



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betón convencional, Carabaylo, Lima 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA CIVIL**

**AUTORA:**

Quispe Quispe, Maideth Lizbeth (ORCID: 0000-0003-2728-1765)

**ASESORA:**

Dra. Arriola Moscoso, Cecilia (ORCID: 0000-0003-2497-294X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo lo dedico esencialmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este camino para obtener uno de los anhelos más deseado.

A mis padres y mi hermanita, por su comprensión, dedicación y sacrificio en todo este tiempo, gracias a ustedes logre llegar hasta aquí. Es un orgullo y privilegio de ser su hija, son unos excelentes padres. A mis abuelitos que se que desde el cielo estarán orgullosos de mí, y mi abuelita que siempre estuvo con sus consejos.

A todas las personas que me brindaron su apoyo e hicieron que este trabajo sea con éxito especialmente a aquellos que me apoyaron moralmente, me compartieron sus conocimientos y jamás me dejaron sola en este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la vida, por guiarme a lo largo de este camino y ser mi respaldo y fortaleza en los momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres Teófilo y Marita, mi hermanita Lisseth, por ser los promotores de mis sueños, por confiar y en mis conocimientos, por los consejos, valores y principios que me han inculcado para lograr el gran anhelo de titularme como ingeniera civil. A mis abuelitos les agradezco por todo el aliento emocional para poder seguir de pie dando batalla y jamás rendirme.

Agradezco a los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

## Índice

|   |      |
|---|------|
| Dedicatoria.....  | i    |
| Agradecimiento.....                                       | ii   |
| Índice.....   | iii  |
| Índice de tablas.....                                     | iv   |
| Índice de figuras.....                                    | vi   |
| Resumen.....  | vii  |
| Abstract.....   | viii |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                      | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO.....                                    | 4    |
| III. METODOLOGIA.....                                     | 12   |
| 3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....                  | 12   |
| 3.2. Variables y operacionalización.....                  | 13   |
| 3.3. Población, Muestra y Muestreo.....                   | 14   |
| 3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos..... | 17   |
| 3.5. Procedimientos.....                                  | 20   |
| 3.6. Métodos de Análisis de datos.....                    | 21   |
| 3.7. Aspectos Éticos.....                                 | 21   |
| IV. RESULTADOS.....                                       | 23   |
| V. DISCUSIÓN.....   | 49   |
| VI. CONCLUSIÓN.....                                       | 52   |
| VII. RECOMENDACIONES.....                                 | 65   |
| REFERENCIAS.....  | 67   |
| ANEXOS.....   | 74   |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Número de calicatas .....  | 15 |
| Tabla 2. Número de ensayos Mr y CBR.....  | 16 |
| Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....   | 19 |
| Tabla 4. Interpretación del coeficiente de Kappa de validez.....  | 20 |
| Tabla 5. Determinación del contenido de humedad de la C-1 .....   | 28 |
| Tabla 6. Límites de Attenberg C-1.....  | 28 |
| Tabla 7. Determinación del contenido de humedad de la C-2 .....   | 29 |
| Tabla 8. Límites de Attenberg de la C-2 .....   | 30 |
| Tabla 9. Resultados del ensayo para la obtención del O.C.H<br>y M.D.S – Suelo natural.....                                | 31 |
| Tabla 10. Resultado del O.C.H. y M.D.S. – Suelo Natural .....   | 31 |
| Tabla 11. Resultados del ensayo para la obtención del O.C.H.<br>Y M.D.S. – Suelo + 4% de betún convencional .....         | 32 |
| Tabla 12. Resultado del O.C.H. y M.D.S. – Suelo + 4%<br>De betún convencional .....                                       | 32 |
| Tabla 13. Resultados del ensayo para la obtención del O.C.H.<br>Y M.D.S. – Suelo natural + 8% de betún convencional ..... | 34 |
| Tabla 14. Resultado del O.C.H. y M.D.S. – Suelo + 8%<br>De betún convencional .....                                       | 34 |
| Tabla 15. Resultados del óptimo contenido de humedad .....  | 35 |
| Tabla 16. Resultados de la máxima densidad seca .....   | 35 |
| Tabla 17. Relación de la M.D.S. y el O.C.H. ....  | 35 |
| Tabla 18. Resultados del índice de plasticidad del suelo natural .....  | 36 |
| Tabla 19. Resultados del índice de plasticidad del Suelo + 4%<br>Betún convencional .....                                 | 37 |
| Tabla 20. Resultados del índice de plasticidad del Suelo + 8%<br>Betún convencional .....                                 | 38 |
| Tabla 21. Resultados del límite líquido, límite plástico y el<br>Índice de plasticidad .....                              | 38 |
| Tabla 22. Resultado de penetración del suelo natural .....  | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 23. Resultado de penetración del suelo + 4%                                    |    |
| De betún convencional .....  | 41 |
| Tabla 24. Resultado de penetración del suelo + 8%                                    |    |
| De betún convencional .....  | 42 |
| Tabla 25. Resultados de ensayos de CBR .....   | 44 |
| Tabla 26. Resultados del CBR al 95% y 100% .....                                     | 44 |
| Tabla 27. % de variación del contenido de humedad y la máxima<br>Densidad seca ..... | 45 |
| Tabla 28. % de variación de los límites líquido y plástico .....                     | 46 |
| Tabla 29. % de variación del índice de plasticidad .....                             | 47 |
| Tabla 30. % de variación del CBR al 95% y 100% .....                                 | 48 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación de la zona de estudio .....                          | 23 |
| Figura 2. Lugar de la zona de estudio .....                              | 24 |
| Figura 3. Referencia de la calicata N°1 .....                            | 24 |
| Figura 4. Referencia de la calicata N°2 .....                            | 25 |
| Figura 5. Betún convencional .....                                       | 26 |
| Figura 6. Curva granulométrica de la C-1 .....                           | 27 |
| Figura 7. Curva granulométrica de la C-2 .....                           | 29 |
| Figura 8. Proctor modificado del suelo natural C-2 .....                 | 31 |
| Figura 9. Proctor modificado de la C-2 + 4% del betún convencional ..... | 33 |
| Figura 10. Proctor modificado de la C-2+8% del betún convencional .....  | 34 |
| Figura 11. Grafica CBR-Suelo natural .....                               | 40 |
| Figura 12. Ensayo de CBR-Suelo natural .....                             | 40 |
| Figura 13. Grafica CBR-Suelo + 4% de betún convencional .....            | 41 |
| Figura 14. Ensayo de CBR-Suelo + 4% de betún convencional .....          | 42 |
| Figura 15. Grafica CBR-Suelo + 8% de betún convencional .....            | 43 |
| Figura 16. Ensayo de CBR-Suelo + 8% de betún convencional .....          | 43 |

## RESUMEN

En la actualidad uno de los temas a llevar a cabo en infraestructura vial es la problemática que existe en la subrasante, ya que presentan distintos tipos de suelo, en Carabaylo la mayor parte del distrito tiene un suelo arcilloso, esto hace que pueda mejorar las propiedades físico y mecánicas del suelo con distintos aditivos. El objetivo principal evaluar las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021. La metodología es tipo de investigación aplicada de diseño experimental, enfoque cuantitativo. Se realizaron dos calicatas, y se llevaron a cabo 2 dosificaciones del 4% y 8% de betún convencional para ser llevados a distintos ensayos en laboratorio.

Considerando los ensayos de laboratorio para analizar las propiedades de la subrasante, análisis granulométrico, ensayo de Proctor modificado, ensayo los Límites de Atterberg, ensayo de CBR.

Los resultados del suelo según SUCS y AASHTO es un suelo arcilla limoso de baja plasticidad, indicando una mejora en las propiedades físicas, mecánicas y el índice de plasticidad. Con incremento en su resistencia según las dosificaciones presentadas. Finalmente observando que las propiedades de la subrasante tienden a mejorar con medida que se va añadiendo el betún convencional.

Palabras clave: infraestructura vial, subrasante, mejoramiento

## ABSTRACT

Currently one of the issues to be carried out in road infrastructure is the problem that exists in the subgrade, since they present different types of soil, in Carabayllo most of the district has a clay soil, this makes it possible to improve the properties physical and mechanical soil with different additives. The main objective to evaluate the properties of the subgrade with the use of conventional bitumen, Carabayllo, Lima 2021. The methodology is a type of applied research of experimental design, quantitative approach. Two pits were made, and 2 dosages of 4% and 8% of conventional bitumen were carried out to be taken to different laboratory tests.

Considering the laboratory tests to analyze the properties of the subgrade, granulometric analysis, modified Proctor test, Atterberg Limits test, CBR test.

The results of the soil according to SUCS and AASHTO is a silty clay soil with low plasticity, indicating an improvement in the physical and mechanical properties and the plasticity index. With increased resistance according to the dosages presented. Finally, observing that the properties of the subgrade tend to improve as the conventional bitumen is added.

Keywords: road infrastructure, subgrade, improvement



## I. INTRODUCCIÓN

En los principales sitios de todo el mundo, el avance de cada país es dependiente de su infraestructura vial, por medio del cual se brinda empalmar una vía terrestre al país para el transporte de gerente y de carga, relacionando tareas productivas, de turismo y servicio; para eso es requisito que las construcciones que constituyen un pavimento cumplan los requisitos primordiales para las que fueron construidas; por otro lado, no todos estos proyectos viales están en un estado óptimo. Es visto y reconocido que, la colectividad de redes viales en el mundo entero muestra inconvenientes por el tipo de suelo que muestra la subrasante, las restricciones en parte importante de la red vial dejan bastante que desear. En todo el mundo, se pudo observar medios de transporte en condiciones completamente dañadas, como es el sitio de algunos establecimientos como España, Guatemala, México, Brasil, Bolivia y entre otros países. Mediante lo observado en estas fuentes que se encontraron en total deterioro, con figuras longitudinales, huecos en su avenida y frecuentemente con desmoronamiento del pavimento. Realizando contra la zona observada hoy en día, los países mencionados vienen progresando su aprovisionamiento vial, En Colombia, para los proyectos de normalización de los taludes de Campo Alegre y reconstrucción de 700 metros de vías en la zona antes mencionada, se destinaron \$ 125 millones a proyectos de construcción civil considerados difíciles, la mayoría realizados en años anteriores en Barranquilla, dijo. Obras que permiten estabilizar el terreno, pavimentar la doble vía lineal de 700 metros, complementar urbanismo, paisajismo y alumbrado público, además de cercar el terreno, cabe destacar que se realiza una construcción con 200 estacas metálicas, ya que se encontraron pisos extendidos en el área antes mencionada<sup>1</sup>. A nivel nacional, la comunicación es el avance primordial, por esto se interrelacionan con distritos, provincias y departamentos, para que de esta forma se logre llevar relaciones económicas culturales y turísticas. La infraestructura vial en enorme mayoría es perjudicada por nivel freático que se muestra en la subrasante y bastante influye además la climatización y geología. En el departamento de Arequipa, la subrasante muestra poca aptitud portante  $CBR < 3$ , por lo cual, utilizara bolsas de polietileno que le ayudara a hacer mejor a la subrasante, por esto mejorara con la baja elasticidad y bolsas de polietileno es aporta un beneficio para el suelo.

En Carabayllo, se puede observar que hay un estrato superficial de suelos arcillosos y suelos granulares finos, demostrando que no son los más recomendables para poder llevar a cabo un proyecto de infraestructura civil, lo que se tiene una capacidad menor portante y no cumplen con demandas normativas exigidas dadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Como se requiere la optimización de los suelos por el ámbito de distintas técnicas para el perfeccionamiento del pavimento y el betún convencional tiene la posibilidad de ser muy servible para que así se pueda mejorar la subrasante, informó Oyola. (2019)<sup>2</sup> Con el fin de mejorar la subrasante, se tiene el siguiente problema general: ¿Cuáles son las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021? Como problemas específicos tenemos: ¿En cuánto varía el Óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021? ¿En cuanto varía el índice de plasticidad de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021? ¿En cuanto mejora la resistencia de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021?

