



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Estabilización de la sub rasante de la circunvalación
nueva utilizando piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ” en la ciudad de
Juliaca”**

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

AUTORA:

Arapa Jove, Bethzaida Rocío (orcid.org/0000-0001-8998-5501)

ASESOR:

Dr. Coronado Zuloeta, Omar (orcid.org/0000-0002-7757-4649)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico mi tesis de todo corazón a mis padres porque ellos me formaron en lo que soy hoy, este logro es gracias a ustedes que terminé con éxito un proyecto que al principio parecía una tarea interminable.

Sus ayudas y motivación fueron fundamental para la culminación de mi tesis.

Les doy gracias, queridos padres.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis maestros, son personas muy sabias que han trabajado duro para ayudarme a llegar a donde estoy ahora. Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, y gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que es.

Índice de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Tipo y diseño de investigación	10
3.2 Variables y operacionalización.....	10
3.3 Población, muestra y muestreo.....	10
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5 Procedimiento.....	13
3.6 Método de análisis de datos.	14
3.7 Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN	30
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIAS	34
ANEXOS	37

Índice de tablas

Tabla 1. Ensayos que se realizarán en toda la investigación	12
Tabla 2. Ensayos para la Piedra Chancada $\frac{3}{4}$ "	12
Tabla 3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	13
Tabla 4. Ensayos elaborados.	14
Tabla 5. Resultados del ensayo Contenido natural de humedad.	15
Tabla 6. Resultados del ensayo de Granulometría.	16
Tabla 7. Resultados del ensayo de Límites de consistencia.	16
Tabla 8. Resultados de la clasificación según SUCS y AASHTO.	17
Tabla 9. Resultados del ensayo Proctor Modificado.	17
Tabla 10. Resultados del ensayo de CBR.	18
Tabla 11. Ensayo Proctor con 10% de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ".....	18
Tabla 12. Ensayo del CBR con 10% de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ".....	19
Tabla 13. Resultados del ensayo de Proctor Modificado.	19
Tabla 14. Resultados del ensayo de CBR.	20
Tabla 15. Resultados del ensayo de Próctor Modificado.	20
Tabla 16. Resultados del ensayo de CBR.	21
Tabla 17. Resultados del ensayo de Próctor modificado.	21
Tabla 18. Resultados del ensayo de CBR.	22
Tabla 19. Resultados del ensayo de Abrasión los Ángeles para la piedra chancada.	23
Tabla 20. Resultados del ensayo de Granulometría de la Piedra Chancada.	24
Tabla 21. Presupuesto con material de afirmado.....	25
Tabla 22. Presupuesto - Piedra chancada $\frac{3}{4}$ al 25% y material propio al 75%. ...	26
Tabla 23. Análisis de Costo Unitario – Afirmado.....	27
Tabla 24. Análisis de Costo Unitario - Piedra chancada $\frac{3}{4}$ al 25% más material propio al 75%.	28
Tabla 25. Sustento de metrados del Afirmado.	29
Tabla 26. Sustento de metrados – material propio al 75% y piedra chancada de $\frac{3}{4}$ al 25%.....	29

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Tramo de estudio.	11
<i>Figura 2. Tramo de estudio – Circunvalación Nueva.</i>	11
<i>Figura 3. Resultados del CBR aplicando piedra chancada de $\frac{3}{4}$"</i>	22

RESUMEN

El diseño y construcción de pavimentos en la ciudad de Juliaca es complejo; por dos razones fundamentales; la primera por que los suelos naturales que hacen de subrasante de pavimentos son suelos finos, más aún son plásticos, los cuales son sensibles a la humedad; por otro lado, las aguas subterráneas se ubican a poca profundidad. Justamente estas dos preocupaciones son latentes en la Circunvalación Nueva de Juliaca, cuya superficie es con afirmado de suelos; se sabe por conocimiento general y técnico que para una futura pavimentación es necesario el mejoramiento de los suelos de la subrasante. Esta investigación aborda la técnica de estabilización de suelos mediante la adición de piedra chancada $\frac{3}{4}$ ", ya que así se tiene además un beneficio económico en la construcción del 52% respecto a un afirmado y también ambiental; es así que se ha considerado los siguientes objetivos: Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la subrasante, tales resultados son suelos deficientes para el diseño de un pavimento rígido; Se ha propuesto el mejoramiento de las propiedades mecánicas con adición de piedra chancada en cantidades del 10%, 15%, 20% y 25% de piedra chancada en peso referido a los suelos, como resultado se comprobó que con el 25% de adición de piedra chancada la estabilización es eficiente; Se propone los pavimentos rígidos como recomendables para este caso.

Palabras clave: Subrasante, propiedades físicas y mecánicas, estabilización, costo - beneficio.

ABSTRACT

The design and construction of pavements in the city of Juliaca is complex; for two fundamental reasons; The first is that the natural soils that serve as subgrade for pavements are fine soils, even more so they are plastic, which are sensitive to humidity; on the other hand, groundwater is located at a shallow depth. Precisely these two concerns are latent in the Circunvalación Nueva de Juliaca, whose surface is with affirmed soil; it is known by general and technical knowledge that for a future paving it is necessary to improve the soils of the subgrade. This research deals with the soil stabilization technique by adding $\frac{3}{4}$ " crushed stone, since this also has an economic benefit in the construction of 52% compared to an affirmed and also environmental benefit; Thus, the following objectives have been considered: Determine the physical and mechanical properties of the subgrade soils, such results are deficient soils for the design of a rigid pavement; It has been proposed to improve the mechanical properties with the addition of crushed stone in quantities of 10%, 15%, 20% and 25% of crushed stone by weight referred to the soils, as a result it was found that with the 25% addition of crushed stone stabilization is efficient; Rigid pavements are proposed as recommended for this case.

Keywords: Subgrade, physical and mechanical properties, stabilization, cost – benefit.

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos de la subrasante del pavimento, que están conformados por suelos finos, más aún por suelos plásticos, deben ser evaluados adecuadamente y también cuando estos suelos están expuestos a la humedad subterránea que se manifiesta en la ascensión capilar inevitable que se produce; es necesario un control con una capa de pedraplén como drenado en el caso de una pavimentación futura.

La Circunvalación Nueva, se ubica en la Urbanización Satélite de Juliaca, es una carretera periférica de la Ciudad Universitaria; en la actualidad tiene una superficie de rodadura de suelo afirmado, totalmente descuidada; su arreglo y finalmente su pavimentación es necesaria y urgente; la longitud de la vía, con topografía plana, es de 0+980ml la napa freática está a una profundidad promedio de 1.65m pudiendo ésta en el peor de los casos generar una humedad capilar de la subrasante; está compuesto principalmente por suelos finos de ligera plasticidad y con poca capacidad de carga para un futuro pavimento. A nivel nacional, es necesario construir más caminos y los terrenos en el que planean construir a menudo no cumplen con los requisitos necesarios de calidad, por lo que se realiza mejoramiento mediante estabilización¹.

La pavimentación de esta vía es prioritaria porque beneficiará el tránsito vehicular a las urbanizaciones: Satélite, San Francisco, Néstor Cáceres Velásquez, entre otros; pero fundamentalmente a la "Ciudad Universitaria", ya que sus accesos vehiculares y peatonales tendría mayor comodidad; teniendo en cuenta lo expuesto, el desarrollo de este trabajo considera fundamentalmente a la estabilización de la sub rasante utilizando piedra chancada $\frac{3}{4}$ ". Este procedimiento servirá para tener una subrasante que permita el diseño de un pavimento rígido duradero que soporte adecuadamente el tránsito vehicular.

Formulación del problema: En la investigación, surgió el siguiente Problema General: ¿Cómo influye la piedra chancada de $\frac{3}{4}$ en la estabilización de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca?, Similarmente se planteó los Problemas específicos: ¿Cómo son las propiedades físicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca?; ¿Cómo son las propiedades mecánicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca?; ¿Cómo es el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas con procesos de

estabilización de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca?; y finalmente, ¿Cuál es el costo-beneficio de realizar el mejoramiento con la estabilización con piedra chancada de ¾” en la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca?.

Esta investigación puede justificarse proponiendo nuevas alternativas de solución. Justificación Teórica: Este estudio se justifica porque tiene en cuenta el mejoramiento físico y mecánico de la subrasante con un proceso de estabilización adicionando piedra chancada de ¾” a fin de contrarrestar los suelos finos. Este aspecto servirá para tener una subrasante que permita el diseño de un pavimento rígido duradero que soporte adecuadamente el tránsito vehicular.

Justificación Técnica: La construcción de pavimentos es un arte muy complejo, con más razón en la ciudad de Juliaca, donde los pavimentos tanto rígidos como flexibles tienen corta durabilidad. Esta corta durabilidad se origina por varias causas: el primero, no se realiza un estudio correcto de los suelos de la subrasante; segundo el diseño deficiente; tercero, los procesos constructivos también son deficientes; por último y no menos importante, la incorrecta aplicación de las normas del MTC, también de las especificaciones del Manual EG-2013, que controlan la calidad de los materiales a emplear y construcción.

Justificación Ambiental: La Circunvalación Nueva, al ubicarse en la Urbanización Satélite del Distrito de Juliaca, está cerca de la Vía principal que une las ciudades de Juliaca – Puno; su construcción y empalme con la Av. Egipto, se constituiría en equilibrar el excesivo tránsito de vehículos pesados, lo que a su vez permitiría la disminución de gases y ruidos.

Justificación Económica: La construcción de pavimentos de calidad, conlleva a un servicio cómodo y eficiente que permitirá el desarrollo de las actividades al entorno de la vía en estudio. La Circunvalación Nueva, será de beneficio pleno a la actividad comercial en las urbanizaciones: Satélite, San Francisco y Néstor Cáceres Velásquez; urbanizaciones totalmente pobladas y con instituciones en pleno funcionamiento, como son las educacionales: p.ej. la población estudiantil de la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”.

