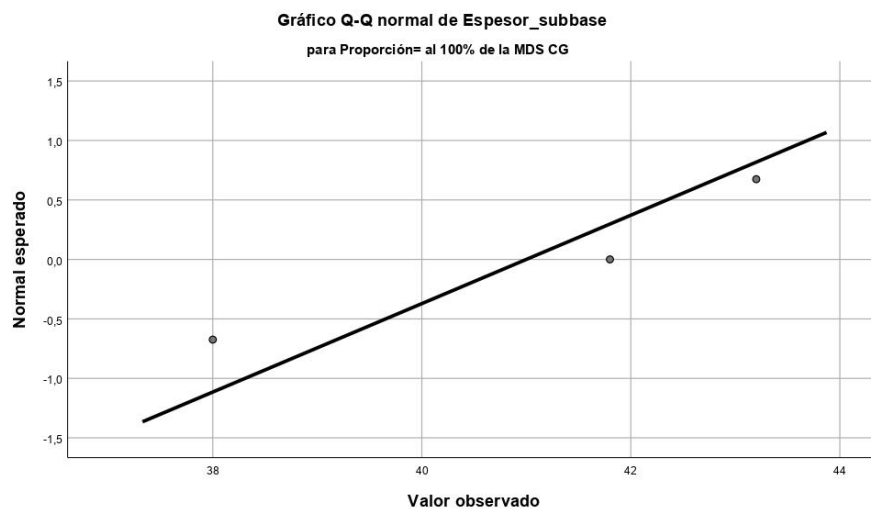
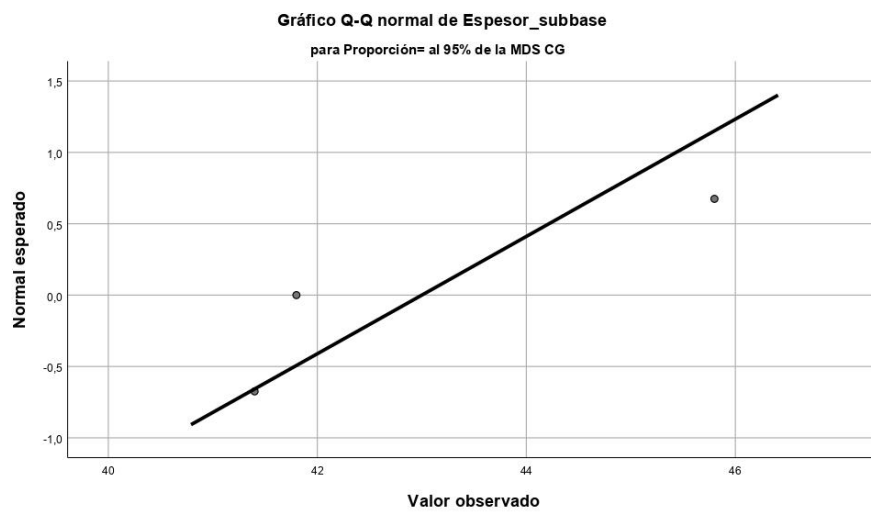
Espesor_subbase