La justificación teórica nos indica en esta investigación lo que desea es que mejore la subrasante del pavimento mediante la estabilización de suelos utilizando el betún convencional para que así se pueda crear una iniciativa a futuro del betún convencional como un aditivo y que de esta manera se pueda comparar y ver que ofrece un mejor desempeño de rendimiento y de una mejora en las propiedades de la subrasante

Lo que nos lleve a la justificación metodológica es que el proyecto es de aplicada explicativa experimental que nos menciona el mejoramiento de la subrasante añadiendo el betún convencional y así logre mejorar sus propiedades en cuanto a la resistencia, compactación y plasticidad resultando ser precisa dicha evaluación en un laboratorio especializado con instrumentos totalmente calibrados y especializados que nos van a dar un resultado de los ensayos a realizar y enfatizó que los ensayos para hacer mejor el CBR a través del estabilizador de betún convencional.

Además, es primordial mencionar a la justificación ambiental que, según la investigación realizada, el impacto ambiental es muy importante, y es necesario verificar los posibles riesgos de amar la naturaleza, si se puede determinar el

inconveniente o beneficio nocivo para la naturaleza, y si la factibilidad es negativa en ciertos efectos, por lo tanto, tales investigaciones se llevan a cabo en absoluto. Como el asfalto es un material que puede hacer un buen uso del medio ambiente porque no se acumula en la actualidad y se puede utilizar para mejorar la calzada de las carreteras de baja capacidad.

Por último, se tiene a la justificación económica que debido a que se necesita hallar un aditivo más eficaz en este estudio se llevó a cabo una comparación visual con costos en relación a distintos estabilizadores como ahora ya existe la posibilidad de conocer distintos aditivos para mejorar las propiedades de la subrasante, pero con costos mucho más elevados y al este ser usado en enormes proporciones para el mejoramiento de un suelo el valor además es variable notablemente y al observar que el betún convencional es el menos elevado, la obra a realizar será mucho menos, provocando un ahorro en la compañía que realice la obra y de esta forma crea una mejora en el medio ambiente debido a que este podría estar terminando con parte del betún convencional que se podría mejorar su uso.

La presente investigación tiene como objetivo principal Evaluar las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 y como objetivos específicos Calcular el Optimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021. Calcular el índice de plasticidad de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021. Evaluar la resistencia de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021.

Para la investigación es pertinente plantear la hipótesis general Las propiedades de la subrasante mejoran con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 y las hipótesis específicas El Óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de la subrasante varía notablemente con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021. El índice de plasticidad varia notablemente con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021. La resistencia de la subrasante aumenta con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel nacional se tiene que, según Hinostraza (2020), teniendo como objetivo determinar de qué manera influye la ceniza de cáscara de coco y la ceniza de caña de azúcar en el mejoramiento de la subrasante. La metodología es de tipo aplicada de nivel correlacional y de diseño no experimental. Obteniendo resultados desde el patrón o terreno natural tenemos que un 4.51% adicionando con cenizas de cáscara de coco al 25% y 35% vemos un incremento positivo que mejora la resistencia al esfuerzo cortante y la calidad del terreno, pero al agregar un 45% vemos un deceso que disminuye deteriora el suelo. Por otro lado, un Óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca del ensayo de Proctor modificado tenemos un incremento positivo desde el terreno natural adicionando con cenizas de cáscara de coco con diferentes porcentajes de 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8% vemos un incremento que analizando determinamos que adicionando cenizas llega a mejorar hasta una subrasante buena según el manual de carreteras. Por otro lado, se puede observar algo interesante que según resultados obtenidos los límites de consistencia no presentan límite líquido y límite plástico en lo planteado adicionando la dosificación establecida de la ceniza de cáscara de coco y la ceniza de caña de azúcar. La conclusión en esta investigación es que la densidad máxima seca de la ceniza de cáscara de coco aumento con el 3% hasta 1.852 (g/cm<sup>3</sup>) y 6.7% de contenido de humedad esto ayuda a tener una buena resistencia y a la compactación del suelo. Con la ceniza de caña de azúcar también llega a mejorar la densidad máxima seca con 35% a 1.75 (g/cm<sup>3</sup>) y 7.5% de optimo contenido de humedad esto genera una compactación óptima para así mejorar su resistencia, también cabe indicar que al no tener resultados en el límite líquido y límite plástico este no presenta índice de plasticidad resultando favorable para la trabajabilidad del suelo y así tener una buena consistencia<sup>3</sup>.

Según Díaz (2019), teniendo como objetivo de esta investigación que está diseñado para verificar se las cenizas de cáscara de arroz pueden ayudar a mejorar el lecho de la carretera Dv San Martin – Loya Grande, Amazonas. La metodología utilizada es de tipo aplicada y de diseño experimental. De acuerdo con los resultados obtenido del análisis de la mecánica del suelo del pozo No. 1 dado, llegamos a la categoría SUCS CH. El suelo es arcilloso con alta plasticidad, mientras que el poco

No. 2 nos proporciona la clasificación MH, y el suelo es alto limo plástico. La **conclusión** es que la decisión del CBR es aumentar la combinación proporcionada. La combinación de la arcilla y la ceniza de cáscara de arroz nos permite mantener el valor más alto de la capacidad de carga de la resistencia y aumentar la respuesta dada del CBR al 100%. La densidad se ha incrementado del 9.7% al 15.2%, la conclusión es que se ha incrementado en 1,6 veces. Este aumento se consigue a través de la ceniza de cascarilla de arroz con una superficie del 20%<sup>4</sup>.

Según Arce y Calle (2018), teniendo como objetivo mejorar la subrasante con polímero acrílico para su óptima condición del suelo. La metodología es de tipo aplicada y de diseño experimental. Teniendo como resultado los tipos de mejoramiento o estabilización de los suelos predeterminados a ser fuentes son populares y hay bastante de ellos siendo los más utilizados: El cemento, la cal, sales químicas y entre otros. Determinando varios de ellos bastante efectivo a distintas ocasiones que se logren hallar. Por otro lado, estas resoluciones tienen la posibilidad de optimizarse en el lado de la durabilidad de estas fuentes según el tipo de material que usemos para dicho mejoramiento o estabilización. Como conclusión debido al inconveniente ya reconocido en ítems anteriores que la estabilización de suelos se convirtió en una satisfacción, puesto que, sin hacer una destacable inversión, se afirma el total desarrollo de las fuentes mejoradas, con lo que cumplimos con los requerimientos planteados como: seguridad y economía<sup>5</sup>.

A nivel internacional se tiene que, según Reyes (2017), teniendo como objetivo realizar la siguiente indagación generalmente es determinar una buena comparación que hay en el módulo de cavidad mediante de la subrasante y con el número de estructura del pavimento reciclado que se va aprovechar para este proyecto de indagación, igualmente de esto se iniciará una capa de rehabilitación de manera vial como es la eventualidad de las propiedades. Dicha metodología de investigación resulta ser experimental. Obteniendo como resultados por entorno de la mejora de un recipiente y el coeficiente estructural, se comprueba que, si esta la capacidad portante de la cubierta del suelo estabilizado, de dicha forma esta guarda alguna comparación con lo que se observa la capacidad portante que genera el diseño<sup>6</sup>.

Según Gomez (2019), con el propósito de analizar la desviación de resistencia obtenida del aserrín y suelo expandido estabilizado con cal para el sustrato a través de diferentes etapas de endurecimiento. Las muestras estabilizadas con aserrín y cal se endurecieron durante 0, 7, 14 y 28 días, y se completó para probar la interacción de la compactación libre y la resistencia del suelo. Se concluyó que esta mezcla de 3% de aserrín y 3% de cal, mejora significativamente la interacción del soporte de California; resistencia al cizallamiento libre, especialmente durante los períodos de endurecimiento posteriores<sup>7</sup>.

Según Castro (2017), teniendo como objetivo restablecer el suelo arcilloso con ceniza de cáscara de arroz, confirmado con su desarrollo óptimo. La **metodología** usada fue experimental. Teniendo como **resultado**: óptimo como 8.5%, 12.65% y 15.43%. **Concluyendo** que fomenta enfatizar que en el suelo arcilloso la unión de este aditivo mejoro la subrasante. La cáscara de arroz ayudo a que se establezca proporcionalmente la subrasante y así ayude a recobrase incluso la capacidad portante y la resistencia. Esto nos indica que los resultados con la metodología sean óptimos para poder medir proporcionalmente el uso de la ceniza de cáscara de arroz. Este aditivo se determinará utilizando el triaxial para reformar y poder evaluar el territorio afectado<sup>8</sup>.

En otros idiomas se tiene que según, according to Rivera (2017) haven as objective of the investigation is to study the feasibility of rubber waste and quarry dust as a stabilizing material for the expansive soil in the subgrade of roads. The methodology used is experimental. Resulting in adding crushed rubber particles to the soil in a proportion of 2%, 4%, 6%, 8% and 10% by weight of soil, the tests were subjected to trials of optimum moisture content, maximum dry density, CBR and test of triaxial compression to determine cohesion and friction angle. **Concluding** that recycled rubber particles and quarry dust can be good stabilizers of expansive soils in subgrade, reducing environmental pollution and increasing the carrying capacity and permeability, thus improving road performance and service life. [Según Rivera (2017) el objetivo de este estudio fue mostrar una mejor viabilidad del caucho de desecho y el polvo de la mina al ver un material estabilizador del suelo extendido en la subcapa de la carretera. El método utilizado es experimentar. Después de agregar al suelo los gránulos de cuahco molido antes mencionados en las

siguientes dosificaciones 2%, 4%, 6%, 8% y 10% en peso del suelo, las pruebas realizadas fueron pruebas de humedad óptima, densidad seca máxima, CBR y prueba de compresión triaxial para encontrar la fuerza de adhesión y el ángulo de fricción. Se concluye que se ha demostrado que los gránulos de caucho reciclado y el polvo de la mina son buenos aditivos para la expansión del suelo en el sustrato, reduciendo la contaminación ambiental, mejorando la capacidad de carga y la permeabilidad, aumentando así el rendimiento y la vida útil de la carretera]<sup>9</sup>.

According to Yin and Jiang (2018), had as a general objective: the study addresses this problem starting with 7 small amounts such as 2% and 4% lime by dry weight of the soil with different percentages of cement as 2% to 10% by dry weight of the soil to be used as a stabilizer on soft soil. The methodology used was experimental. Obtaining as conclusions: that there is an increase in gravity specific for soils due to the content of cement and lime, has a specific gravity 3,15 for cement and 2,99 for lime. [Según Yin and Jiang (2018), tenía como objetivo general: el estudio aborda este problema iniciando de 7 pequeñas dosificaciones como 2% y 4% de cal por peso seco del suelo con distintos porcentajes de dosificación de cemento como 2% a 10% por seco peso del suelo que se empleará como un aditivo en suelos blandos. La metodología utilizada fue experimental. Obteniendo conclusiones como: que hay un aumento en la gravedad específica para los suelos debido al contenido de cemento y cal, tiene una gravedad específica 3,15 para cemento y 2,99 para cal]<sup>10</sup>.

According to Pereira (2016), had as general objective: The study of the benefits of stabilized granular material that consisted in the use of three percentages of cement and fly ash, to evaluate which is the optimal percentage in which both should be used. The methodology used was experimental. Obtaining as conclusion study of granular materials treated with bituminous emulsion showed that their use can really be an alternative to the solutions normally used and that it can be beneficial both at the structural strength level and at the financial level, However, it Will be necessary to carry out an economic analysis and an application on site to obtain the certainty of its advantages. [Según Pereira (2016), tuvo como objetivo general: El estudio de los beneficios del material granular estabilizado que se realizó en el uso de tres porcentajes de cemento y cenizas volantes, para poder analizar el porcentaje

óptimo de contenido de humedad en el que ambos deben ser utilizados. La metodología utilizada fue experimental. La obtención de la conclusión del estudio de materiales granulares tratados con la emulsión bituminosa detalló que su uso preferiblemente puede ser una opción a las soluciones normalmente empleadas y que se puede resultar beneficioso tanto a nivel de resistencia estructural como a nivel económico, sin embargo, será importante poder realizar un estudio económico y una aplicación in situ para obtener la certeza de sus ventajas]<sup>11</sup>.