También se planteó el objetivo general: Estabilizar la sub rasante de la Circunvalación Nueva utilizando piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en la ciudad de Juliaca. Similarmente se planteó el siguiente Objetivos Específicos: Evaluar las propiedades físicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca; Evaluar las propiedades mecánicas de la subrasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca; Evaluar los procesos de estabilización utilizando piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca; Determinar cuál es el costo-beneficio de realizar la estabilización con piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca.

La Hipótesis General consiste la utilización de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ permitirá la estabilización de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca. Así también, se tiene las Hipótesis Específicas: Las propiedades físicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca; no cumplen con la Norma del MTC; Las propiedades mecánicas de la subrasante de la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca; no cumplen con la Norma del MTC; El mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca; se efectuará con adición de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en proporción adecuada; Existe un costo-beneficio en realizar la estabilización con piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca.

II. MARCO TEÓRICO

Martínez J., (2012) Como objetivo general es estudiar la caracterización y análisis de las propiedades físicas y mecánicas del suelo en la zona norte de la ciudad de Xalapa utilizando cal y cemento, es experimental. De los resultados de límite líquido obtenidos en las mezclas suelo-cal, todos los valores se obtuvieron en diferentes porcentajes por encima del 30% especificado, por lo que podemos concluir que la cal no muestra un buen desempeño para mejorar este parámetro. Para el índice plástico, los porcentajes de reducción de cal del 2% y 4% son del 9,5% y 7,6%, respectivamente, sin superar el valor máximo permitido del 10%. Tomando como ejemplo los resultados obtenidos al determinar el límite líquido de la mezcla de suelo y cemento, todos los valores de los diferentes porcentajes están por encima del 30% especificado, por lo que podemos concluir que el efecto del cemento no es significativo, indicando que el tipo de suelo de este parámetro es diferente a mejorar. Para el índice de plasticidad no se encontró ningún porcentaje de cemento por debajo de este valor, siendo el más bajo el 8%, y su IP fue del 12,4%, superando el estándar del 10%. Por lo tanto, el cemento no tuvo un efecto positivo en la mejora de la plasticidad del suelo. Para el peso volumétrico seco no existe una especificación que exija un valor máximo o mínimo, la norma establece que se debe lograr el 100% de sellado, lo cual se logra mediante diversos métodos y equipos de sellado. De los resultados obtenidos para las mezclas de suelo cemento compactado, se puede observar que todas las mezclas estuvieron por debajo de la densidad inicial del suelo, lo que significa que se obtuvieron buenos o malos resultados, ya que el suelo de mayor densidad es más sensible a los cambios de humedad. Cambio volumétrico, es decir, su densidad es menor que la densidad natural, por lo que se puede concluir que el suelo de mezcla de cal-cemento será más estable con respecto al cambio de volumen. Sin embargo, el punto de equilibrio del cemento y la cal es del 4%. En general, se puede decir que los requisitos planteados al inicio de este trabajo se cumplen parcialmente, ya que se obtienen resultados favorables solo en un parámetro, el cual mejora al aumentar cal².

Castillo Parra, (2017), La estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras, teniendo como problema que los suelos de la ciudad de Macas y el oriente de Ecuador tienen características muy singulares que los hacen inadecuados para caminos. A menudo, cuando las carreteras del oriente ecuatoriano

pasan por este suelo, se reemplaza completamente por material de mejor calidad. Este proceso requiere mucha inversión y tiempo. El propósito de este estudio es mejorar el suelo natural con nuevas alternativas, eliminando así sus alternativas y reduciendo los costos de construcción. Se propuso un método de enmienda del suelo para agregar cal viva al suelo natural. Estamos usando suelo encontrado en un canal ramal construido recientemente en el pueblo de Macas. Los suelos tienen un límite líquido (LL) superior al 100% y un contenido de humedad natural superior al 140%, y su plasticidad varía considerablemente según el método de secado utilizado; la respuesta del suelo a CBR es inferior al 5%. En el laboratorio se analizó la reacción del suelo al tratamiento con cal. En cuanto al peso seco del material se utilizó 10, 20, 30 y 40% de cal. Los resultados mostraron que el límite líquido, el índice de plasticidad y la relación de hinchamiento disminuyeron; junto con el aumento de CBR. Según los resultados obtenidos, el valor de la cal es de un 16%. El diseño teórico y el análisis de costos se realizó utilizando las propiedades del suelo encalado al 16%. El objetivo fue comparar el diseño y costo de pavimentos flexibles con suelo tratado con cal y alternativas convencionales. Los resultados mostraron que los costos de las carreteras podrían reducirse si se pudiera usar el tratamiento con cal en lugar del reemplazo del material. Este estudio presenta un enfoque alternativo para convertir suelos altamente plásticos en suelos aceptables para terraplenes de carreteras. Los estudios de laboratorio han demostrado la efectividad del tratamiento y los análisis teóricos muestran que los costos de los pavimentos flexibles pueden reducirse, pero es necesario estudiar la aplicabilidad del tratamiento en condiciones de campo y el comportamiento a largo plazo de los suelos estabilizados³.

Miguel, Saieth y Luis., (2019), Se evaluó el comportamiento de la mezcla arcillosa adicionando 25%, 50% y 75% de escoria de acería a través del tamiz no. 14. Los resultados sugieren que la escoria de acero actúa en el material cohesivo, reduciendo la plasticidad al 0% y aumentando el valor de CBR en un 378,92%. Esto se debe a la buena adherencia de ambos materiales, pero la resistencia a la compresión de la mezcla de caolín y escoria de acero disminuye a medida que aumenta la cantidad de escoria de acero. Se concluyó que la escoria de acero es una excelente adición para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los sustratos de arcilla caolinita. En primera aproximación, la dosificación más recomendada es del 25%, ya que la

disminución de la resistencia a la compresión y del índice de plasticidad no es tan elevada como para otras dosificaciones⁴.

Carlos Doroteo (2014), La mejora del suelo por reposición es un procedimiento fiable si se lleva a cabo con el control suficiente por el riesgo de no utilizar suficiente material, el pedraplén es el material alternativo más eficaz en suelos arenosos saturados de arcilla donde el nivel freático es poco profundo. Este método también tiene sus limitaciones si el área a ajardinar se rellena con materiales orgánicos e inorgánicos hasta 80 cm. Hay una base sólida de inmediato⁵.

Dayana L., (2013), El presente trabajo se realizó con muestras del tramo carretero Asmade-Cebú, teniendo ésta una calidad de suelos muy pobres por lo que se recurrió a la estabilización de la subrasante, Este sitio fue acreditado en diciembre del 2012, haciendo el reconocimiento del tramo del proyecto y el conteo de vehículos. En el estudio de tráfico se proyectó para un periodo de 20 años y se determinó los ejes equivalentes para los tramos del proyecto, obteniendo un valor de (Tn); Inicialmente el suelo del tramo de proyecto presentaba una capacidad soporte (CBR) igual a 10%, que se logró estabilizar obteniendo un valor de CBR igual a 34%. Obteniendo los valores para el paquete estructural suelo, mejorado espesor de subrasante 40 cm, espesor base 30 cm. Disminuyendo la capa subbase⁶.

Pérez, R., (2012), Las conclusiones indicaron que la ceniza actúa como un inhibidor de las propiedades de hinchamiento del suelo aditivo, lo que también reduce la gravedad específica de la arcilla, así como la plasticidad y la humedad. Sin embargo, es necesario agregarlas en porcentajes excesivamente altos, particularmente para las arcillas expansivas, generalmente superior al 20%⁷.

Delgado y León (2019); En su estudio, el objetivo general era mejorar el subsuelo mediante la mezcla de grava y arcilla para optimizar la capacidad portante de las calles de Los Nogales. Los resultados obtenidos, confirmados por las pruebas, muestran que los nogales de la calle contienen arcilla, que no se recomienda para su uso en la construcción, ya que tiende a ocurrir bajo la influencia de la humedad, que, cuando se infla, trata de desprenderse de la estructura de lo cual la derivada concluyó que la cantidad óptima de grava y arcilla es 50% - 50% formando un porcentaje de grava formado por 40% piedra de 1" y 10% piedra triturada de 1/2"; mientras que la

composición porcentual de la arcilla es 10% arena arcillosa y 40% de los materiales mismos. La grava por sí sola no es apta ni estable porque carece de cohesión, lo que hace que sus partículas se separen fácilmente, lo que la arcilla soluciona por ser cohesiva. Aunque la arcilla en sí tampoco es adecuada porque la alta humedad la hace inestable al expandirse y cambiar de consistencia, la grava soluciona este problema gracias a su alta fricción interna⁸.

Córdova E., (2015), Trabajo sobre la estabilidad insuficiente del material, sustituyéndolo por el material de suelo portante de igual o mayor capacidad portante, mientras que en el segundo caso intentaré aumentar la capacidad portante del área ampliada. Estos incluyen excavar, compactar, agregar material, mezclar, humedecer o airear para mejorar el fondo. Los requisitos de material deben ser superiores al 30 % al 100 % de densidad seca máxima (MDS); para mejoras profundas donde el contenido de humedad del subsuelo esté por encima del límite líquido, el sustrato mejorado consistirá en arena no plástica (mediante tamiz de 3/8"), esta arena se colocará en el fondo como separador de materiales con un espesor de 0.30 m, y bolonia (TM10")⁹.

Hernandez & Torres (2016), Este método también tiene sus limitaciones si la zona a rehabilitar es un antiguo vertedero o el corte es inferior a 80 cm. Inmediatamente se estableció una base sólida; los protocolos de levantamiento de pavimentos encontraron que el espesor de la capa asfáltica fue de 2.2", la base e=6", la capa de subrasante e=8", y la superior 2=16", y la profundidad de investigación fue de 1.50 m. . Estas condiciones son de la exploración C-1, además se encontró agua subterránea a una profundidad de 1.20 metros. Para el estudio C-2 contamos con una capa bituminosa e=1.5", base e=8", sustrato e=6" y piedra triturada e=16", que ubica el nivel freático a 0.70m de profundidad. En el levantamiento C-3 tuvimos una capa bituminosa e= 2.4", base y subbase e= 8", no se encontró capa de agua en este momento. En cuanto a la prueba específica de CBR, concluimos que el 58,1%, 71,7% y 70,7% corresponden a subbases, pero no a bases. Ahora tenemos una subbase inadecuadamente acondicionada para la subrasante, lo que significa que debe mejorarse para un mejor desempeño del pavimento ya que el puntaje CBR no supera el 6%, lo cual es clasificado como inadecuado por la norma¹⁰.