Gráficos Q-Q normales

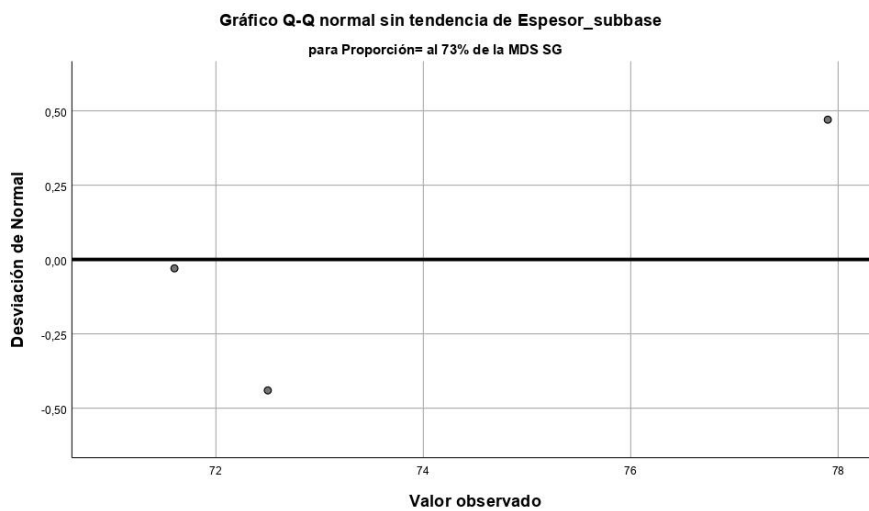
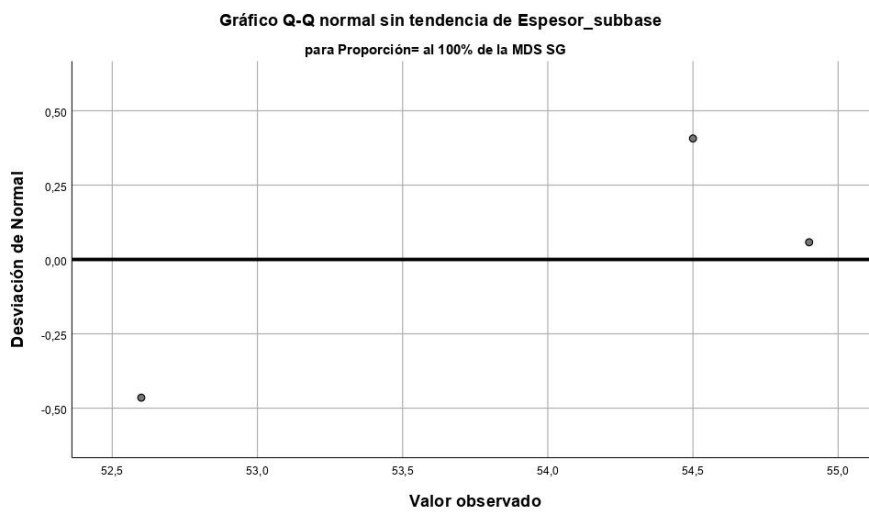


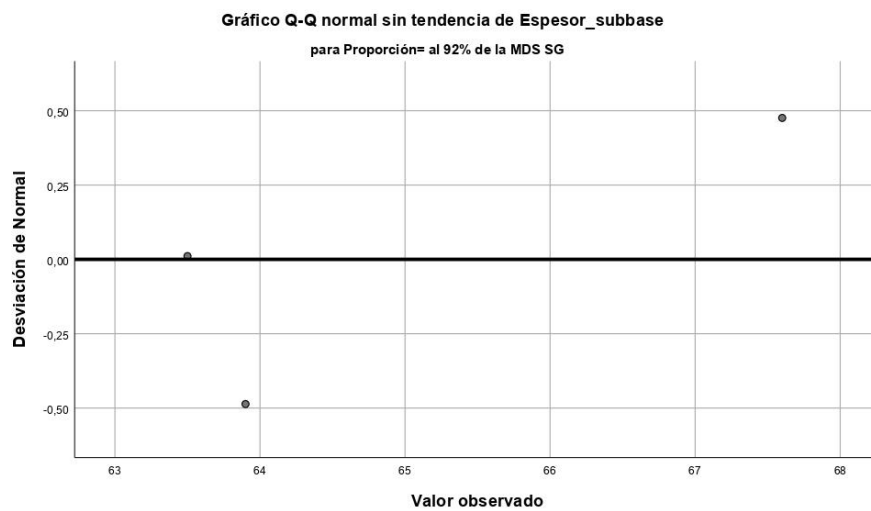
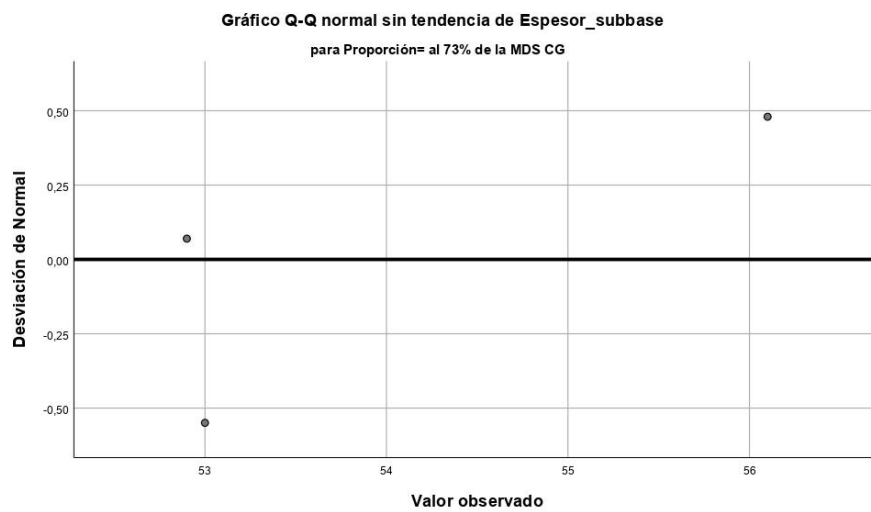