Según artículos se tiene a Caballero (2017), cuyo objetivo según el presente artículo es observar las propiedades mecánicas e hidráulicas, bajo diferentes situaciones controladas de temperatura, humedad relativa y el tiempo de curado, del pavimento de suelo arcilloso empleado originario del departamento del Vichada (Colombia). Determinando que el material no cumple con los requisitos para la edificación de canteras y de la situación climática de la región; es indispensable que se pueda reemplazar el material al poco tiempo de ser entregado el deterioro de la capacidad de soporte, por el aspecto de agua. Se ejecutó la estabilización del suelo por medio de la adición de 7.5% de ceniza de cuesco de palma africana y 4% de cal. Esta es en el deber de poder indagar y brindar un bienestar ambiental y ahorrativo viendo al aprovechar los depósitos de pisos arcillosos y la ceniza del desarrollo del beneficio de la palma africana para la construcción de la malla vial de esta región<sup>12</sup>.

Patil (2019), el objetivo del estudio fue analizar los resultados obtenidos del caucho triturado cuando se utiliza como estabilizador para el desarrollo de propiedades de subcapa. Incluye la adición de partículas de caucho en un rango flexible de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% para experimentos, pruebas de Proctor estándar y pruebas CBR que han sido probadas. Los resultados obtenidos mostraron que la muestra de máxima densidad seca aumentó en 2.5% y luego disminuyó a medida que se usaron ensayos aumentados, de la misma manera que ocurre con el óptimo contenido de humedad, los datos del CBR mostraron un aumento del 5% seguido de un aumento del 7.5% y una disminución hacia abajo. Se concluye que el valor máximo de CBR está en el rango de 7.5%, lo cual es factible para producir una estabilidad de subclase adecuada<sup>13</sup>.

Quispe (2019), determina las características del material del pavimento, ya que se puede observar la vida útil del pavimento. En este estudio, se examinaron las desviaciones de resistencia obtenidas por el aserrín estabilizado con cal y el suelo expandido para el sustrato en diferentes períodos de endurecimiento. El método utilizado es realizar pruebas de laboratorio, como las propiedades físicas y mecánicas de muestras de suelo tratadas y no tratadas y no tratadas. En la primera configuración, el suelo se reemplazó con aserrín en las dosis recomendadas de 0%, 3%, 5% y 7% del peso seco del suelo y luego de obtener el certificado de resistencia a la comprensión. El aserrín es del 3%. Se agregó una tercera capa de aserrín junto con una tercera capa de cal y una capa 9 de tierra para pruebas a largo plazo. Las muestras estabilizadas con aserrín y cal se curaron durante 0, 7, 14 y 28 días, y se realizaron pruebas para verificar la comparación libre y la relación de resistencia del suelo. Con base en la interpretación de los resultados, se puede decir que la combinación de 3% de aserrín y 3% de cal mejoró significativamente el índice de laminación de California y la resistencia al corte libre, especialmente en las fases de endurecimiento analizadas más adelante<sup>14</sup>.

### **Teorías, enfoques conceptuales**

Como todos sabemos, son teorías relacionadas con el trabajo de investigación, y estas teorías tienen métodos para variables. Puede definir dimensiones relacionadas e independientes por separado, y luego lo discutiremos.

### **Betún convencional**

Según Pérez & Gardey, "También se puede llamar bitumen, el betún es un producto que este derivado del alquitrán (lo cual indica que es una sustancia viscosa líquida y negra que resulta obtenerse de la destilación de la madera, aceite, carbón y otros materiales). Dicho sentido se dice que el asfalto es utilizable para la pavimentación e impermeabilización de carreteras". [15]

La pavimentación de suelo (como carreteras, recorridos, calles, avenidas y entre otros) la impermeabilización hay dos usos de asfalto. El asfalto contiene elementos tales como azufre, arsénico, plomo, mercurio.

## **Subrasante**

El material del suelo natural que esta designado en la superficie de la carretera se le llama también lecho de la carretera, ya que, la primera capa se alista y se compacta como una base de la cimentación del pavimento (Manual de carreteras, 2014)<sup>16</sup>.

La subrasante es el nivel de excavación (corte y relleno) sobre el cual se coloca el pavimento o estructura confirmada. La subrasante es la ubicación directa de la estructura del pavimento, que es parte del prisma de la calzada, construida en un terreno plano natural o entre la estructura cuadrada y la acera.

## **Suelos según ASSHTO Y SUCS**

**Clasificación: Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (ASSHTO)** Para dicha clasificación, se puede analizar que el suelo se distingue en 7 grupos (A-1), (A-2), (A-3), (A-4), (A-5), (A-6), (A-7). Lo cual, indica que corresponde de acuerdo a su granularidad y elasticidad. Estas agrupaciones dadas son parte de 2 categorías de suelos: suelo granular y arcilla limosa<sup>17</sup>.

**Clasificación: Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS)** En dicho sistema unificado actualizado, el suelo se clasifica por un símbolo de dos letras: la primera letra que se considera el tipo de suelo y la segunda letra es la que especifica las propiedades plásticas como se puede observar<sup>17</sup>.

**Caracterización de la subrasante** Las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural se tienen de acuerdo a la perforación de exploratoria de tajos de 1,5m de altura, dicho número mínimo de tajos que se pueden excavar en un kilómetro se realiza de acuerdo al tipo de camino que se analiza. Las calicatas realizadas estarán ubicadas en toda la carretera y alternadamente en partes generales similares del interior de la carretera.

## **Mejoramiento de la subrasante**

Según Mejía & Carranza: “El mejoramiento de la subrasante implica en cambiar las características del suelo mezclando el suelo con materiales estabilizantes que lo hagan más resistentes o también por acción física” (2002, p.129)<sup>18</sup>.

Es importante identificar el tipo de suelo que se utilizará para el trabajo, para así saber si será necesario una determinada mejoría de esta manera saber si necesita algún tipo de estabilizador, de acuerdo a ello se tendrá en cuenta que el tipo de optimización del suelo a trabajar sea el correcto para el terreno de estudio.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de investigación**

##### **Tipo de Investigación**

La investigación dada es aplicada, porque todos los conocimientos teóricos son aplicados para poder determinar la solución al problema, con el fin de buscar los intereses de las personas en el desarrollo de nuevas carreteras.

De acuerdo con el propósito de investigación, se dividen en diferentes categorías. Al respecto, señaló que la investigación aplicada “tiende a aplicar conocimientos teóricos para poder determinar la realidad o situaciones con el fin de beneficiar a las comunidades individuales”. (Terrones, 1998, p.204)<sup>19</sup>.

##### **Diseño de la investigación**

Teniendo en cuenta estas consideraciones nuestro estudio será de diseño experimental y estará dentro del grupo como cuasi experimental en vista a que los procedimientos a realizar en nuestro proyecto, ya existe y no serán realizados al azar. Emplearemos una contrastación, utilizando como una medida previa de la variable dependiente (mejoramiento de la subrasante) que será usada antes de la aplicación de la variable independiente (betún convencional).

Así detalla (Hernández Sam Pietri y otros, 2014), los diseños experimentales se realizan en laboratorios y en campo con un control adecuado; en campo los investigadores tienen que manipular las variables independientes con sumo cuidado<sup>20</sup>.

##### **Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es explicativo por que se manipula el porcentaje utilizado del betún convencional analizando mediante la recolección de datos.

Para Murillo (2008), la investigación explicativa es la que experimenta más de dos variables en la que pretende explicar la relación causa – efecto entre las variables. (Sanpieri, 2010, p. 31)<sup>21</sup>.

Variable Independiente: Betún convencional

Variable Dependiente: Propiedades del concreto

## **Enfoque de investigación**

El enfoque cuantitativo “[...] medición de las cambiantes en funcionalidad a su intensidad, expansión o porción, como elevación, peso y tamaño de la población” (Terrones, 1998, p. 80)<sup>22</sup>.

Por lo dicho, el presente plan de estudios muestra enfoque cuantitativo debido a que se medirá la variable por una determinada porción.

## **3.2 Variables y operacionalización**

### **Variable Independiente: Betún convencional**

Carpio Rivera (2011) Según su definición operativa, muestra que las variables se dividen en variables independientes (acticas o asignativas), dependientes y exóticas. Lo que determina que la variable funcione. Una definición activa indica que una variable, a través de las operaciones o técnicas utilizadas, debe suscitar o medir conceptos abstractos como el conocimiento matemático, el autoconcepto, o también incluye la ansiedad académica debe definirse operacionalmente mencionando algún detalle sobre cómo se encuentran las mediciones en un estudio en particular<sup>23</sup>.

### **Variable dependiente**

Amiel Perez (2007) Luego de construir hipótesis a partir de la experiencia, es necesario identificar y evaluar las variables relevantes. Todo lo que cambia un experimento se llama variables. La variable a analizar y manipular (modificar) es la variable independiente; esta variable es la variable que modifica directamente el resultado obtenido. Una vez que el científico cambia la variable independiente, sus efectos pueden observarse mediante la investigación.Cuál es la variable dependiente de la mejora de la subrasante ya que dependerá de la proporción del betún convencional que se le aplique para poder cambiar sus propiedades físicas, la variable independiente es el betún convencional que se aplicará para modificar las propiedades de la capa de fondo. En el anexo se presentará la matriz de consistencia y la matriz de actividad de las variables<sup>24</sup>.

### **3.3 Población, Muestra y Muestreo**

#### **Población**

Además, llamada como un grupo o total de diversos equipos sean viviendas, automóviles, rocas, humanos, arboles, suelos, pavimentos, carreteras, etc. Concluyendo que una población es un total de fenómenos a aprender.

Según Tamayo (1997) Define que la población es un total o grupo de objetos o sujetos de una misma clase que es identificado como un mundo de propiedades idénticas que ofrecen una idea de los datos e la indagación. Dichas unidades de estudio tienen que estar siendo analizadas para después poder decidir un grupo de N unidades (pp. 114)<sup>25</sup>.

En esta investigación se toma como población a toda la subrasante de la avenida Universitaria de la vía no pavimentada que parte del cruce de la av. Universitaria con la av. Manuel Prado en el Distrito de Carabayllo (ver anexo 6 L-1).

#### **Muestra**

Generalmente la muestra es la pequeña parte que se extrae poblacional lo que es dependiente del investigador la porción y las propiedades que tomará en su análisis. Esa muestra o parte de un mundo es seleccionado poblacional para laborar solo con la cantidad escogida para luego generalizar y ofrecer resultados óptimos a la averiguación.

Según Castro (2003) La muestra es una sección poblacional que se selecciona la cual al tener equivalentes propiedades nos brindará un resultado lo suficientemente conveniente para lograr llevar acabo la ejecución del presente trabajo de indagación. En la muestra probabilística los miembros del cosmos poseen la certeza de ser una muestra que paralelamente podría ser muestra sistemática, aleatorio fácil o estratigráfico (pp. 91)<sup>26</sup>.

Como se sabe que, el tipo de carretera del proyecto de investigación el estudio de carreteras correspondientes según lo analizado por las indicaciones correspondientes del Manual de carreteras el tramo es de bajo volumen, con IMDA entre los < 200 vehículos/día, lo cual indica según la Tabla 1. Número de calicatas,

menciona que se realizó dos calicatas por 1km a una profundidad no menor de 1.5m del nivel de la subrasante del tramo.