Guevara, G. (2017), El objetivo general es mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo de cantera mediante la adición de escombros de construcción a las estructuras viales Juliaca-Puno. Se obtuvieron los siguientes resultados: Luego de adicionar residuos de mezcla asfáltica, el índice de plasticidad (I_p) disminuyó de 10.93% a 6.75%,¹⁴³ en el caso compactado disminuyó de 1.87 gr/cm³ a 2.18 g/cc Final 100% CBR de Se incrementó 45.0% a 57.0%, se incrementó 95% CBR de 35.0% a 44.0% y se agregó 9.0% de mezcla asfáltica. Por lo tanto, las mezclas asfálticas contienen agregados, agregados y agregados que son impermeables y resistentes a la corrosión y también son adecuados para la estabilización de suelos¹¹.

Quispe A., (2017), De hecho, nuestras carreteras sufren varios tipos de daños descritos en el Anexo 2 debido a una dosificación inadecuada de agregados asfálticos, a continuación, se detallan el estado y recomendaciones para ambos tramos de carretera. Antes de Av. El Estudiante coincide con la marca crítica, y la Av. El pavimento flexible Pedagógico está al borde de la etapa crítica de la curva del ciclo de vida de esta obra de arte, el trabajo de mantenimiento y restauración se completa en un tiempo lo suficientemente corto como para que los costos de mantenimiento aumenten en un 300%¹².

Mamani C., (2018), Se realizó un análisis de los agregados disponibles como piedra triturada y arena gruesa y luego se preparó un diseño de mezcla $f'c = 210$ kg/cm², se prepararon 55 probetas cilíndricas de dimensiones 150x300 mm. La mezcla se preparó en 8 lugares (Pucara, Ayaviri, Juliaca, Llaly, Nuñoa, Cupi, Cabanillas y Santa Lucía). El sitio se encuentra a 15 km junto a la carretera Juliaca - Arequipa, el material es piedra triturada de ½" y arena gruesa. La granulometría del agregado grueso y fino estudiado en este trabajo se define en la zona granulométrica¹³.

Pucutuni S. & Arias E., (2019), Se utilizó grava de 1 pulgada en la repavimentación de la superficie dura en Juliaca. Según el manual vial, la especificación técnica general de construcción EG-2013, se indica que el concreto puede abrirse al tránsito solo cuando la resistencia a la compresión alcanza el 80%¹⁴.

Valdiviezo & Ronquillo, (2012). Cantera Santa Cruz en el distrito de Pusi, provincia de Huancané. La cantera está formada por varias capas de travertino calidad agua, de color crema y rojizo debido a la presencia de óxidos. En la superficie aparece

moderadamente dañado y alterado. Las canteras se extraen a mano. El material se utiliza como escombros en la industria de la construcción¹⁵.

Definición conceptual

Permeabilidad

Los poros del suelo no son cavidades aisladas en las que el agua puede depositarse como cisternas, sino pequeños conductos irregulares interconectados por los que el agua puede fluir como lo haría en cualquier otro conducto. En los suelos, generalmente se considera a la permeabilidad como la relación entre la disipación de la presión intersticial y el flujo de agua a través del suelo¹⁶.

Mejoramiento de suelos

La mejora del suelo es el proceso de tratamiento del suelo natural para que podamos alterar su calidad y poder obtener una calidad estable que pueda soportar las cargas y las condiciones climáticas más duras¹⁷.

Sub rasante

Los suelos con un CBR superior o igual al 6% se consideran materiales aptos para sub rasantes. La estabilización de suelos pobres o insuficientes para sub rasantes, está en función de las propiedades del suelo, mejora de pendientes, cambio de trazado de carreteras y elección de la opción más conveniente, económica y técnica¹⁸.

Estabilización.

La estabilización es un proceso de mejora del comportamiento del suelo (propiedades mecánicas) mediante la reducción de su susceptibilidad al agua y las condiciones del tráfico, lo que a su vez aumenta su resistencia y estabilidad a largo plazo.

Relación Soporte California (CBR)

El ensayo de California Bearing Ratio (CBR), mide la resistencia de los suelos al esfuerzo cortante y permite la evaluación de la calidad del suelo de subrasante, sub base y base de pavimentos. Se realiza en condiciones controladas de humedad y densidad. Este es uno de los parámetros necesarios que se obtienen en un estudio geotécnico previo a la construcción, al igual que las pruebas Proctor y el análisis granulométrico del terreno¹⁹.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de Investigación que se está desarrollando es de tipo aplicada.

Diseño de investigación

El diseño de investigación a desarrollar es de tipo experimental y debido a que se pondrá en prueba la hipótesis usando distintos tipos de proporciones de 10%, 15%, 20% y 25% de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en peso referido a los suelos, a fin de poder optar por la proporción adecuada que ayude a mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante por procesos de estabilización, podremos decir que es cuasi experimental.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Estabilización de la sub rasante.

Variable dependiente : Utilización de la piedra chancada de $\frac{3}{4}$ "

Variable Interviniente : Estabilización

3.3 Población, muestra y muestreo

Población y Muestra

La población y muestra de la presente investigación está limitada por la avenida denominada circunvalación nueva cuyas coordenadas de inicio del estudio son: Latitud $-15^{\circ}32'3''$ S, longitud $-70^{\circ}6'56''$ W, altitud 3823 msnm. coordenadas finales del estudio son: Latitud $-15^{\circ}32'16''$ S, longitud $-70^{\circ}7'28''$ W, altitud 3823 m.s.n.m.

Cabe mencionar que la longitud aproximada de la zona de estudio es de 0+998m tal como se aprecia en el plano de ubicación del Google Earth.



Figura 1. Tramo de estudio.

Fuente: GoogleEarth

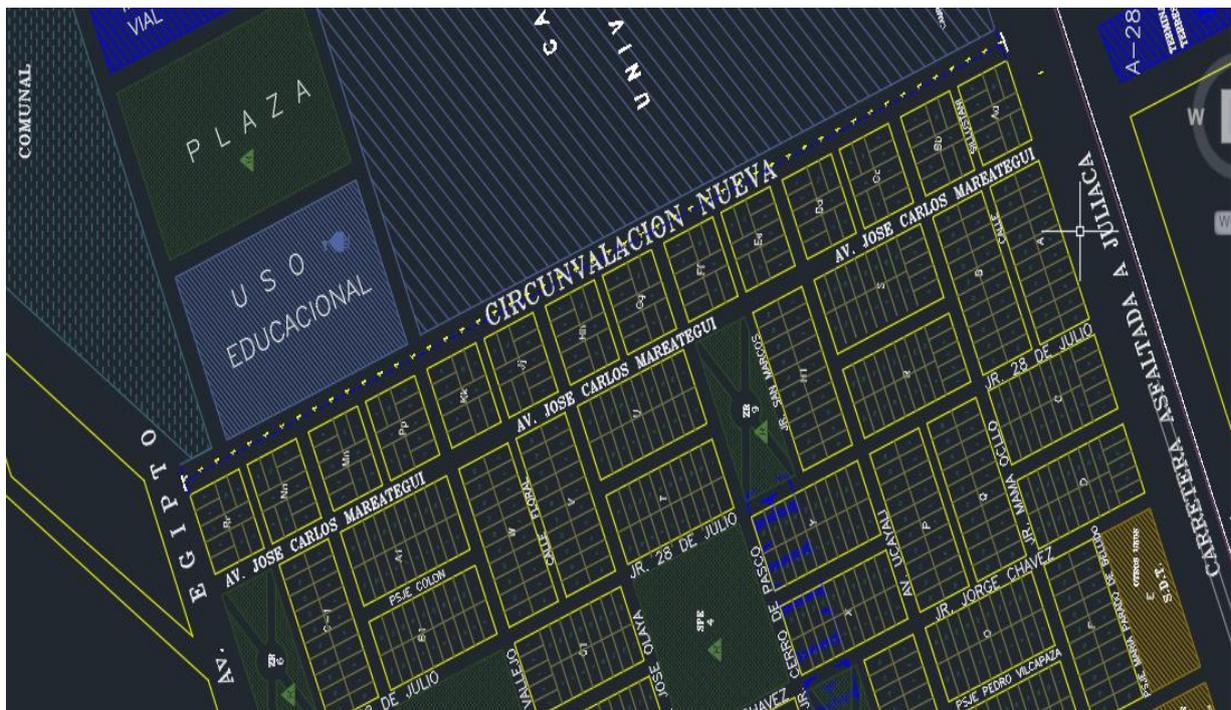


Figura 2. Tramo de estudio – Circunvalación Nueva.

Fuente: Replanteo

Muestreo

Para realizar el presente estudio se realizaron cuatro calicatas hasta una profundidad de 1.50m lo que permitieron, analizar la sub rasante en estudio en condiciones normales y aplicando piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en diversas proporciones, a continuación, se muestran las diversas pruebas que se realizaron a las muestras obtenidas.

Tabla 1. *Ensayos que se realizarán en toda la investigación*

ENSAYO	SUBRASANTE	10% P.CH.	15% P.CH.	20% P.CH.	25% P.CH.	TOTAL
Contenido natural de humedad (%)	4	4	4	4	4	20
Análisis granulométrico	4	4	4	4	4	20
Límites de consistencia	4	4	4	4	4	20
Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO	4	4	4	4	4	20
Próctor modificado	4	4	4	4	4	20
Relación de Soporte de California (CBR)	4	4	4	4	4	20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. *Ensayos para la Piedra Chancada $\frac{3}{4}$ "*

ENSAYO	CANTIDAD
Abrasión los Ángeles	1
Análisis granulométrico	1

Fuente: Elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos empleados para la obtención de datos, son a través de exploraciones de campo y también mediante los ensayos de laboratorio normados. Se resume así: Reconocimiento in situ, ficha de recolección de datos y ensayos elaborados en laboratorio.