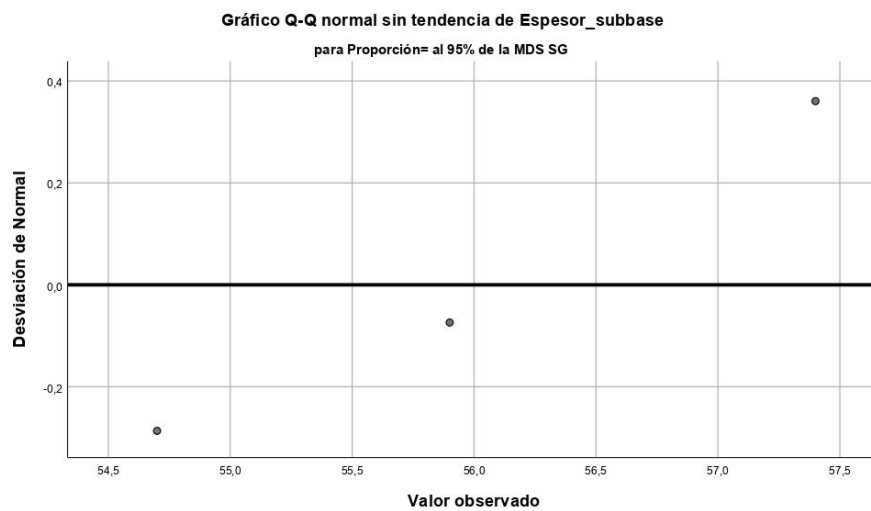
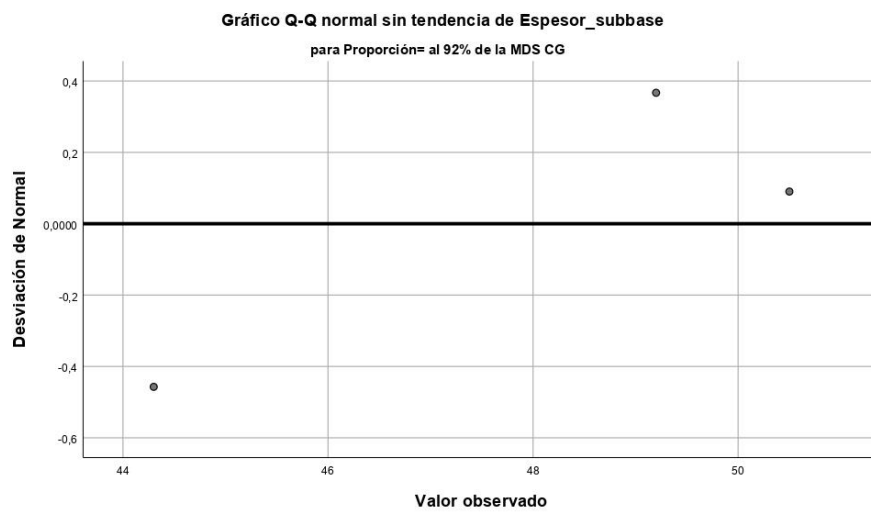