Según el tipo de carretera que se analiza de acuerdo al cuadro indicado por el Manual de carreteras, se menciona a realizar 1 ensayo CBR por cada 3km como mínimo.

Como se puede observar en el manual de carreteras, por tener una carretera de bajo volumen de tránsito se realizará 1 calicata por km, lo cual se está considerando 2 calicatas de muestra que se está llevando a cabo tres ensayos, 1 ensayo de Proctor modificado, 1 ensayo de granulometría y 1 ensayo de CBR, para saber las propiedades de la subrasante. La muestra que se está tomando para esta investigación se consideró una distancia de 120 metros lineales de la subrasante en la avenida universitaria de Carabayllo.

**Tabla 1. Número de calicatas**

| 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                          | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul> | 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 | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul> |  |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.                          | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>   | 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.                           | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>   |  |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.                            | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>   |  |
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.                                    | 1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>  |  |

Fuente: Manual de carreteras<sup>27</sup>

**Tabla 2.** Número de ensayos Mr y CBR

| Tipo de Carretera   | N° Mr y CBR  |
|---|--|
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul> |
| Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul> |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1 km se realizará un CBR</li> </ul>  |
| Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> </ul>  |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 2 km se realizará un CBR</li> </ul>  |
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>  |

*Fuente:* Manual de carreteras<sup>28</sup>

### Muestreo

Este es el tramo poblacional representativo que nos dará las propiedades de la población total analizada, permitiéndonos conocer la población y así obtener el resultado requerido

Según Marphol afirma que el muestreo es una muestra y potencialmente tanto probabilístico como no probabilístico, en el muestreo probabilístico permite conocer la probabilidad de que un elemento deba ser parte de la muestra y esta selección se hace al azar, sin embargo, en muestreo no probabilístico, para que un elemento pertenezca a la muestra, debe tener ciertos criterios y características que el investigador considere necesarios. (2017, p. 2)<sup>29</sup>.

En este proyecto de investigación se lleva a cabo el muestreo no probabilístico, debido a que las representaciones de la muestra han sido elegidos por la autora, tomando en cuenta algunos detalles en cuanto al estado que se encuentra actualmente la carretera analizada, por consiguiente, el comportamiento de la

subrasante para ello se realizaron estudios del suelo mediante las calicatas que se llevaron a cabo en puntos estratégicos, respetando las normas establecidas para este proyecto.

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

#### **Técnicas de Investigación**

Instrumentos de recolección de datos que son: los que conforme el tipo de averiguación que se va a hacer en esta situación es un tipo de averiguación científica mediante cual tiene varios aparatos y técnicas para la recolección de datos dependiendo al tipo y procedimiento de indagación debido a distintos tipos de indagación tiene varias técnicas y aparatos.

Según Muñoz define que: El enfoque cuantitativo usa generalmente las próximas técnicas y aparatos para realizar la colección de datos: se realizan encuestas, observación sistemática, estudio de información o del contenido, técnica proyectiva y entre otros (revista de metodología de la investigación, 2016, p. 5)<sup>30</sup>.

**Técnica de la observación:** La colaboración y la observación del creador o del investigador de manera semejante a los demás ámbitos visuales potencialmente son con mucho más grande relación y dinamismo que incluye la observación del creador.

Según Orellana y Gómez (2015) define que: Al realizar las observaciones es fundamental tener en cuenta que el entorno o entorno virtual, junto con los escenarios, se amplía la observación para que también se pueda observar fácilmente gracias a la tecnología. (revista educativa, p. 9)<sup>31</sup>.

Existía una idea clara de la técnica de observación, la cual se consideró fundamental porque, al realizar diferentes tipos de pruebas, era necesario observar cambios de subclase con dosificaciones adicionales de betún común para obtener resultados de investigación sobre la resistencia si mejora o disminuyes gradualmente con la dosis utilizada.

**Técnica del experimento:** Este es el método que te da mayor confianza y precisión en materia investigativa porque esto significa que se comprueba que a través de

las pruebas realizadas surge el cambio que gestiona. Razones para dar tanto resultados de laboratorio como técnicas En el contexto del trabajo científico, son costosos porque los resultados son de primordial importancia en el trabajo de investigación. realizado internacionalmente por un investigador con cambiadores independientes que analiza los efectos posteriores de los cambiadores independientes sobre los cambiadores dependientes. (Revista de educación metodológica, 2014, p. 5)<sup>32</sup>.

Saber que la técnica experimental es necesaria en su uso porque es un diseño experimental que manipulando la variable independiente se convierte en un betún clásico al incorporar la variable dependiente que es el fondo de mejoramiento del suelo, de esta manera se pueden verificar hipótesis mediante pruebas dadas.

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

Procesar la recolección de datos en forma de encuesta o cuestionario, utilizado para el conocimiento de profesionales, especialistas y escuelas vocacionales de ingeniería civil para obtener resultados más precisos y de acuerdo con los criterios que necesite.

De acuerdo con Cárdenas, define que: Una herramienta de medición es valiosa para quienes ayudan a recolectar información porque de ella depende el resultado del plan de investigación, cada uno de los cuales debe ser utilizado por el investigador convenientemente aceptado porque esto, luego de ser aplicado cada herramienta será procesada para dar resultados y conclusiones. (2014, p.4)<sup>33</sup>.

Sepa que la instrumentación recolectada en este estudio son diversas pruebas realizadas a través de la regulación de la matriz de actividad de la variable, utilizando técnicas observacionales y experimentales ya que se agregan Aditivos al subsuelo para observar su notable transformación. al mismo tiempo que se observa el aumento o disminución de la resistencia del suelo que presenta y así se puede verificar que las hipótesis se destacan.

**Tabla 3.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

| Descripción                         | Técnicas                 | Instrumentos                       |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Incorporación de betún convencional | Observación directa      | Ficha de recolección de datos      |
| Análisis granulométrico             | Observación experimental | Ficha de resultados de laboratorio |
| Proctor modificado                  | Observación experimental | Ficha de resultados de laboratorio |
| Contenido de humedad                | Observación experimental | Ficha de resultados de laboratorio |
| Capacidad de soporte california     | Observación experimental | Ficha de resultados de laboratorio |
| CBR                                 | Observación experimental | Ficha de resultados de laboratorio |

*Fuente:* elaboración propia

### **Validez**

Una estrategia de encuesta científica es una prueba que muestra la precisión con la que mide un instrumento y lo que se pretende medir, es decir, una encuesta valiosa si se utiliza el instrumento, solo mide lo que se pretende medir, principalmente Calidad Excepcional.

Según Corral: Por esta razón, se propone que una validez conocida como instrumento debe medir solo lo que quiere medir. Cuando esté determinando la validez de un escenario, debe ser muy claro acerca de las características, qué puntos desea considerar, cuáles son esos puntos o qué características se denominan variables. (2013, p. 3)<sup>34</sup>.

Saber lo que pasa por ser válido, mencionar que las herramientas para desarrollar un proyecto de levantamiento son válidas, en este caso estaría avalado por compañeros ingenieros civiles quienes mencionaron a las pruebas a realizar las cuales serán la prueba Proctor modificada, parámetros de Attenberg y la

resistencia, luego de realizar estas pruebas el gerente deberá confirmar los resultados obtenidos. (ver anexo 3 y 4).

**Tabla 4.** Interpretación del coeficiente de kappa de validez

| Coeficiente de Kappa | Fuerza de acuerdo |
|----------------------|-------------------|
| <0.00                | Pobre             |
| 0.00-0.20            | Leve              |
| 0.21-0.40            | Justa             |
| 0.41-0.60            | Moderado          |
| 0.61-0.80            | Sustancial        |
| 0.81-1.00            | Casi perfecta     |

Fuente: (Landis & Koch, 2010)

### Confiabilidad

Según Solano y Uzcategui (2017): la confiabilidad se refiere a una encuesta de medición, la medición instrumental es en una escala, se debe realizar igual o similar en cualquier situación y lugar, esto solo depende si es el mismo instrumento que se usa porque la medición depende sobre él, sin embargo, es seguro decir que la confiabilidad de un instrumento debe ser un error cuando se trata de crear inestabilidad en diferentes aplicaciones y situaciones. (Artículo científico, p. 3)<sup>35</sup>.

Teniendo presente la definición de fiabilidad se han realizados los primeros ensayos ya mencionados en el laboratorio para evaluar la variable dependiente que viene a ser la subrasante, sin embargo, además se analizó los efectos a las características de la subrasante con la utilización del betún convencional.

### 3.5 Procedimiento

En el procedimiento se requirió de las tomas de muestra de las calicatas con una profundidad no menor a los 1.5 m del nivel de la subrasante, lo cual este fue llevado al laboratorio para los estudios siguientes ya antes mencionados, se analizó los resultados en función al número de ensayos dados y calicatas que se realizaron para obtener las muestras, se realizó lo siguiente: recolección de datos (betún convencional), características del material, elaboración del contenido de humedad,

elaboración el ensayo de granulometría, elaboración del ensayo de Proctor modificado.

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

En este punto, esto será lo más importante, ya que se describirá el proceso o investigación que utiliza herramientas o técnicas para recolectar datos. Como nos dijo García: El análisis de datos es un método para descubrir el uso del conocimiento en el transcurso de trabajos de desarrollo o proyectos de investigación, y en algunos casos, la tecnología. Esta técnica es universal<sup>36</sup>.

En general, lo más destacado de este enfoque es que se trata de un proceso interactivo que tiene como objetivo encontrar parámetros y modelos que sean innovadores, novedosos y potencialmente útiles para la empresa en la mayoría de los casos, por lo que es necesario evaluar su efectividad, confiabilidad y sencillez comprensión. El modelo está disponible, por lo que se debe considerar el objetivo principal de la investigación, es decir, integrar el conocimiento adquirido en el abanico de otros, porque el conocimiento debe ser fáctico. (2003, p. 2)<sup>37</sup>.

### **3.7 Aspectos éticos**

Aquí es donde vemos la honestidad del investigador al realizar el trabajo de acuerdo con sus responsabilidades y esfuerzos. Según Acevedo, nos dice:

Los aspectos éticos de un proyecto de investigación son de primordial importancia debido a los estándares que están bien documentados, los enunciados que se utilizan en el mundo de los diversos avances brindan al conocimiento cotidiano la base de diversos avances en la sociedad, en la investigación aplicada, en general utilizamos estos avances, pues el derecho último de cada hombre está en el medio en el que vive (2018, p.3)<sup>38</sup>.

En la presente investigación realizada, mucha dedicación e importancia al sujeto en la relación, trabajo, dedicación continua y dedicada al tiempo y los sacrificios para lograr la meta marcada, que es el grado del diploma, la motivación fue un motor importante para poder iniciar y desarrollar este proyecto, el deseo de

superarse e innovar por las mismas razones que las disciplinas, normas, reglas, requisitos (2018, p12)<sup>39</sup>.

Se requiere consistencia, lo que lleva al reconocimiento y aceptación de los conocimientos adquiridos, recopilados en proyectos de investigación anteriores para poder establecer el contexto en el que se utiliza el manual ISO como fuente principal<sup>40</sup>.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Zona de estudio

La ubicación de la zona de estudio se encuentra entre el cruce la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria en el Distrito de Carabayllo. Se tomaron 2 puntos exactos para la toma de muestra del suelo de la Av. Universitaria con un tramo de 120 metros lineales



Figura 1: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google earth

### 4.2. Trabajos preliminares

En este punto se va describir los procesos llevados a cabo en la investigación. El material que se esta usando para el proyecto es de la Avenida Universitaria ubicada en Carabayllo con el cruce de la Av. Manuel Prado lo cual tiene una longitud de 120 metros lineales, la muestra tomada de cada calicata fue de extremo a extremo tomando en cuenta que la calicata N°1 es el punto de partida de la investigación y

la calicata N°2 es el punto final del tramo analizado como se muestra en la siguiente figura.