Tabla 3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

Ensayo	Instrumentos
Contenido natural de humedad (%)	Horno, balanza digital, recipientes (cápsulas de aluminio).
Análisis granulométrico	Balanzas, tamices.
Límites de consistencia	Recipiente de almacenaje, Cuchara de Casagrande, acanalador, balanza digital, horno.
Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO	balanza digital, tamices.
Próctor modificado	Apisonador, molde cilíndrico de acero, placa base desmontable, collar, balanza digital.
Relación de Soporte de California (CBR)	Molde cilíndrico de acero, anillo de carga dial y puente metálico.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente la compilación de datos pasa por un análisis e interpretación con las Norma del MTC.

Confiabilidad

La confiabilidad la garantizará el laboratorio de suelos INGEOPLESCA C&C EIRL, adjuntando la calibración de los equipos utilizados.

Validez

La validez de la recolección de datos del laboratorio está dada por expertos profesionales en la especialidad.

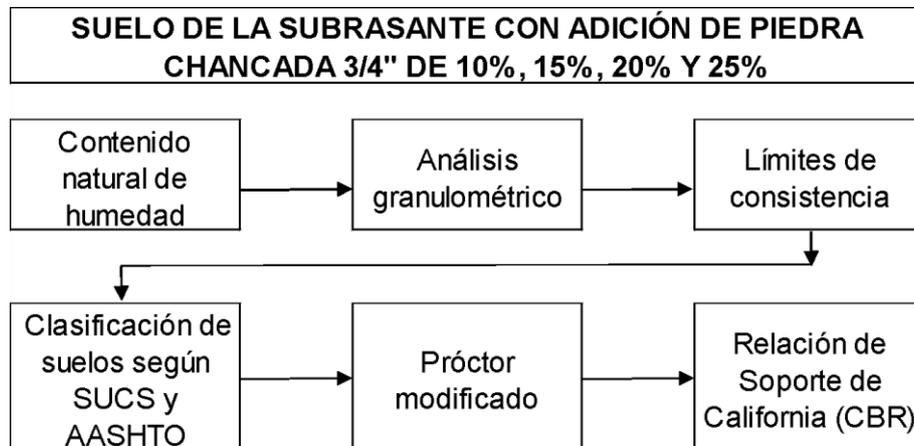
3.5 Procedimiento

Para el trabajo de investigación en la Circunvalación Nueva de la Urbanización Satélite de la ciudad de Juliaca, se excavaron 04 calicatas, de 1.50m de profundidad a cada 250 m, de las cuales se extraerán las muestras y a posterior se llevará a un laboratorio de suelos donde se le realizarán los ensayos antes mencionados.

Para lo cual se obtendrá resultados de los ensayos en tablas y la interpretación con la Norma del MTC, para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas para determinar si es una subrasante bueno o inadecuado.

Teniendo como hipótesis una subrasante inadecuada, se irá a realizar la estabilización para ello se considera el empleo de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en proporciones del 10%, 15%, 20% y 25%.

Tabla 4. Ensayos elaborados.



Fuente: Elaboración propia

Por último, la piedra chancada $\frac{3}{4}$ que se adicionará, se procederá a realizar los ensayos de Abrasión los ángeles y Granulometría, de tal manera que cumplan con las normas del MTC.

3.6 Método de análisis de datos.

El método de análisis de datos utilizado en este trabajo de investigación cuantitativo, son métodos estadísticos informático y matemático; así los datos obtenidos mediante la compilación de ensayos del laboratorio se verán mostrados en tablas elaborados en Excel para una su fácil comprensión, validación y comparación de resultados con las Normas del MTC.

3.7 Aspectos éticos

Como egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, este trabajo de investigación se realizó con total responsabilidad, honestidad, respeto y compromiso, sin copiar partes del trabajo de otros autores; más bien respetando sus aportes, citándolos a través de las Normas ISO-690 y 690-2010, prueba de ello es que se usó la herramienta web Turnitin, teniendo una coincidencia baja del 20%.

IV. RESULTADOS

La presente investigación permitió encontrar los siguientes resultados:

4.1 Propiedades físicas de la sub rasante

Se realizó el muestreo de 4 calicatas de la Circunvalación Nueva; realizando los ensayos descritos a continuación; tal como se muestran en la tabla 5 del contenido de humedad.

Tabla 5. Resultados del ensayo Contenido natural de humedad.

N°	Suelos de la Subrasante	Humedad Optima (%)	Contenido natural de humedad (W %)
1	Calicata 1	18.00	10.09
2	Calicata 2	18.10	9.98
3	Calicata 3	18.00	10.26
4	Calicata 4	17.95	9.52
Promedio		18.01	9.96

Fuente: Elaboración propia

Como indica la Norma del MTC, si la humedad natural \leq a la humedad óptima, el ingeniero responsable plantea la compactación normal del suelo y el aporte del volumen del agua. Si la humedad natural es $>$ a la óptima, el suelo está saturado y se pide incrementar la energía de compactación, secar el suelo o renovar el material saturado.

Resultados obtenidos del laboratorio determinan que el porcentaje promedio del contenido natural de humedad es menor que la humedad óptima, lo que se propone es realizar un tramo de prueba para verificar si este contenido natural de agua pueda llegar al porcentaje de compactación requerido en el proyecto.

Tabla 6. Resultados del ensayo de Granulometría.

N°	Suelos de la Subrasante	Granulometría		
		Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)
1	Calicata 1	5.93	17.00	83.00
2	Calicata 2	5.19	14.66	85.34
3	Calicata 3	6.77	17.65	82.35
4	Calicata 4	5.03	13.45	86.55
Promedio		5.73	15.69	84.31

Fuente: Elaboración propia

El Análisis granulométrico se determinó mediante la norma MTC E – 107. Según la Figura 2 del Anexos 3, el tamaño de partículas en porcentajes que pasa por el tamiz es de 0.075 mm (N° 200); si pasa más del 35% son suelos finos.

Los resultados obtenidos del laboratorio del tamiz (N° 200) es 84.31% por lo que se determina que es un suelo fino.

Tabla 7. Resultados del ensayo de Límites de consistencia.

N°	Suelos de la Subrasante	Límites de consistencia		
		LL (%)	Lp (%)	Ip (%)
1	Calicata 1	40.54	32.03	8.51
2	Calicata 2	39.53	30.77	8.76
3	Calicata 3	39.88	31.62	8.26
4	Calicata 4	39.68	31.58	8.10
Promedio		39.91	31.50	8.41

Fuente: Elaboración propia

El Índice de Plasticidad, de acuerdo con la Figura 3 del Anexos 3, nos detalla que el $IP > 7$ ò $IP \leq 20$, nos determina que tiene una plasticidad Media.

El índice plástico (Ip) de los suelos de la subrasante, llegó a un 8.41%, por lo que se determina que tiene una Plasticidad Media.

Para determinar qué tipo de suelo se clasificó según la tabla 8

Tabla 8. Resultados de la clasificación según SUCS y AASHTO.

N°	Suelos de la Subrasante	Clasificación		
		SUCS	AASHTO	Índice Grupo
1	Calicata 1	ML	A-5	8.00
2	Calicata 2	ML	A-4	8.00
3	Calicata 3	ML	A-4	8.00
4	Calicata 4	ML	A-4	8.00

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 4 del Anexos 3, nos detalla que el Índice de Grupo está entre 4 a 9, por lo tanto, nos indica que el suelo de la subrasante es insuficiente.

Los resultados obtenidos del laboratorio determinan que el promedio del (IG) es 8 por lo que se determina que el suelo de la subrasante es insuficiente. Según la clasificación SUCS nos da un (ML) por lo que corresponde a suelos de limo de ligera plasticidad con arena y según la clasificación AASHTO nos da un (A4) por lo que está dentro del grupo de suelos limosos donde la estimación del suelo como subrasante es (regular a insuficiente).

4.2. Propiedades mecánicas de la sub rasante

Tabla 9. Resultados del ensayo Proctor Modificado.

N°	Suelos de la Subrasante	Compactación	
		Densidad Max. (gr/cm ³)	Humedad Optima (%)
1	Calicata 1	1.670	18.00
2	Calicata 2	1.670	18.10
3	Calicata 3	1.675	18.00
4	Calicata 4	1.675	17.95
Promedio		1.67	18.01

Fuente: Elaboración propia

El Proctor modificado realizado según norma ASTM D-1557, obteniendo la densidad máxima promedio es de 1.67 gr/cm³ y una Humedad Óptima de 18.01%.

Tabla 10. Resultados del ensayo de CBR.

N°	Suelos de la Subrasante	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	Calicata 1	4.40	5.90
2	Calicata 2	4.55	5.95
3	Calicata 3	4.85	5.83
4	Calicata 4	4.43	5.60
Promedio		4.56	5.82

Fuente: Elaboración propia

El ensayo de CBR, según la Figura 5 del Anexos 3, nos detalla que si está en el rango de $CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6\%$, es un S1: "Sub rasante Insuficiente".

La relación soporte california (CBR) al 100% nos da 5.82% y el CBR al 95% nos da 4.56 por lo que la categoría de la Sub rasante es s_1 : Sub rasante Insuficiente.

Los resultados de la subrasante tienen suelos limosos y no se recomiendan para la construcción ya que son susceptibles a la humedad y tratarán de separarse de la estructura cuando se expandan, el CBR demuestra una subrasante insuficiente por lo que, se recomienda la adición de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ".

4.3. Estabilización utilizando piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ".

Tabla 11. Ensayo Proctor con 10% de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ".

N°	Suelos de la Subrasante con 10% de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ "	Compactación	
		Densidad Max. (gr/cm ³)	Humedad Optima (%)
1	Calicata 1	1.700	17.90
2	Calicata 2	1.699	17.90
3	Calicata 3	1.703	18.00
4	Calicata 4	1.710	17.90
Promedio		1.70	17.93

Fuente: Elaboración propia

El próctor modificado realizado según norma ASTM D-1557, obteniendo la densidad máxima promedio es de 1.70 gr/cm³ y una Humedad Óptima de 17.93%.