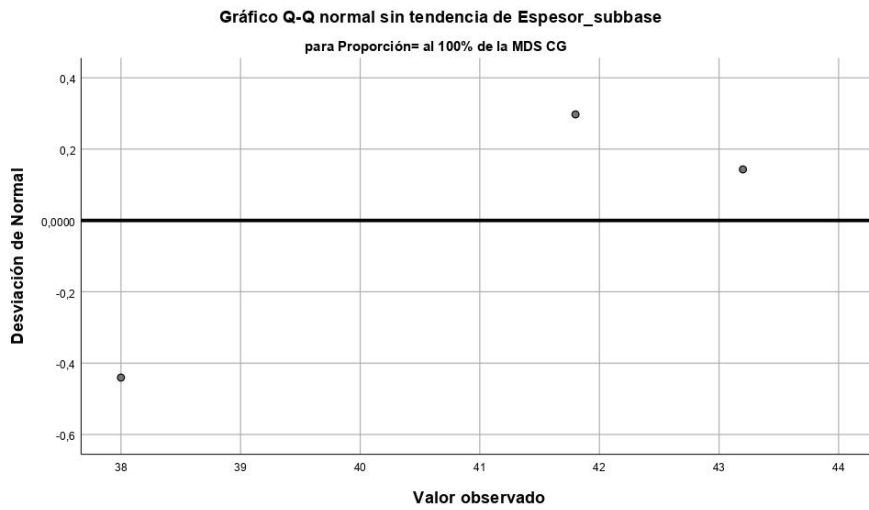
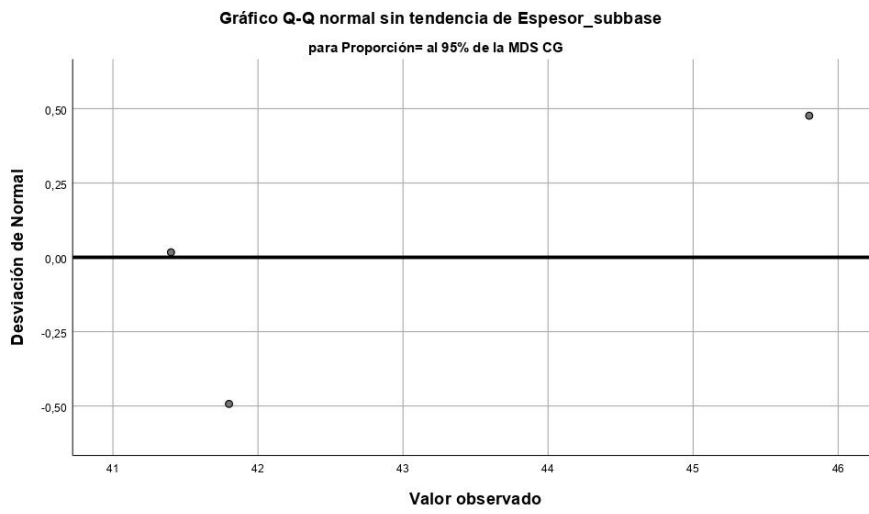


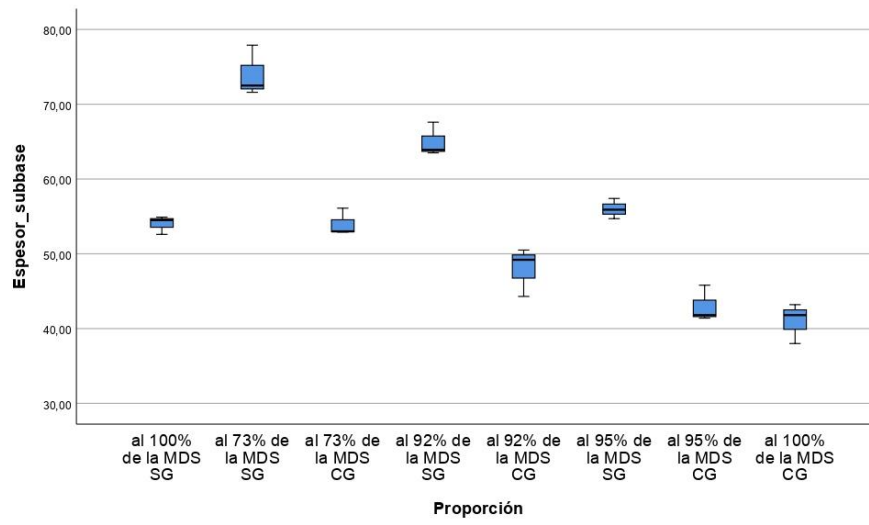
Gráficos Q-Q normales sin tendencia











```

ONEWAY Espesor_subbase BY Proporción
/STATISTICS HOMOGENEITY
/PLOT MEANS
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05) .