*Figura 2: Lugar de la zona de estudio*

Fuente: Elaboración propia

Se ubicaron los puntos de excavación para la toma de muestra de la calicata N°1 con una profundidad de 1.50m. Para la toma de muestra N°1 se obtuvo 1 costal de material de aproximadamente 40Kg que fue llevado a laboratorio para los ensayos requeridos como se muestra en la figura



*Figura 3. Referencia de la Calicata N°1*

Fuente: Elaboración propia

Luego, se realizó la excavación y la extracción de la muestra de la calicata N°2 que tuvo como profundidad de 1,50m. Al igual que la calicata N°1 se extrajo el material en 1 costal de aproximadamente 40Kg. Para la ejecución de la excavación se contrató una maquina excavadora lo cual en la calicata N°1 se pudo observar que la toma de muestra el material era en pésimas condiciones a comparación de la calicata N°2. Como se puede observar en la figura



*Figura 4: Referencia de la Calicata N°2*

Fuente: Elaboración propia

### **Ensayos de Laboratorio**

#### **Ensayos estándar**

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM 136 MTC E 204
- Determinación del contenido de humedad del suelo, ASTM D2216, MTC E-108
- Límite líquido ASTM D-4318, MTC E-110
- Límite plástico ASTM D-4318, MTC E-111
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Clasificación AASHTO

## Ensayos especiales

- Proctor modificado ASTM D-1557, MTC E-115
- California bearing ratio ASTM D-1883, MTC E-132

Una vez llevado las muestras de la calicata N°1 y calicata N°2 se realizó un análisis de cuanto de betún convencional se utilizará para los análisis correspondientes. Dando como respuesta que se utilizó aproximadamente 3Kg. de betún convencional para los análisis correspondientes, este material fue comprado en un centro comercial que fueron en total 4 cajas que fue extraído en un balde de plástico para ser llevado a laboratorio para los ensayos correspondientes como se muestra en la figura



*Figura 5: Betún Convencional*

Fuente: Elaboración propia

## Análisis de la calicata N°1

El porcentaje de material que pasa con el diámetro del agregado de los tamices 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140 y N°200 de acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio se obtiene que el porcentaje retenido N°4 Grava es de 14.6%, Arena 37% y el porcentaje pasante N°200 Fino de 48.5% obteniendo una clasificación de suelo con propósito de ingeniería (SUCS) Arena arcillosa y una clasificación para el uso en vías de transporte (AASHTO) una clasificación A-4, lo cual indica que el material es malo. El resultado del análisis del contenido de humedad de la C-1 es de 10.72%. Obteniendo los resultados de los Límites de Atterberg, Límite líquido 24.88, Límite plástico 17.54 y el índice de plástico 7.34

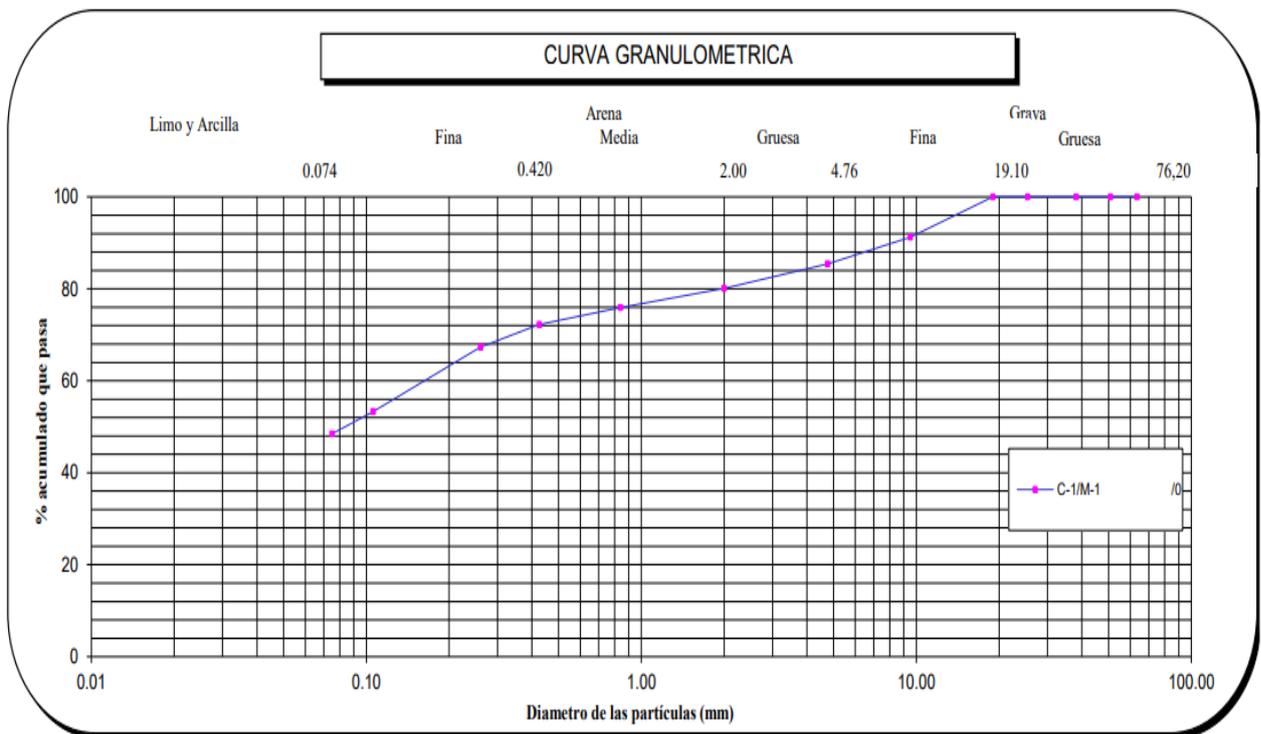


Figura6: Curva granulométrica de la C-1

Fuente: Elaboración propia

Tabla5: *Determinación del contenido de humedad de la C-1*

| NTP 339.127                      |     | DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO |       |
|----------------------------------|-----|--|-------|
| DENOMINACIÓN                     |     | CONTENIDO DE HUMEDAD                               |       |
|                                  |     | E - 1  | E - 2 |
| Cápsula N°                       |     | 122.0  | 211.0 |
| Peso tara + suelo húmedo         | (g) | 412.8  | 457.5 |
| Peso tara + suelo seco           | (g) | 379.2  | 419.1 |
| Peso del Agua                    | (g) | 33.6   | 38.4  |
| Peso de la tara                  | (g) | 64.6   | 62.2  |
| Peso del suelo seco              | (g) | 314.6  | 356.9 |
| Contenido de Humedad (RESULTADO) | (%) | 10.68  | 10.76 |
|                                  |     | <b>10.72</b>                                       |       |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: *Limites de Attenberg C-1*

| Limites de Attenberg             |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Limite Líquido<br/>(L.L)</b>  | 24.88 |
| <b>Limite Plástico<br/>(L.P)</b> | 17.54 |
| <b>Índice Plástico<br/>(I.P)</b> | 7.34  |

Fuente: Elaboración propia

### **Análisis de la calicata N°2**

El porcentaje de material que pasa con el diámetro del agregado de los tamices 3", 2 ½", 1 ½", 1", ¾", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140 y N°200 de acuerdo a los resultados obtenidos de la calicata N°2 del laboratorio se obtiene que el porcentaje retenido N°4 Grava es de 0.0%, Arena 32.1% y el porcentaje pasante N°200 Fino de 67.9% obteniendo una clasificación con propósito de ingeniería (SUCS) Arcilla limo arenoso de baja plasticidad y una clasificación para el uso en vías de transporte (AASHTO) una clasificación A-4, lo cual indica que el material es

malo. El resultado del análisis de contenido de humedad de la C-2 es de 13.75%. Obteniendo los resultados de los Límites de Atterberg, Límite líquido 25.19, Límite plástico 18.71 y el índice plástico 6.48

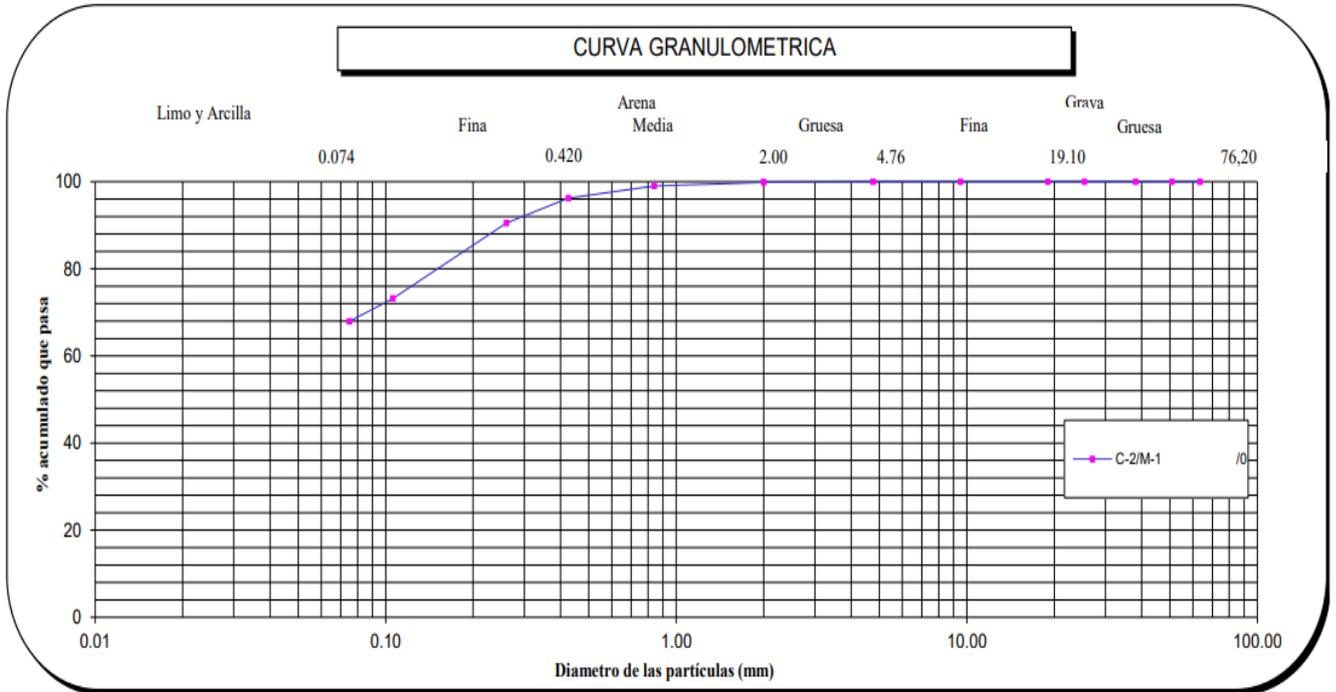


Figura 7: Curva granulométrica de la C-2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Determinación del contenido de humedad de la C-2

| NTP 339.127                      |     | DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO |       |
|----------------------------------|-----|--|-------|
| DENOMINACIÓN                     |     | CONTENIDO DE HUMEDAD                               |       |
|                                  |     | E - 1  | E - 2 |
| Cápsula N°                       |     | 200.0  | 147.0 |
| Peso tara + suelo húmedo         | (g) | 588.4  | 507.4 |
| Peso tara + suelo seco           | (g) | 525.2  | 453.4 |
| Peso del Agua                    | (g) | 63.2   | 54.0  |
| Peso de la tara                  | (g) | 64.6   | 62.2  |
| Peso del suelo seco              | (g) | 460.6  | 391.2 |
| Contenido de Humedad (RESULTADO) | (%) | 13.71  | 13.79 |
|                                  |     | 13.75  |       |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: *Limites de Attenberg de la C-2*

| <b>Limites de Attenberg</b>      |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Limite Líquido<br/>(L.L)</b>  | 25.19 |
| <b>Limite Plástico<br/>(L.P)</b> | 18.71 |
| <b>Índice Plástico<br/>(I.P)</b> | 6.48  |

Fuente: Elaboración propia

#### **4.3. Óptimo contenido de humedad y la Máxima densidad seca aplicando el betún convencional para mejorar la subrasante**

Se realizó los ensayos para los agregados obtenidos de la calicata realizada que, por el tipo de suelo, se eligió la calicata N°2 que es la muestra patrón, se realizó 2 dosificaciones planteadas que son Suelo Natural, Suelo + 4% Betún convencional y Suelo + 8% Betún convencional respectivamente. Se tiene como objetivo determinar los resultados obtenidos del óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca con las dosificaciones planteadas anteriormente para poder observar el mejoramiento de la subrasante.