Habiendo realizado el ensayo de proctor modificado, proseguimos con el ensayo de CBR, obteniendo los resultados de la tabla 12.

Tabla 12. Ensayo del CBR con 10% de piedra chancada de ¾".

N°	Suelos de la Subrasante con 10% de piedra chancada de ¾"	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	Calicata 1	9.10	14.90
2	Calicata 2	10.30	15.20
3	Calicata 3	9.80	14.80
4	Calicata 4	10.40	15.10
Promedio		9.90	15.00

Fuente: Elaboración propia.

El ensayo del CBR, según la Figura 5 del Anexos 3, nos detalla que si está en el rango de $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$, es una S2: Sub rasante Regular.

La relación soporte california (CBR) al 100% nos da 14.80% y el CBR al 95% nos da 9.10 por lo que la categoría de la Sub rasante s_2 : **Sub rasante Regular.**

Tabla 13. Resultados del ensayo de Proctor Modificado.

N°	Suelos de la Subrasante con 15% de piedra chancada de ¾"	Compactación	
		Densidad Max. (gr/cm ³)	Humedad Optima (%)
1	Calicata 1	1.730	17.90
2	Calicata 2	1.729	17.90
3	Calicata 3	1.733	17.90
4	Calicata 4	1.740	17.90
Promedio		1.73	17.90

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró el ensayo de Proctor modificado, teniendo como resultados el promedio la densidad máxima es de 1.733 gr/cm³ y un contenido de humedad de 17.90%. Este resultado me ayudará a realizar el ensayo de CBR.

Tabla 14. Resultados del ensayo de CBR.

N°	Suelos de la Subrasante con 15% de piedra chancada de 3/4"	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	Calicata 1	11.30	17.20
2	Calicata 2	12.10	18.00
3	Calicata 3	11.40	16.70
4	Calicata 4	13.30	19.50
Promedio		12.03	17.85

Fuente: Elaboración propia

El ensayo del CBR, según la Figura N° 17 del Anexos 3, nos detalla que si está en el rango de $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$, es una S3: Sub rasante Bueno.

La relación soporte california (CBR) al 100% nos da 16.70% y el CBR al 95% nos da 11.30 por lo que la categoría de la Sub rasante s_3 : **Sub rasante Bueno.**

Compactación mediante Próctor Modificado con piedra chancada de 3/4" al 20%, según la tabla 15.

Tabla 15. Resultados del ensayo de Próctor Modificado.

N°	Suelos de la Subrasante con 20% de piedra chancada de 3/4"	Compactación	
		Densidad Max. (gr/cm ³)	Humedad Optima (%)
1	Calicata 1	1.759	17.80
2	Calicata 2	1.760	17.90
3	Calicata 3	1.768	17.90
4	Calicata 4	1.779	17.80
Promedio		1.767	17.85

Fuente: Elaboración propia

Elaborando el ensayo Proctor modificado, teniendo como resultados el promedio la densidad máxima de 1.767 gr/cm³ y una humedad óptima de 17.85%. Este resultado me ayudará a realizar el ensayo de CBR.

Tabla 16. Resultados del ensayo de CBR.

N°	Suelos de la Subrasante con 20% de piedra chancada de 3/4"	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	Calicata 1	15.10	20.50
2	Calicata 2	15.30	20.10
3	Calicata 3	15.20	20.60
4	Calicata 4	15.80	21.10
Promedio		15.35	20.58

Fuente: Elaboración propia

El ensayo del CBR, según la Figura N° 17 del Anexos 3, nos detalla que si está en el rango de $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$, es una S3: Sub rasante "Buena".

La relación soporte california (CBR) al 100% nos da 20.10% y el CBR al 95% nos da 15.10 por lo que la categoría de la Sub rasante s_3 : **Sub rasante Buena**.

Compactación mediante Próctor Modificado con piedra chancada de 3/4" al 25%, según la tabla 17

Tabla 17. Resultados del ensayo de Próctor modificado.

N°	Suelos de la Subrasante con 25% de piedra chancada de 3/4"	Compactación	
		Densidad Max. (gr/cm3)	Humedad Optima (%)
1	Calicata 1	1.791	17.80
2	Calicata 2	1.791	17.90
3	Calicata 3	1.800	17.80
4	Calicata 4	1.803	17.80
Promedio		1.796	17.83

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró el ensayo de Proctor modificado, teniendo como resultados el promedio la densidad máxima de 1.796 gr/cm3 y una humedad óptima de 17.83%. Continuando con el ensayo de CBR.

Tabla 18. Resultados del ensayo de CBR.

N°	Suelos de la Subrasante con 25% de piedra chancada de 3/4"	CBR	
		95 (%)	100 (%)
1	Calicata 1	19.40	24.30
2	Calicata 2	19.80	25.00
3	Calicata 3	19.80	24.90
4	Calicata 4	21.80	25.20
Promedio		20.20	24.85

Fuente: Elaboración propia

El ensayo del CBR, según la Figura N° 17 del Anexos 3, nos detalla que si está en el rango de $CBR \geq 20\%$ a $CBR < 30\%$, es una S4: Sub rasante "Muy Buena".

La relación soporte california (CBR) al 100% nos da 24.85% y el CBR al 95% nos da 20.20 por lo que la categoría de la Sub rasante s_4 : **Sub rasante Muy Buena**.

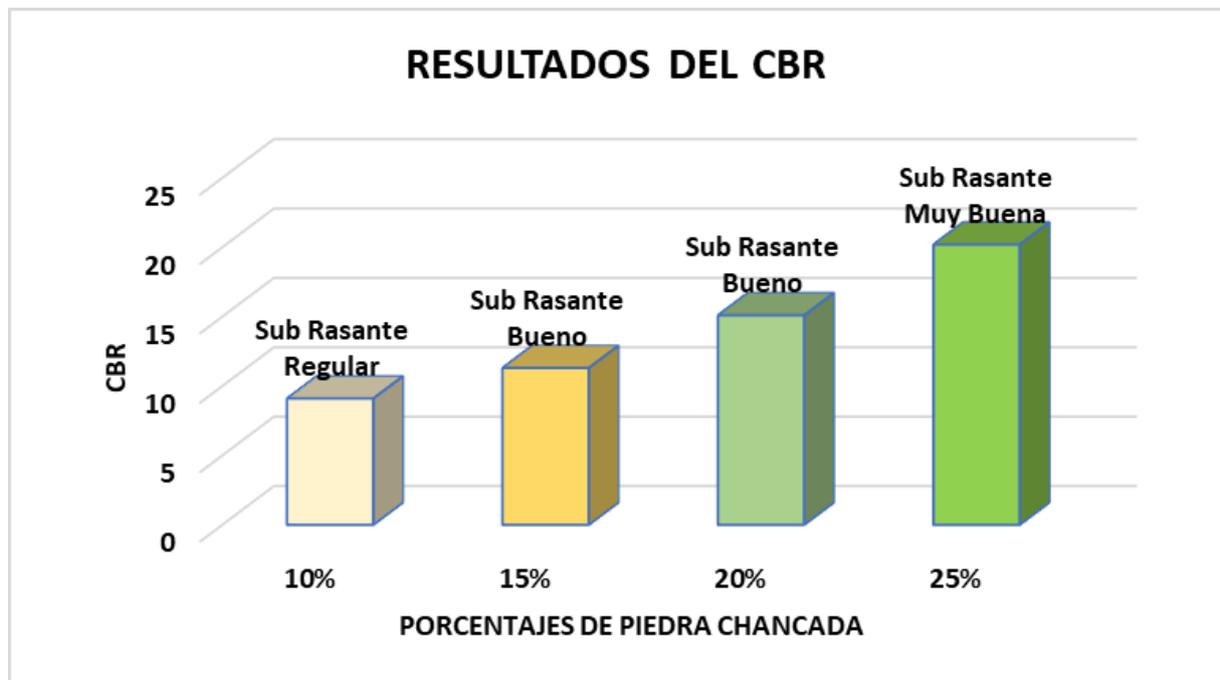


Figura 3. Resultados del CBR aplicando piedra chancada de 3/4"

Fuente: Elaboración propia

Teniendo los resultados de diferentes CBR adicionando piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en 10%, 15%, 20% y 25%, decidí aplicar el resultado del CBR al 25% para mejor estabilización de la sub rasante, para poder llegar a la vida útil el cual es de 30 años siendo un pavimento rígido.

Ensayo de Abrasión los Ángeles de la piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ".

Comprobando el comportamiento de la piedra chancada, combinando aspectos como la abrasión, impacto y fricción, se realizó el ensayo de Abrasión los Ángeles; así como se muestra en la tabla 19

Tabla 19. Resultados del ensayo de Abrasión los Ángeles para la piedra chancada.

TAMAÑO DE MALLAS		MASA ORIGINAL (GRAMOS)	MASA FINAL (GRAMOS)	MASA PERDIDA DESPUES DE 1000 REVOLUCIONES	% DE DESGASTE POR ABRASION	GRADACION
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"					A
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2498				
1/2"	3/8"	2503				
3/8"	1/4"					
1/4"	N°4					
N°4	N°8					
TOTAL		5001	3984	1017	20.34	

Fuente: Elaboración propia

La resistencia a la degradación de áridos gruesos de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles tiene un porcentaje de desgaste por abrasión de 20.34%, lo cual es menor al 50% Max. Establecido en la Norma del MTC.

Tabla 20. Resultados del ensayo de Granulometría de la Piedra Chancada.

ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diametro		Peso Retenido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ESPECIFICACIÓN	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4"	100.00 mm				100	100	100
3 1/2"	90.00 mm				100	100	100
3"	75.00 mm				100	100	100
2 1/2"	63.00 mm				100	100	100
2"	50.00 mm				100	100	100
1 1/2"	37.50 mm				100	100	100
1"	25.00 mm				100	90	100
3/4"	19.00 mm	1227	25.4	25.4	74.6	40	85
1/2"	12.50 mm	2364	48.93	74.33	25.67	10	40
3/8"	9.50 mm	583	12.07	86.4	13.6		15
N°4	4.75 mm	544	11.26	97.66	2.34		5
N°8	2.36 mm	110	2.28	99.94	0.06		
N°16	1.18 mm			99.94	0.06		
N°30	600			99.94	0.06		
N°50	300			99.94	0.06		
N°100	150			99.94	0.06		
N°200	75			99.94	0.06		
< N° 200	-	3.00	0.06	100.00			
						MF	7.09
						TMN	3/4"

Fuente: Elaboración propia

El análisis granulométrico de la piedra chancada se determinó mediante MTC E – 107. Según la Figura N° 14 del Anexos 3, el tamaño de partículas del 35% máximo que pasa por tamiz es de 0.075 mm (N° 200); Se obtuvo de la tabla 19 un 99.94% por lo que se determina que son suelos gruesos.

4.4. Costo Beneficio al realizar la estabilización al 25%.

¿Cuál es el costo-beneficio de realizar el mejoramiento con una mezcla de piedra chancada de ¾ y el material propio? El presupuesto planteado permitirá definir la

factibilidad y rentabilidad de pavimentar la Circunvalación Nueva, debido a que cuenta con una subrasante muy pobre, no apto para la construcción. Realizando la comparación de dos presupuestos, uno solo para el afirmado y otro considerando nuestra mezcla experimentada del 25% piedra chancada de 3/4 y material propio; el tramo de investigación es de 998m, cabe mencionar que el CBR de la subrasante encontrada es de 4,56%, que es una subrasante de mala calidad y con el uso de piedra chancada de 3/4 y material propio se obtiene un CBR de 20.20%, que es una subrasante de muy buena calidad.

Tabla 21. Presupuesto con material de afirmado.

PRESUPUESTO DE OBRA						
PROYECTO	: PRESUPUESTO DE LA CIRCUNVACLACION NUEVA					
PRESUPUESTO	: MEJORAMIENOT DELA SUBRASANTE CON MATERIAL AFIRMADO					
UBICACIÓN	: CIRCUNVALACION NEUVA - JULIACA					
Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
2.00.00	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MATERIAL AFIRMADO					79856
2.01.00	PAVIMENTOS					79856
2.01.01	MOVIMIENTO DE TIERRA					6006
2.01.01.01	EXCAVACIÓN DE AREÁ PARA MEJORAR LA SUBRASANTE	m3	2100	2.86	6006	
2.01.02	SUBRASANTE					73850
2.01.02.01	RELLENO CON MATERIAL AFIRMADO (e=0.30)	m2	7000	10.55	73850	

PRESUPUESTO DE OBRA						
PROYECTO	: PRESUPUESTO DE LA CIRCUNVAELACION NUEVA					
PRESUPUESTO	: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MATERIAL AFIRMADO					
UBICACIÓN	: CIRCUNVALACION NEUVA - JULIACA					
Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
2.00.00	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MATERIAL AFIRMADO					79856
2.01.00	PAVIMENTOS					79856
2.01.01	MOVIMIENTO DE TIERRA					6006
2.01.01.01	EXCAVACIÓN DE AREÁ PARA MEJORAR LA SUBRASANTE	m3	2100	2.86	6006	
2.01.02	SUBRASANTE					73850
2.01.02.01	RELLENO CON MATERIAL AFIRMADO (e=0.30)	m2	7000	10.55	73850	
Costo Directo	S/ 79,856.00					
I.G.V. 18%	S/ 14,374.08					
TOTAL:	S/ 94,230.08					

Tabla 22. Presupuesto - Piedra chancada ¾ al 25% y material propio al 75%.

PRESUPUESTO DE OBRA						
PROYECTO	: PRESUPUESTO DE LA CIRCUNVAELACION NUEVA					
PRESUPUESTO	: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MATERIAL PROPIO AL 75% Y PIEDRA CHANCADA DE 3/4" AL 25%					
UBICACIÓN	: CIRCUNVALACION NEUVA - JULIACA					
Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
2.00.00	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON MATERIAL AFIRMADO					41932.8
2.01.00	PAVIMENTOS					41932.8
2.01.01	MOVIMIENTO DE TIERRA					6006
2.01.01.01	EXCAVACIÓN DE AREÁ PARA MEJORAR LA SUBRASANTE	m3	2100	2.86	6006	
2.01.02	SUBRASANTE					35926.8
2.01.02.01	RELLENO CON MEZCLA DE PIEDRA CHANCADA DE 3/4" AL 25%+MATERIAL PROPIO 75% (e=0.30)	m2	7000	5.132	35926	

Costo Directo	S/ 41,932.80
I.G.V. 18%	S/ 7,547.90
TOTAL:	S/ 49,480.70

Tabla 23. Análisis de Costo Unitario – Afirmado.

Análisis de Costos Unitarios						
PROYECTO	: PRESUPUESTO DE LA CIRCUNVALACION NUEVA					
PRESUPUESTO	: MEJORAMIENTOS DE LA SUBRASANTE CON MATERIAL AFIRMADO					
UBICACIÓN	: CIRCUNVALACION NUEVA - JULIACA					
Partida	1.1.1. EXCAVACIÓN DE ÁREA PARA MEJORAR LA SUBRASANTE	Rendimiento:		450 m3/día		
		Costo unitario por m3		2.86		
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.12
471060001	Capataz	hh	0.1	0.0018	29.14	0.05
471060012	Operador de equipo pesado	hh	1	0.0178	25.32	0.45
471110001	Peón	hh	2	0.0356	17.32	0.62
EQUIPO						1.74
370010002	Herramientas	%mo	-	3	1.12	0.03
491060101	Retroexcavadora de 1/2 a 1/4 yd3	hm	1	0.0178	96.24	1.71
Partida	1.2.1. RELLENO CON MEZCLA DE MATERIAL AFIRMADO (e=0.30)	Rendimiento:		2,500 m3/día		
		Costo unitario por m3		10.76		
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.55
471060001	Capataz	hh	0.2	0.0006	29.14	0.02
471060012	Operador de equipo pesado	hh	3	0.0096	25.32	0.24
471060037	Oficial	hh	1	0.0032	19.26	0.06
471110001	Peón	hh	4	0.0128	17.32	0.22
MATERIALES						9.12
381060001	Afirmado	m2	-	0.2850	32	9.12
EQUIPO						1.10
370010002	Herramientas	%mo	-	3	0.55	0.02
481030013	Camión Cisterna 4x2 (agua) 122 HP, 1500GLN, 9,900 kg	hm	1	0.0032	113.64	0.36
491100001	RODILLO LISO AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1	0.0032	92.52	0.30
491060109	Motoniveladora 125 HP	hm	1	0.0032	131.06	0.42

Tabla 24. Análisis de Costo Unitario - Piedra chancada ¾ al 25% más material propio al 75%.

Análisis de Costos Unitarios						
PROYECTO	: PRESUPUESTO DE LA CIRCUNVACLACION NUEVA					
PRESUPUESTO	: MEJORAMIENOT DELA SUBRASANTE CON MATERIAL PROPIO AL 75% Y PIEDRA CHANCADA DE 3/4" AL 25%					
UBICACIÓN	: CIRCUNVALACION NEUVA - JULIACA					
Partida	1.1.1. EXCAVACIÓN DE ÁREA PARA MEJORAR LA SUBRASANTE			Rendimiento:	450 m3/día	
				Costo unitario por m3	2.86	
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.12
471060001	Capataz	hh	0.1	0.0018	29.14	0.05
471060012	Operador de equipo pesado	hh	1	0.0178	25.32	0.45
471110001	Peón	hh	2	0.0356	17.32	0.62
EQUIPO						1.74
370010002	Herramientas	%mo	-	3	1.12	0.03
491060101	Retroexcavadora de 1/2 a 1/4 yd3	hm	1	0.0178	96.24	1.71
Partida	1.2.1. RELLENO CON MEZCLA DE 75% materia propia y 25% piedra chancada de 3/4" (e=0.30)			Rendimiento:	2,500 m3/día	
				Costo unitario por m3	5.35	
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.55
471060001	Capataz	hh	0.2	0.0006	29.14	0.02
471060012	Operador de equipo pesado	hh	3	0.0096	25.32	0.24
471060037	Oficial	hh	1	0.0032	19.26	0.06
471110001	Peón	hh	4	0.0128	17.32	0.22
MATERIALES						3.70
381060001	material propio	m2	-	0.2138	0	0.00
51060001	Piedra chancada de 3/4"	m2	-	0.0712	52	3.70
EQUIPO						1.11
370010002	Herramientas	%mo	-	5	0.55	0.03
481030013	Camión Cisterna 4x2 (agua) 122 HP, 1500GLN, 9,900 kg	hm	1	0.0032	113.64	0.36
491100001	RODILLO LISO AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1	0.0032	92.52	0.30
491060109	Motoniveladora 125 HP	hm	1	0.0032	131.06	0.42

Tabla 25. Sustento de metrados del Afirmado.

PLANILLA DE METRADOS									
PRESUPUESTO		PRESUPUESTO DE LA CIRCUNVALACION NUEVA - JULIACA							
SUBPRESUPUESTO		MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE							
LUGAR		CIRCUNVALACION NUEVA - JULIACA							
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	N° de veces	MEDIDAS					TOTAL
				Largo	Ancho	Altura	AREA	VOLUMEN	
01.00.00	PAVIMENTOS								
01.01.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
01.01.01	EXCAVACIÓN DE AREA PARA MEJORAR LA SUBRASANTE	M3	1.00	1000.00	7.00	0.30		2100.00	2100.00
01.02.00	SUBRASANTE								
01.02.01	RELLENO CON MATERIAL DE AFIRMADO (e=0.30)	M2	1.00	1000.00	7.00			7000.00	7000.00

Tabla 26. Sustento de metrados – material propio al 75% y piedra chancada de ¾ al 25%.