```

Notas

Salida creada		14-JUL-2021 14:31:40
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\TRAFAS\ELE DELFE CBR.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	25
Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos para cada análisis se basan en casos sin datos perdidos para cualquier variable del análisis.
Sintaxis		ONEWAY Espesor_subbase BY Proporción /STATISTICS HOMOGENEITY /PLOT MEANS /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05).
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.17
	Tiempo transcurrido	00:00:00.17

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Espesor_subbase	Se basa en la media	1,424	7	16	,263
	Se basa en la mediana	,192	7	16	,983
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,192	7	11,743	,981
	Se basa en la media recortada	1,236	7	16	,340

ANOVA

Espesor_subbase

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2549,625	7	364,232	61,708	,000
Dentro de grupos	94,440	16	5,903		
Total	2644,065	23			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Espesor_subbase

HSD Tukey

(I) Proporción	(J) Proporción	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
al 100% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	-20,0000*	1,98368	,000
	al 73% de la MDS CG	,00000	1,98368	1,000
	al 92% de la MDS SG	-11,0000*	1,98368	,001
	al 92% de la MDS CG	6,00000	1,98368	,111
	al 95% de la MDS SG	-2,00000	1,98368	,966
	al 95% de la MDS CG	11,0000*	1,98368	,001
	al 100% de la MDS CG	13,0000*	1,98368	,000
al 73% de la MDS SG	al 100% de la MDS SG	20,0000*	1,98368	,000
	al 73% de la MDS CG	20,0000*	1,98368	,000
	al 92% de la MDS SG	9,00000*	1,98368	,006
	al 92% de la MDS CG	26,0000*	1,98368	,000
	al 95% de la MDS SG	18,0000*	1,98368	,000
	al 95% de la MDS CG	31,0000*	1,98368	,000
	al 100% de la MDS CG	33,0000*	1,98368	,000
al 73% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	,00000	1,98368	1,000
	al 73% de la MDS SG	-20,0000*	1,98368	,000
	al 92% de la MDS SG	-11,0000*	1,98368	,001
	al 92% de la MDS CG	6,00000	1,98368	,111
	al 95% de la MDS SG	-2,00000	1,98368	,966
	al 95% de la MDS CG	11,0000*	1,98368	,001
	al 100% de la MDS CG	13,0000*	1,98368	,000

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Espesor_subbase

HSD Tukey

(I) Proporción	(J) Proporción	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
al 100% de la MDS SG	al 73% de la MDS SG	-26,8678	-13,1322
	al 73% de la MDS CG	-6,8678	6,8678
	al 92% de la MDS SG	-17,8678	-4,1322
	al 92% de la MDS CG	-,8678	12,8678
	al 95% de la MDS SG	-8,8678	4,8678
	al 95% de la MDS CG	4,1322	17,8678
	al 100% de la MDS CG	6,1322	19,8678
al 73% de la MDS SG	al 100% de la MDS SG	13,1322	26,8678
	al 73% de la MDS CG	13,1322	26,8678
	al 92% de la MDS SG	2,1322	15,8678
	al 92% de la MDS CG	19,1322	32,8678
	al 95% de la MDS SG	11,1322	24,8678
	al 95% de la MDS CG	24,1322	37,8678
	al 100% de la MDS CG	26,1322	39,8678
al 73% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	-6,8678	6,8678
	al 73% de la MDS SG	-26,8678	-13,1322
	al 92% de la MDS SG	-17,8678	-4,1322
	al 92% de la MDS CG	-,8678	12,8678
	al 95% de la MDS SG	-8,8678	4,8678
	al 95% de la MDS CG	4,1322	17,8678
	al 100% de la MDS CG	6,1322	19,8678

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Espesor_subbase

HSD Tukey

(I) Proporción	(J) Proporción	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
al 92% de la MDS SG	al 100% de la MDS SG	11,00000*	1,98368	,001
	al 73% de la MDS SG	-9,00000*	1,98368	,006
	al 73% de la MDS CG	11,00000*	1,98368	,001
	al 92% de la MDS CG	17,00000*	1,98368	,000
	al 95% de la MDS SG	9,00000*	1,98368	,006
	al 95% de la MDS CG	22,00000*	1,98368	,000
	al 100% de la MDS CG	24,00000*	1,98368	,000
al 92% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	-6,00000	1,98368	,111
	al 73% de la MDS SG	-26,00000*	1,98368	,000
	al 73% de la MDS CG	-6,00000	1,98368	,111
	al 92% de la MDS SG	-17,00000*	1,98368	,000
	al 95% de la MDS SG	-8,00000*	1,98368	,017
	al 95% de la MDS CG	5,00000	1,98368	,254
	al 100% de la MDS CG	7,00000*	1,98368	,044
al 95% de la MDS SG	al 100% de la MDS SG	2,00000	1,98368	,966
	al 73% de la MDS SG	-18,00000*	1,98368	,000
	al 73% de la MDS CG	2,00000	1,98368	,966
	al 92% de la MDS SG	-9,00000*	1,98368	,006
	al 92% de la MDS CG	8,00000*	1,98368	,017
	al 95% de la MDS CG	13,00000*	1,98368	,000
	al 100% de la MDS CG	15,00000*	1,98368	,000
al 95% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	-11,00000*	1,98368	,001
	al 73% de la MDS SG	-31,00000*	1,98368	,000
	al 73% de la MDS CG	-11,00000*	1,98368	,001
	al 92% de la MDS SG	-22,00000*	1,98368	,000
	al 92% de la MDS CG	-5,00000	1,98368	,254
	al 95% de la MDS SG	-13,00000*	1,98368	,000
	al 100% de la MDS CG	2,00000	1,98368	,966
al 100% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	-13,00000*	1,98368	,000
	al 73% de la MDS SG	-33,00000*	1,98368	,000