##### **Suelo Natural**

Los datos del desarrollo del ensayo para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca con la respectiva dosificación son: la altura de la caída del pisón es de 45.7%, el peso del pisón 4.5Kg., volumen del molde 987.25 gr/cm<sup>2</sup>, el número de capas es 5, la energía de compactación modificada es de 27.4 Kg-cm/cm<sup>3</sup> y el número de golpes 25. Como se puede observar en la tabla N° los resultados obtenidos de la densidad del suelo húmedo son los siguientes: 2.002 gr/cm<sup>3</sup>, 2.183 gr/cm<sup>3</sup>, 2.251 gr/cm<sup>3</sup> y 2.175 gr/cm<sup>3</sup>. La densidad del suelo seco es de: 1.808 gr/cm<sup>3</sup>, 1.937 gr/cm<sup>3</sup>, 1.964 gr/cm<sup>3</sup> y 1.867 gr/cm<sup>3</sup>. Obteniendo como Óptimo contenido de humedad 14.10% y la Máxima densidad seca resultando 1.969 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla 9: Resultados del ensayo para la obtención del O.C.H y M.D.S.-Suelo Natural

| Descripción                                      | E1    | E2    | E3    | E4    |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Densidad Suelo Húmedo<br>(gr/cm <sup>3</sup> )   | 2.002 | 2.183 | 2.251 | 2.175 |
| Promedio de contenido de Humedad<br>(%)          | 10.7  | 12.7  | 14.6  | 16.5  |
| Densidad del suelo seco<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.808 | 1.937 | 1.964 | 1.867 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Resultado del O.C.H Y M.D.S.-Suelo Natural

| Resultado |                          |
|-----------|--------------------------|
| Método    | A                        |
| OCH       | 14.10%                   |
| MDS       | 1.969 gr/cm <sup>3</sup> |

Fuente: Elaboración propia

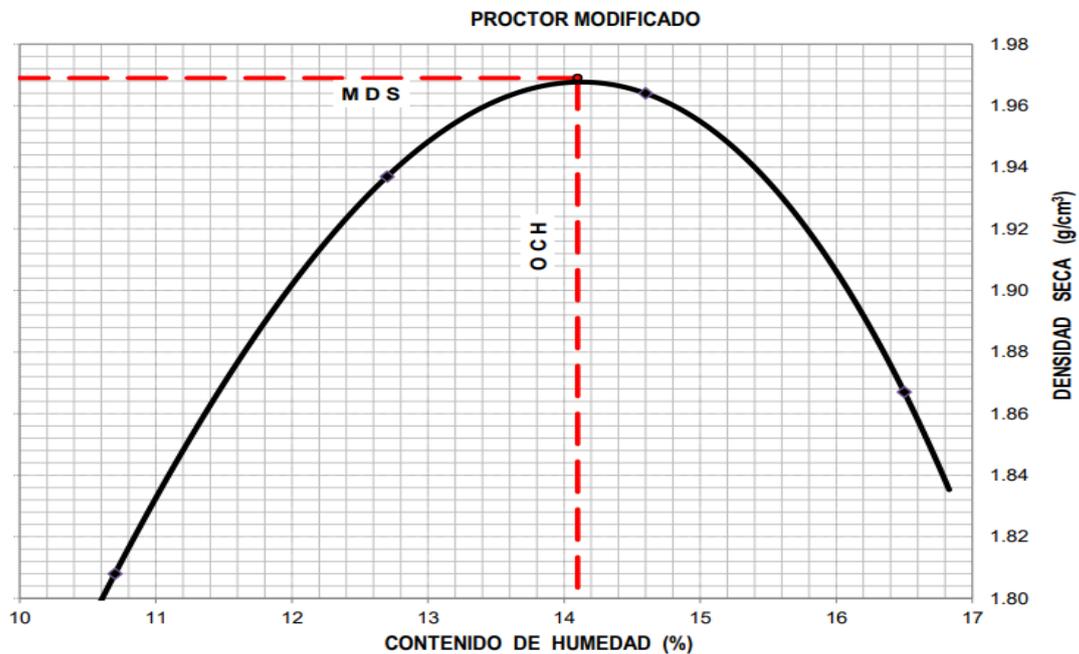


Figura 8: Proctor modificado del suelo natural C-2

Fuente: Elaboración propia

### **Suelo + 4% de Betún convencional**

Los datos del desarrollo del ensayo para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca con la respectiva dosificación son: la altura de la caída del pisón es de 45.7%, el peso del pisón 4.5Kg., volumen del molde 987.25 gr/cm<sup>2</sup>, el número de capas es 5, la energía de compactación modificada es de 27.4 Kg-cm/cm<sup>3</sup> y el número de golpes 25. Como se puede observar en la tabla N° los resultados obtenidos de la densidad del suelo húmedo son los siguientes: 1.966 gr/cm<sup>3</sup>, 2.124 gr/cm<sup>3</sup>, 2.191 gr/cm<sup>3</sup> y 2.102 gr/cm<sup>3</sup>. La densidad del suelo seco es de: 1.781 gr/cm<sup>3</sup>, 1.893 gr/cm<sup>3</sup>, 1.919 gr/cm<sup>3</sup> y 1.807 gr/cm<sup>3</sup>. Obteniendo como Óptimo contenido de humedad 13.60% y la Máxima densidad seca resultando 1.923 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla 11: *Resultados del ensayo para la obtención del O.C.H y M.D.S.-Suelo + 4% de betún convencional*

| <b>Descripción</b>                                 | <b>E1</b> | <b>E2</b> | <b>E3</b> | <b>E4</b> |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Densidad Suelo Húmedo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>   | 1.966     | 2.124     | 2.191     | 2.102     |
| <b>Promedio de contenido de Humedad (%)</b>        | 10.4      | 12.2      | 14.2      | 16.3      |
| <b>Densidad del suelo seco (gr/cm<sup>3</sup>)</b> | 1.781     | 1.893     | 1.919     | 1.807     |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: *resultado del O.C.H Y M.D.S.-Suelo + 4% de betún convencional*

| <b>Resultado</b> |                          |
|------------------|--------------------------|
| <b>Método</b>    | <b>A</b>                 |
| <b>OCH</b>       | 13.60%                   |
| <b>MDS</b>       | 1.923 gr/cm <sup>3</sup> |

Fuente: Elaboración propia

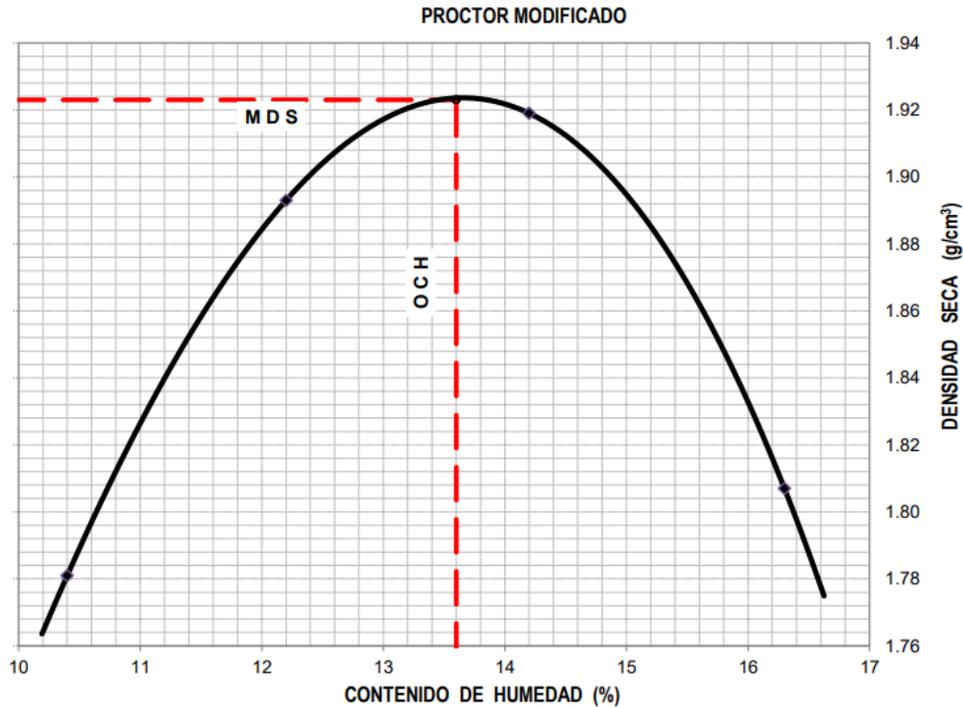


Figura 9: Proctor modificado de la C-2 + 4% del betún convencional  
Fuente: Elaboración propia

### Suelo + 8% de Betún convencional

Los datos del desarrollo del ensayo para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca con la respectiva dosificación son: la altura de la caída del pisón es de 45.7%, el peso del pisón 4.5Kg., volumen del molde 987.25 gr/cm<sup>2</sup>, el número de capas es 5, la energía de compactación modificada es de 27.4 Kg-cm/cm<sup>3</sup> y el número de golpes 25. Como se puede observar en la tabla N° los resultados obtenidos de la densidad del suelo húmedo son los siguientes: 1.827 gr/cm<sup>3</sup>, 1.997 gr/cm<sup>3</sup>, 2.053 gr/cm<sup>3</sup> y 1.969 gr/cm<sup>3</sup>. La densidad del suelo seco es de: 1.670 gr/cm<sup>3</sup>, 1.791 gr/cm<sup>3</sup>, 1.809 gr/cm<sup>3</sup> y 1.706 gr/cm<sup>3</sup>. Obteniendo como Óptimo contenido de humedad 12.86% y la Máxima densidad seca resultando 1.815 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla 13: Resultados del ensayo para la obtención del O.C.H y M.D.S.-Suelo Natural + 8% de betún convencional

| Descripción                                      | E1    | E2    | E3    | E4    |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Densidad Suelo Húmedo<br>(gr/cm <sup>3</sup> )   | 1.827 | 1.997 | 2.053 | 1.969 |
| Promedio de contenido de Humedad<br>(%)          | 10.4  | 12.2  | 14.2  | 16.3  |
| Densidad del suelo seco<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.670 | 1.791 | 1.809 | 1.706 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Resultado del O.C.H Y M.D.S.-Suelo Natural + 8% de betún convencional

| Resultado |                          |
|-----------|--------------------------|
| Método    | A                        |
| OCH       | 12.86%                   |
| MDS       | 1.815 gr/cm <sup>3</sup> |