PLANILLA DE METRADOS									
PRESUPUESTO		PRESUPUESTO DE LA CIRCUNVALACION NUEVA - JULIACA							
SUBPRESUPUESTO		MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE							
LUGAR		CIRCUNVALACION NUEVA - JULIACA							
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	N° de veces	MEDIDAS					TOTAL
				Largo	Ancho	Altura	AREA	VOLUMEN	
01.00.00	PAVIMENTOS								
01.01.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
01.01.01	EXCAVACIÓN DE AREA PARA MEJORAR LA SUBRASANTE	M3	1.00	1000.00	7.00	0.30		2100.00	2100.00
01.02.00	SUBRASANTE								
01.02.01	RELLENO CON MEZCLA DE AGREGADO GRUESO + MATERIAL PROPIO (e=0.30)	M2	1.00	1000.00	7.00			7000.00	7000.00

V. DISCUSIÓN

El primer objetivo del proyecto es evaluar las propiedades físicas de la subrasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca, se investigó las bases teóricas y realizando los ensayos de laboratorio determinando el índice de plasticidad, índice de grupo clasificando según normas SUCS y AASHTO.

Según Martínez J. (2012), caracterizaron y analizaron las propiedades físicas de un suelo arcillo como la sub rasante analizada obteniendo porcentajes diferentes mayores al 30%. Por lo que se concuerda con el autor referido a la presente investigación.

Como segundo objetivo es evaluar las propiedades mecánicas de la subrasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca, realizando ensayos de laboratorio como son el Proctor modificado y CBR teniendo valores bajos, clasificándose como insuficiente, por lo que es recomendable la estabilización.

Guardando relación con Carlos Doroteo (2014), siendo más explícito con el procedimiento de la estabilización de suelos, teniendo un control adecuado, aplicando piedra chancada como material sustituto eficaz en suelos arenosos, arcillosos saturados, donde el nivel freático es superficial, concordando con el autor acerca de la estabilización del suelo sustituyéndolo con un material mejorado

El tercer objetivo es evaluar los procesos de estabilización utilizando piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " con adiciones al 10%, 15%, 20% y 25%, se mejora la resistencia alcanzando un mayor porcentaje de mejora en los ensayos mecánicos como son el CBR y Proctor modificado

Según Castillo Parra (2017), la estabilización de suelos arcillosos con CBR menores al 5% en la conformación de sub rasantes en carreteras, tienen características irregulares que son inadecuados para los caminos, añadiendo piedra chancada, teniendo una respuesta que el límite líquido, el índice de plasticidad y la relación de expansión disminuyeron; con el aumento de CBR tiene como propiedad la resistencia.

Aceptando la hipótesis planteada y concordando con el autor; adicionando piedra chancada mejora las propiedades mecánicas de una vía.

Como cuarto objetivo planteado es determinar cuál es el costo-beneficio de realizar la estabilización con piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca, teniendo un impacto benéfico en la conformación de un nuevo pavimento.

Rengifo y Vargas (2017), el costo - beneficio en la conformación de pavimentos mezclando piedra chancada, arena chancada y pavimento resultan más beneficios en un 30% el ahorro, según el peso de la piedra chancada. aceptando la hipótesis planteada y concordando con los autores, adicionando la piedra chancada reduce el costo de la conformación del pavimento.

VI. CONCLUSIONES

La piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " influye en la estabilización de la subrasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca

Las propiedades físicas de la subrasante de la Circunvalación realizando los ensayos, dieron como resultado: contenido de humedad de 9.96%; Índice Plástico (I_p) de 8.41%, clasificación AASHTO de A – 4, comparados con la Norma del MTC concluimos que es un suelo deficiente.

Las propiedades mecánicas de la subrasante de la Circunvalación Nueva son la densidad seca máxima por compactación ($D_{s_{max}}$) de 1.67 gr/cm³ y de Relación Soporte de California (CBR) al 95% da 4.56%. Estos valores comparados con la Norma MTC permiten concluir que es un suelo deficiente y que requiere de una estabilización.

La propuesta de mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la subrasante se efectuaron con adición del 10%, 15%, 20% y 25% de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ en peso referido a los suelos; el 25% de adición de piedra chancada para la estabilización de suelos son los adecuados, alcanzando un CBR al 95% de 20.20%. Esta conclusión se manifiesta con la comparación efectuada con la Norma MTC.

Los resultados obtenidos según costo-beneficio se realizó tomando en cuenta 998m de pavimento en estudio, el costo de la mezcla de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " al 25% y material propio al 75% su costo es de S/ 49,480.70 y el costo de afirmado para subrasante es de S/ 94,230.08.

VII. RECOMENDACIONES

La subrasante de un pavimento es la primera y más importante; que tiene incidencia en su durabilidad; por tanto, debe estar conformado por suelos de calidad compatible que especifica la Norma del MTC.

En la ciudad de Juliaca, su topografía es plana y de suelos naturales donde predominan suelos finos, suelos plásticos; sus propiedades mecánicas deben de ser adecuadamente identificadas. Para lo cual se requiere de un estudio por zonas y/o urbanizaciones; los que pueden ser abordados en otros trabajos de tesis y sea un aporte de proyección social hacia la comunidad.

Los materiales granulares son los más recomendables por ser suelos finos los que predominan en las vías determinadas en la ciudad de Juliaca, de esta manera mejoraremos las propiedades físico-mecánicas de los suelos de una subrasante de un futuro pavimento; tiene diversas alternativas en la actualidad; pueden ser desde aditivos, agregados naturales que se tiene cerca de la ciudad, agregados reciclados, entre otros.

La agregación del material granular como es la piedra de $\frac{3}{4}$ " tiene un buen beneficio en la parte económico respecto a un afirmado en la construcción y una importante disminución en el impacto ambiental ya que se deja de lado un gran movimiento de tierras que ocasiona el retiro y reemplazo de la subrasante.

REFERENCIAS

1. QUEZADA Osoria, Santiago. *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación* [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad de Piura, 2017 [Consultado 31 marzo 2022]. Disponible en:
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3207/ICI_242.pdf?sequence=1
2. JUAN Martínez, Santos, *Evaluación del mejoramiento de suelos arcillosos empleando materiales cementales* [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana, 2012 [Consultado 01 abril 2022]. Disponible en:
<https://docplayer.es/8282166-Universidad-veracruzana-facultad-de-ingenieria-civil-region-xalapa-evaluacion-del-mejoramiento-de-suelos-arcillosos-empleando-materiales-cementantes.html>
3. CASTILLO Parra Byron F., (2017) “*estabilización de suelos arcillosos de macas con valores de cbr menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras*”, 2017 [Consultado 01 abril 2022]. Disponible en:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26917>
4. MIGUEL, SAIETH Y LUIS., (2019) “*Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero*” Rev .investig. desarro. innov.,2019 [Consultado 10 octubre 2022]. Disponible en:
https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/11692/9755
5. DOROTEO CID, CARLOS. “*Mejoramiento de suelo por sustitución de material*” [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Puebla, 2014 [Consultado 19 octubre 2022]. Disponible en:
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/5862>.
6. LANGUIDEY SOSSA, DAYANA. “*subrasante mejorada de suelos finos en base a cal y cemento con aporte estructural en pavimento flexible*” [en línea]. Trabajo de grado. Escuela militar de ingeniería MCAL. Antonio José de Sucre Bolivia, 2013 [Consultado 11 octubre 2022]. Disponible en:
<file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/subrasante-mejorada-de-suelo-finos-en-base->

[a-cal-y-cemento-con-aporte-estructural-en-pavimento-flexible_compress%20\(1\).pdf](#)

7. PÈREZ COLLANTES, ROCÌO DEL CARMEN. *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos* [en línea]. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Ingeniería, 2012 [Consultado 01 abril 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2918501>
8. DELGADO Y LEON. “*Mejoramiento De La Subrasante Mediante La Mezcla De Grava- Arcilla Para Optimizar Su Capacidad Portante En La Calle Los Nogales, Piura-2019*” [en línea]. Tesis para obtener el título. Universidad Cesar Vallejo, 2019 [Consultado 30 junio 2022]. Disponible en: file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Delgado_RJB-Le%C3%B3n_CAC.pdf
9. CORDOVA E., “*Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante*” [en línea]. Estudio definitivo del Mejoramiento y Construcción de la carretera Ruta 10, Tramo Huamachuco-Puente Pallar, 2015 [Consultado 28 junio 2022]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-los-angeles-de-chimbote/mecanica-de-suelos/mejoramiento-de-suelos-a-nivel-subrasante/15231702>
10. HERNANDES Y TORRES., “*Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la av. fitzcarrald, tramo carretera pomalca – av. victor rál haya de la torre*” [en línea]. Tesis para obtener el título. Universidad Señor de Sipan, 2016 [Consultado 25 junio 2022]. Disponible en: [file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/TESIS%20FINAL%20HERNANDEZ%20-%20TORRES%20OK%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/TESIS%20FINAL%20HERNANDEZ%20-%20TORRES%20OK%20(1).pdf)
11. CREYSI GUEVARA QUISPE. *Estabilización de suelos con adición de residuos compatibles para la construcción de vías de la ciudad de Juliaca*. [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2017 [Consultado 01 abril 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2893242>
12. QUISPE A., “*evaluación funcional y estructural de las principales avenidas con pavimento flexible de la zona de salcedo de la ciudad de puno*”. [en línea]. Tesis para obtener el título. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2018 [Consultado 08 abril 2022]. Disponible en:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT_3e177be68f182d1245e6fc5b22228302

13. MAMANI C., “Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto f_c : 210 kg/cm² sobre los 3800 m.s.n.m., utilizando cemento rumi, en la región puno” [en línea]. Tesis para obtener el título. Universidad Nacional del altiplano, 2022 [Consultado 25 mayo 2022]. Disponible en: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/Mamani_Condori_Jhon.pdf
14. PUCUTUNI S. & ARIAS E., *Diseño de concreto Fast Track con fines de uso para rehabilitación de pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca* [en línea]. Tesis para obtener el título. Universidad Peruana Unión, 2019 [Consultado 08 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3402?show=full>
15. Valdiviezo & Ronquillo. *Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales en la región de puno* [en línea]. Estudio de Geología económica, 2012 [Consultado 05 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/229>
16. Manual de Carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos MTC.[en línea] [Consultado 21 junio 2022]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
17. Manual de Carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos MTC.[en línea] [Consultado 21 junio 2022]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
18. Manual de Carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos MTC.[en línea] [Consultado 21 junio 2022]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
19. Construmatica Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción [en línea] [Consultado 15 junio 2022]. Disponible en: https://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: “Estabilización de la Sub rasante de la Circunvalación Nueva utilizando piedra chancada de ¾” en la ciudad de Juliaca”