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Espesor_subbase

HSD Tukey

(I) Proporción	(J) Proporción	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
al 92% de la MDS SG	al 100% de la MDS SG	4,1322	17,8678
	al 73% de la MDS SG	-15,8678	-2,1322
	al 73% de la MDS CG	4,1322	17,8678
	al 92% de la MDS CG	10,1322	23,8678
	al 95% de la MDS SG	2,1322	15,8678
	al 95% de la MDS CG	15,1322	28,8678
	al 100% de la MDS CG	17,1322	30,8678
al 92% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	-12,8678	,8678
	al 73% de la MDS SG	-32,8678	-19,1322
	al 73% de la MDS CG	-12,8678	,8678
	al 92% de la MDS SG	-23,8678	-10,1322
	al 95% de la MDS SG	-14,8678	-1,1322
	al 95% de la MDS CG	-1,8678	11,8678
	al 100% de la MDS CG	,1322	13,8678
al 95% de la MDS SG	al 100% de la MDS SG	-4,8678	8,8678
	al 73% de la MDS SG	-24,8678	-11,1322
	al 73% de la MDS CG	-4,8678	8,8678
	al 92% de la MDS SG	-15,8678	-2,1322
	al 92% de la MDS CG	1,1322	14,8678
	al 95% de la MDS CG	6,1322	19,8678
	al 100% de la MDS CG	8,1322	21,8678
al 95% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	-17,8678	-4,1322
	al 73% de la MDS SG	-37,8678	-24,1322
	al 73% de la MDS CG	-17,8678	-4,1322
	al 92% de la MDS SG	-28,8678	-15,1322
	al 92% de la MDS CG	-11,8678	1,8678
	al 95% de la MDS SG	-19,8678	-6,1322
	al 100% de la MDS CG	-4,8678	8,8678
al 100% de la MDS CG	al 100% de la MDS SG	-19,8678	-6,1322
	al 73% de la MDS SG	-39,8678	-26,1322

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Espesor_subbase

HSD Tukey

(I) Proporción	(J) Proporción	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
	al 73% de la MDS CG	-13,00000*	1,98368	,000
	al 92% de la MDS SG	-24,00000*	1,98368	,000
	al 92% de la MDS CG	-7,00000*	1,98368	,044
	al 95% de la MDS SG	-15,00000*	1,98368	,000
	al 95% de la MDS CG	-2,00000	1,98368	,966

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Espesor_subbase

HSD Tukey

(I) Proporción	(J) Proporción	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
	al 73% de la MDS CG	-19,8678	-6,1322
	al 92% de la MDS SG	-30,8678	-17,1322
	al 92% de la MDS CG	-13,8678	-,1322
	al 95% de la MDS SG	-21,8678	-8,1322
	al 95% de la MDS CG	-8,8678	4,8678

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

Espesor_subbase

HSD Tukey^a

Proporción	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
al 100% de la MDS CG	3	41,0000					
al 95% de la MDS CG	3	43,0000	43,0000				
al 92% de la MDS CG	3		48,0000	48,0000			
al 100% de la MDS SG	3			54,0000	54,0000		
al 73% de la MDS CG	3			54,0000	54,0000		
al 95% de la MDS SG	3				56,0000		
al 92% de la MDS SG	3					65,0000	
al 73% de la MDS SG	3						74,0000
Sig.		,966	,254	,111	,966	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Gráficos de medias