Fuente: Elaboración propia

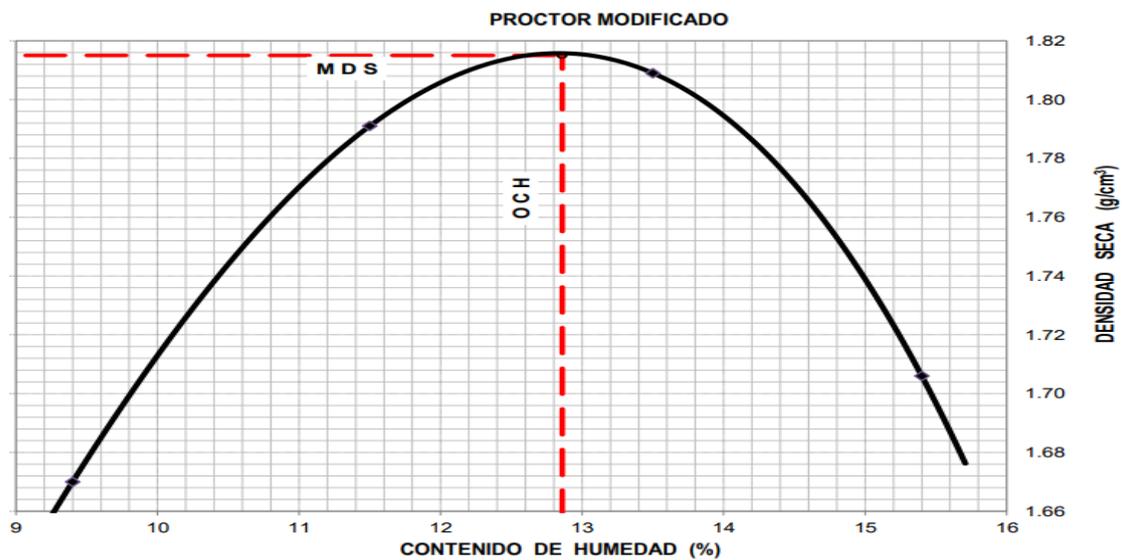
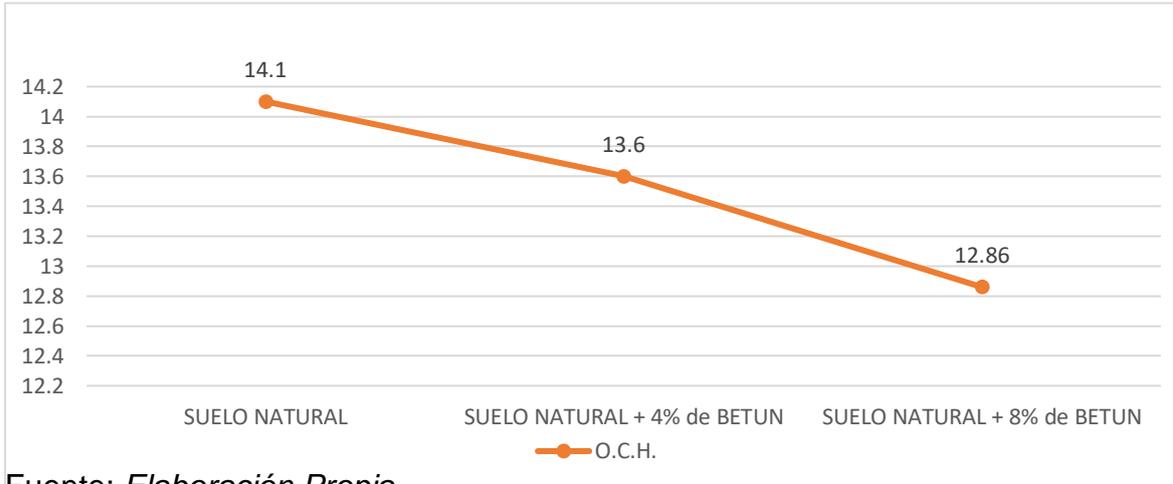


Figura 10: Proctor modificado de la C-2 + 8% del betún convencional

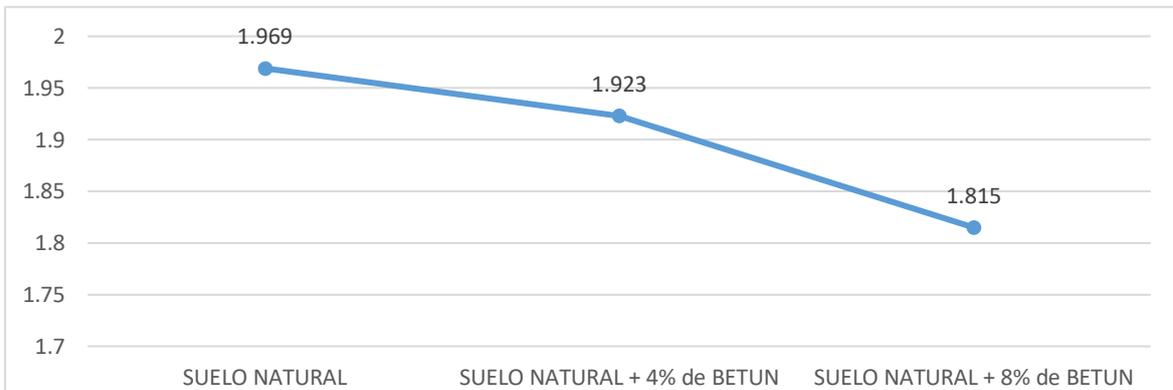
Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Resultados del Óptimo contenido de humedad



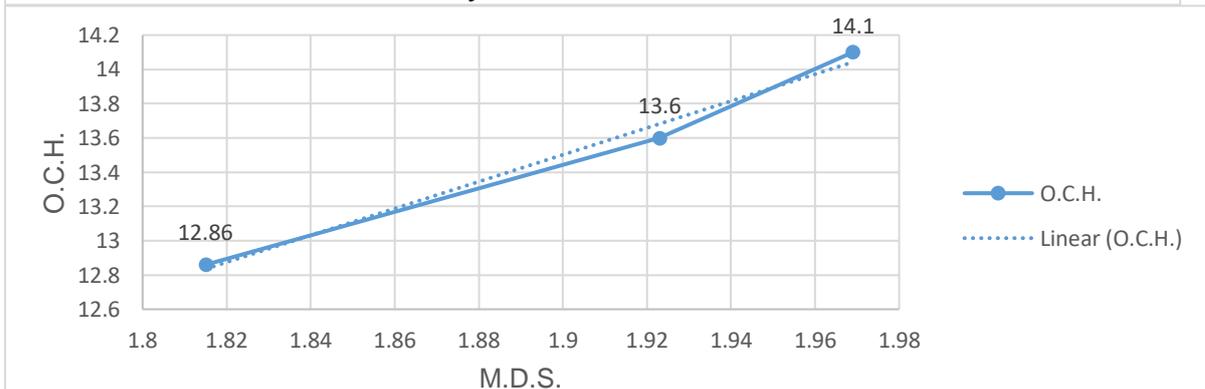
Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 16: Resultados de la Máxima densidad seca



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 17: Relación de la M.D.S. y el O.C.H.



Fuente: *Elaboración propia*

**Interpretación:** Según la tabla, se puede observar que los resultados del suelo natural el óptimo contenido de humedad es de 14.1% y la máxima densidad seca es de 1.969 gr/cm<sup>3</sup>, por otro lado, en la siguiente dosificación añadiendo el 4% del betún convencional se tiene un óptimo contenido de humedad de 13.6% y la

máxima densidad seca es 1.923gr/cm<sup>3</sup> y por ultimo la dosificación añadiendo un 8% de betún convencional se tiene como resultado del optimo contenido de humedad de 12.86% y una máxima densidad seca de 1.815 gr/cm<sup>3</sup>. Por lo que resulta que el óptimo contenido de humedad disminuye un 3.55% al incorporar el 4% del betún convencional y en un 8.79% al incorporar el 8% de betún convencional y en la máxima densidad seca disminuye en un 2.34% al incorporar el 4% de betún convencional y en 7.81% al incorporar el 8% del betún convencional .Esto nos quiere decir de acuerdo a los resultados obtenidos es que a medida que se va añadiendo el betún convencional estos valores van disminuyendo esto favorece al suelo.

#### **4.4. Índice de plasticidad con el uso del betún convencional para la mejora de la subrasante**

El índice de plasticidad es la diferencia entre los límites líquido y limite plástico, esto nos indica el margen de humedad dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

#### **Suelo Natural**

Para determinar el índice de plasticidad se paso por diferentes ensayos para poder determinar el límite líquido y el límite plástico. Por ello como suelo natural se escogió como muestra patrón la calicata N°2. El ensayo realizado al material pasante N°40 lo cual el ensayo realizado fue mediante el método de multipunto.

Tabla 18: *Resultados del índice de plasticidad del suelo natural*

| <b>Resultado del índice de plasticidad</b> |       |
|--|-------|
| Límite Líquido (%)                         | 25.19 |
| Límite Plástico (%)                        | 18.71 |
| Índice de Plasticidad (%)                  | 6.48  |

Fuente: *Elaboración propia*

**Interpretación:** Como se observa en la tabla presentada se obtiene los resultados del suelo natural obteniendo un límite líquido de 25.29% y el límite plástico de 18.71%. Con esos resultados obtenidos se halló el índice de plasticidad del suelo natural obteniendo 6.48% de plasticidad.

#### **Suelo + 4% de Betún convencional**

Para determinar el índice de plasticidad se pasó por diferentes ensayos para determinar el límite líquido y el límite plástico. En este caso se está incorporando un 4% de betún convencional para observar cuál es el índice de plasticidad para esta dosificación planteada. Ensayo realizado al material pasante de la malla N°40 lo cual el ensayo realizado fue mediante el método de multipunto.

Tabla 19: *Resultado del índice de plasticidad del Suelo + 4% Betún convencional*

| <b>Resultado del índice de plasticidad</b> |       |
|--|-------|
| Límite Líquido (%)                         | 23.59 |
| Límite Plástico (%)                        | 18.00 |
| Índice de Plasticidad (%)                  | 5.59  |

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se observa en la tabla presentada se obtiene los resultados de la dosificación planteada Suelo + 4% de betún convencional obteniendo un límite líquido de 23.59% y el límite plástico de 18.00%. Con esos resultados obtenidos se halló el índice de plasticidad teniendo un 5.59% de plasticidad.

#### **Suelo + 8% de Betún convencional**

Para determinar el índice de plasticidad se pasaron por diferentes ensayos para obtener el límite líquido y el límite plástico. En este caso se está incorporando el 8% al suelo natural para observar cuál es el índice de plasticidad con la dosificación planteada. Ensayo realizado al material pasante de la malla N°40 lo cual el ensayo realizado fue mediante el método de multipunto.

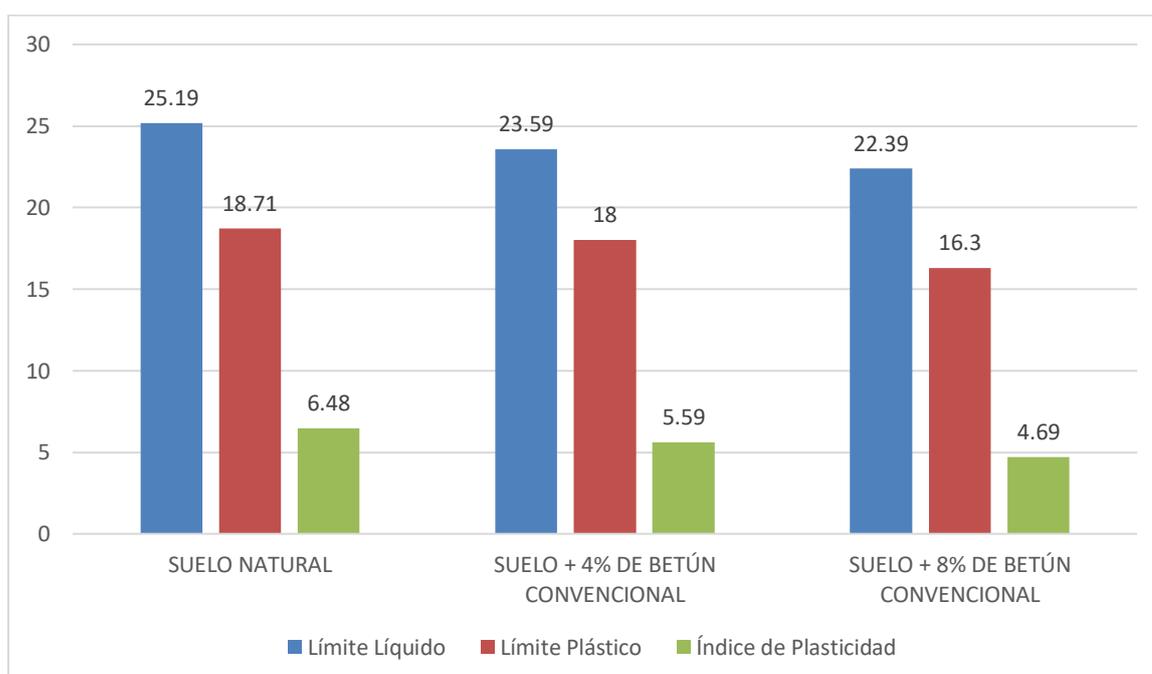
Tabla 20: Resultado del índice de plasticidad del Suelo + 8% Betún convencional

| Resultado del índice de plasticidad |       |
|-------------------------------------|-------|
| Límite Líquido (%)                  | 22.39 |
| Límite Plástico (%)                 | 16.30 |
| Índice de Plasticidad (%)           | 4.69  |

Fuente: *Elaboración propia*

**Interpretación:** Como se observa en la tabla presentada se obtiene los resultados de la dosificación planteada Suelo + 8% de betún convencional obteniendo un límite líquido de 22.39% y el límite plástico de 16.30%. Con esos resultados obtenido se halló el índice de plasticidad teniendo un 6.09% de plasticidad.