AUTOR: Arapa Jove, Bethzaida Rocío

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
V. INDEPENDIENTE	SUELOS SUBRASANTE	La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno). Que soportará la estructura del pavimento y estará conformada por suelos seleccionados de característica aceptables en óptimo estado.	La subrasante de un pavimento, es la primera y más importante; que tiene incidencia en su durabilidad; por tanto debe estar conformado por suelos de calidad compatible que especifica el Manual de Carreteras del MTC (Sección Suelos y pavimentos)	Propiedades mecánicas de los suelos de la subrasante de la Circunvalación Nueva.	Humedad natural, Granulometría, clasificación de suelos, densidad seca máxima y CBR.	Razón	<p>Método: (Científico). Tipo: (Aplicada). Nivel: Explicativo Diseño: Experimental Enfoque: (Cuantitativo). Población: Es la subrasante de la nueva circunvalación – Juliaca, de la cual se hará el Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas para el diseño de un pavimento rígido aplicando el método AASHTO – 93. Muestra: 20 ensayos de contenido natural de humedad, 20 ensayos de Análisis granulométrico, 20 ensayos de Límites de consistencia, 20 ensayos de Densidad seca máxima por compact., 20 ensayos de CBR. Muestreo: No Probabilístico Técnica: Por conveniencia Instrumentos: Formatos de los ensayos realizados</p>
V. DEPENDIENTE	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO	La mejora del suelo es el proceso de tratamiento del suelo natural para que podamos alterar su calidad para obtener una calidad estable que pueda soportar las cargas y las condiciones climáticas más duras	La propuesta de mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de los suelos de la subrasante se efectuaron con adición del 10%, 15%,20% y 25% de material granular	Propiedades mecánicas mejoradas con procesos de estabilización de los suelos de la subrasante de la Circunvalación Nueva de Juliaca.	Humedad natural, Granulometría, clasificación de suelos, densidad seca máxima y CBR.	Razón	
V. INTERVENIENTE	ESTABILIZACIÓN	La estabilización de suelos en la construcción de carreteras se define como un proceso de mejorar el comportamiento mediante reducir su susceptibilidad a la influencia del agua y condiciones del tránsito en un periodo de tiempo razonable.	Los suelos de la subrasante se estabilizarán con adición del 10%, 15%,20% y 25% de material granular	<ul style="list-style-type: none"> • Adición del 10% de material granular. • Adición del 15% de material granular. • Adición del 20% de material granular. • Adición del 25% de material granular. 	Humedad natural, Granulometría, clasificación de suelos, densidad seca máxima y CBR. Propuesta.	Razón	

Anexo 2: Matriz de consistencia

TÍTULO: Estabilización de la Sub rasante de la Circunvalación Nueva utilizando piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " en la ciudad de Juliaca.

AUTOR: Arapa Jove, Bethzaida Rocío.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<p>Interrogante general. ¿Cómo influye la piedra chancada de $\frac{3}{4}$" en la estabilización de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivo general. Estabilizar la sub rasante de la Circunvalación Nueva utilizando piedra chancada de $\frac{3}{4}$" en la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis general. La utilización de piedra chancada de $\frac{3}{4}$" permitirá la estabilización de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Variable independiente: La estabilización de sub rasante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la circunvalación nueva de Juliaca. 	<ul style="list-style-type: none"> Humedad natural, Granulometría, clasificación de suelos, densidad seca máxima y CBR. 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayo de Contenido de humedad natural (MTC E 108-2000) Ensayo Análisis granulométrico por tamizado (MTC E-107). Ensayo de Límites de consistencia (MTC E-110 Y MTC E-111). Ensayo de Próctor Modificado (MTC E 115-2000 Y ASTM D 1557). Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883, MTC E 139 -2000).
<p>Interrogantes específicos.</p> <p>1. ¿Cómo son las propiedades físicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca?</p> <p>2. ¿Cómo son las propiedades mecánicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca?</p> <p>3. ¿Cómo es el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas con procesos de estabilización de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca?</p> <p>4. ¿Cuál es el costo-beneficio de realizar el mejoramiento con la estabilización con piedra chancada de $\frac{3}{4}$" en la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivos específicos.</p> <p>1. Evaluar las propiedades físicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca.</p> <p>2. Evaluar las propiedades mecánicas de la subrasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca.</p> <p>3. Evaluar los procesos de estabilización utilizando piedra chancada de $\frac{3}{4}$" en la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca.</p> <p>4. Determinar cuál es el costo-beneficio de realizar la estabilización con piedra chancada de $\frac{3}{4}$" en la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis específicas.</p> <p>1. Las propiedades físicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca; no cumplen con la Norma del MTC.</p> <p>2. Las propiedades mecánicas de la subrasante de la Circunvalación Nueva de la ciudad de Juliaca; no cumplen con la Norma del MTC.</p> <p>3. El mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la sub rasante de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca; se efectuará con adición de piedra chancada de $\frac{3}{4}$" en proporción adecuada.</p> <p>4. Existe un costo-beneficio en realizar la estabilización con piedra chancada de $\frac{3}{4}$" de la Circunvalación Nueva en la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Variable dependiente: La utilización de la piedra chancada $\frac{3}{4}$"</p>	<ul style="list-style-type: none"> Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la circunvalación nueva de Juliaca, mejoradas con procesos de estabilización. Diseño del pavimento rígido, aplicando el método AASHTO – 93 de la circunvalación nueva de Juliaca. 	<ul style="list-style-type: none"> Humedad natural, Granulometría, clasificación de suelos, densidad seca máxima y CBR. 	
			<p>Variable interviniente: Estabilización</p>	<ul style="list-style-type: none"> Adición del 10% de piedra chancada. Adición del 15% de piedra chancada. Adición del 20% de piedra chancada. Adición del 25% de piedra chancada. 	<ul style="list-style-type: none"> Humedad natural, Granulometría, clasificación de suelos, densidad seca máxima y CBR. Propuesta. 	

Anexo 3: Figuras del Manual de Carreteras del MTC

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

Figura 1: Número de Calicatas para exploración de suelos.

Fuente: Manual de carreteras del MTC, sección Suelos y Pavimentos.

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08mmm							Suelos finos más de 35% pasa po el tamiz de 0.08 mm				
Grupo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Simbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Analisis granulométrico												
%% que pasa por el tamiz												
2 mm	máx.50											
0.5 mm	máx.30	máx.50	máx.50									
0.08 mm	máx.15	máx.25	máx.10	máx.3 5	máx.3 5	máx.3 5	máx.3 5	mín.3 5	mín.3 5	mín.3 5	mín.35	mín.35
Limites Atterberg				máx.4 0	min.4 0	máx.4 0	min.4 0	máx.4 0	máx.4 0	máx.4 0	min.40	min.40
Límite de liquidez índice de plasticidad	máx.6	máx.6		máx.1 0	máx.1 0	min.1 0	min.1 0	máx.1 0	máx.1 0	min.1 0	min.10 IP<LL-30	min.10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx.4	máx.4	máx.8	máx.1 2	máx.1 6	máx.20	máx.20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcilloso		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno							De pasable a malo				

Figura 2: Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D3282

Fuente: Manual de carreteras del MTC, sección Suelos y Pavimentos.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Figura 3: Clasificación de suelos según su Índice de Plasticidad.

Fuente: Manual de carreteras del MTC, sección Suelos y Pavimentos.

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

Figura 4: Clasificación de suelos según Índice de Grupo.

Fuente: Manual de carreteras del MTC, sección Suelos y Pavimentos.

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

Figura 5: Categorías de subrasante.

Fuente: Manual de carreteras del MTC, sección Suelos y Pavimentos.

Anexo 4: Panel Fotográfico



Foto 01: Estado actual de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 02: Estado actual de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 03: Características del afloramiento de la humedad subterránea de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 04: Características del afloramiento de la humedad subterránea en la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 05: Características de la falta de obras de drenaje de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 06: Características de la falta de obras de drenaje de aguas superficiales de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 07.: Características de la falta de drenaje de aguas superficiales de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 08.: Consecuencias del estancamiento de aguas superficiales de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 09: Estado actual de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 10: Consecuencias del estancamiento de aguas superficiales de la Circunvalación Nueva de ciudad de Juliaca.



Foto 11: Ubicación de calicatas.



Foto 12: Medición de la profundidad de excavación de la calicata.



Foto 13: Perfil de suelo encontrado en la calicata.



Foto 14: Fondo de Calicata, nivel freático a -1.60m.



Foto 15: Obtención de muestras de las calicatas.



Foto 16: Transporte de muestras al laboratorio.



Foto 17: Secado de muestra extraída.



Foto 18: Selección de muestra para ensayo de compactación.



Foto 19: Ensayo de compactación (Próctor Modificado).



Foto 20: Medición de expansión de espécimen (CBR).



Foto 21: Ensayo de Límites de Consistencia.



Foto 22: Determinación de Límite Plástico.



Foto 23: Cuarteo de piedra chancada



Foto 24: Tamizaje para Análisis Granulométrico



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, OMAR CORONADO ZULOETA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Estabilización de la Sub rasante de la Circunvalación Nueva utilizando piedra chancada de ¾" en la ciudad de Juliaca", cuyo autor es ARAPA JOVE BETHZAIDA ROCIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 06 de Febrero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
OMAR CORONADO ZULOETA DNI: 16802184 ORCID: 0000-0002-7757-4649	Firmado electrónicamente por: OMARCORONADO el 06-02-2023 19:42:02

Código documento Trilce: TRI - 0531552