Tabla 21: Resultados del límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad



Fuente: *Elaboración propia*

**Interpretación:** Según los resultados obtenidos de las dosificaciones planteadas se puede definir que al incorporar el betún convencional de acuerdo a las dosificaciones planteadas el límite líquido disminuye en 6.35% al incorporar el 4% de betún convencional y en 11.12% al incorporar el 8% del betún convencional, el límite plástico también disminuye en 3.79% al incorporar el 4% de betún

convencional y en 12.88% al incorporar el 8% de dosificación del betún convencional y por último se tiene una disminución favorable en el índice de plasticidad que al incorporar el 4% del betún convencional disminuye en un 13.73% y al añadir el 8% del betún convencional disminuye en el 27.62%. Por lo tanto, como se observa el índice de plasticidad también va disminuyendo que nos indica una mejoría. Por último, se puede decir que al obtener un menor índice de plasticidad hay mayor trabajabilidad en la subrasante.

#### **4.5. Resistencia con el uso del betún convencional para la mejora de la subrasante**

Para determinar la resistencia del suelo se realizó el ensayo de CBR, que según la norma ASTM D 1883, el CBR se trata de un ensayo en el que el suelo se somete a penetración de un vástago cilíndrico a una velocidad constante. El resultado, índice CBR, es la capacidad de soporte del suelo comparado con la de una grava patrón por cada espécimen de suelo se calcularon los valores del CBR. Teniendo como características físicas de la muestra se analizaron en las siguientes dosificaciones suelo natural, suelo + 4% del betún convencional y suelo + 8% del betún convencional. Se tiene como objetivo mejorar la resistencia de la subrasante.

##### **Suelo Natural**

Para realizar el ensayo de relación de soporte califonia de la subrasante se tiene como características físicas de la muestra lo siguiente: pasante del tamiz 2" es 100%, pasante del tamiz ¾" es 100%, pasante del tamiz 3/8" es 100%, pasante del tamiz N°4 es 100%, el límite líquido es 25.2%, el índice plástico es de 6.5%, la clasificación SUCS es CL-ML, la clasificación AASHTO es A-4, el método utilizado "A", la máxima densidad seca es de 1.969 gr/cm<sup>3</sup>, el óptimo contenido de humedad es de 14.1% y el porcentaje de expansión es 0.24. Trabajando con un CBR al 100% y 95% para lograr una profundidad de penetración dentro de la muestra compactada del suelo como se puede observar los resultados de la penetración con un CBR al 100% en 0.1" penetración de 11.1mm y en 0.2" penetración de 15mm. Y con un CBR al 95% en 0.1" penetración de 6.7mm y en 0.2" penetración de 9.2mm como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 22: Resultado de penetración del suelo natural

| CBR  | 0.1" Penetración | 0.2" Penetración |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 11.1             | 15               |
| 95%  | 6.7              | 9.2              |

Fuente: Elaboración propia

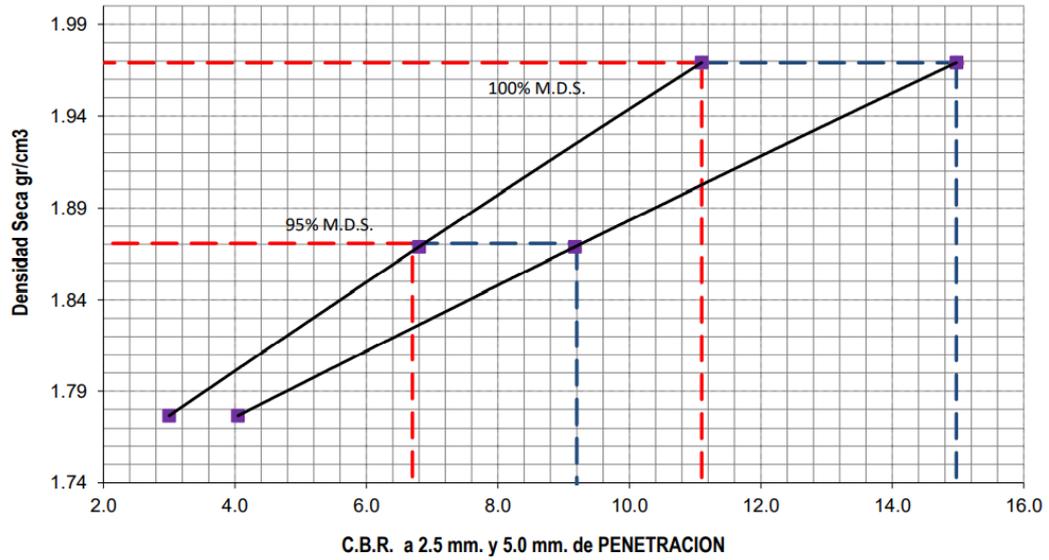


Figura 11: Grafica CBR-Suelo natural

Fuente: Elaboración propia

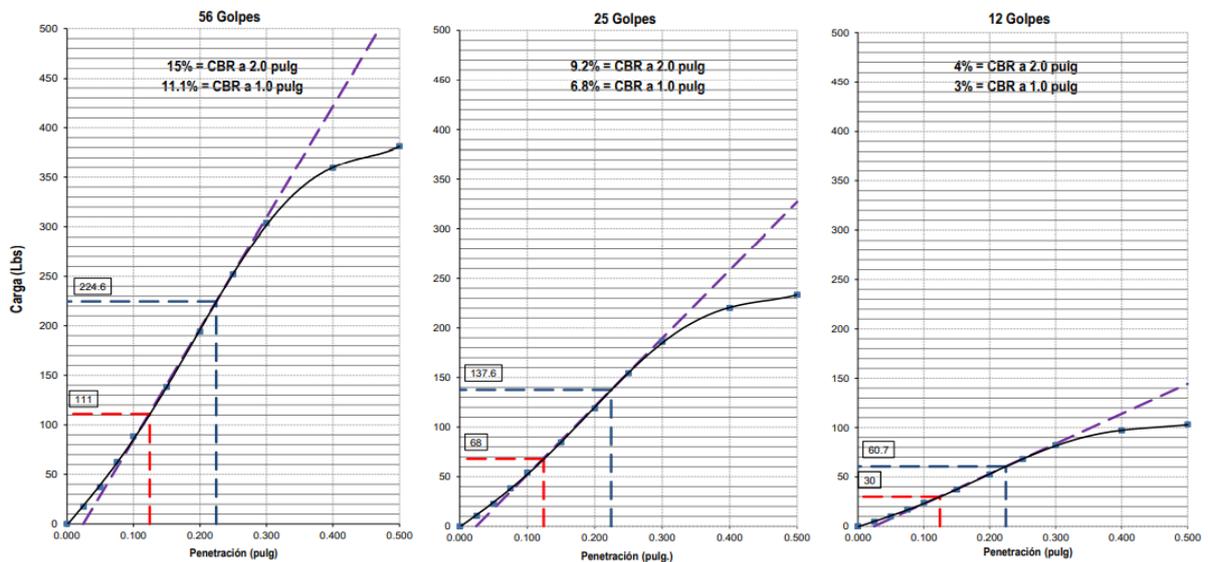


Figura 12: Ensayo de CBR-Suelo natural

Fuente: elaboración propia

### Suelo + 4% del betún convencional

Para realizar el ensayo de relación de soporte california de la subrasante se tiene como características físicas de la muestra lo siguiente: pasante del tamiz 2" es 100%, pasante del tamiz ¾" es 100%, pasante del tamiz 3/8" es 100%, pasante del tamiz N°4 es 100%, el límite líquido es 25.2%, el índice plástico es de 6.5%, la clasificación SUCS es CL-ML, la clasificación AASHTO es A-4, el método utilizado "A", la máxima densidad seca es 1.923 gr/cm<sup>3</sup>, el óptimo contenido de humedad es de 13.6% y el porcentaje de expansión es 0.15. Trabajando con un CBR al 100% y 95% para lograr una profundidad de penetración dentro de la muestra compactada del suelo como se puede observar los resultados de la penetración con un CBR al 100% en 0.1" penetración de 15.4mm y en 0.2" penetración de 20.6mm. Y con un CBR al 95% en 0.1" penetración de 8.9mm y en 0.2" penetración de 12.1mm como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 23: Resultado de penetración del suelo + 4% de betún convencional

| CBR  | 0.1" Penetración | 0.2" Penetración |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 15.4             | 20.6             |
| 95%  | 8.9              | 12.1             |

Fuente: Elaboración propia

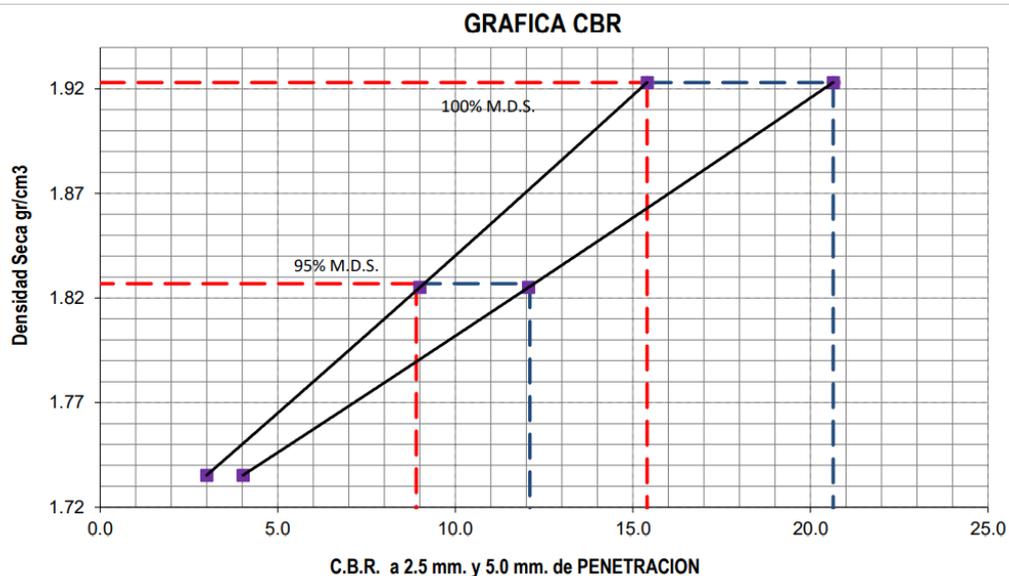


Figura 13: Gráfica CBR-Suelo + 4% de betún convencional

Fuente: Elaboración propia

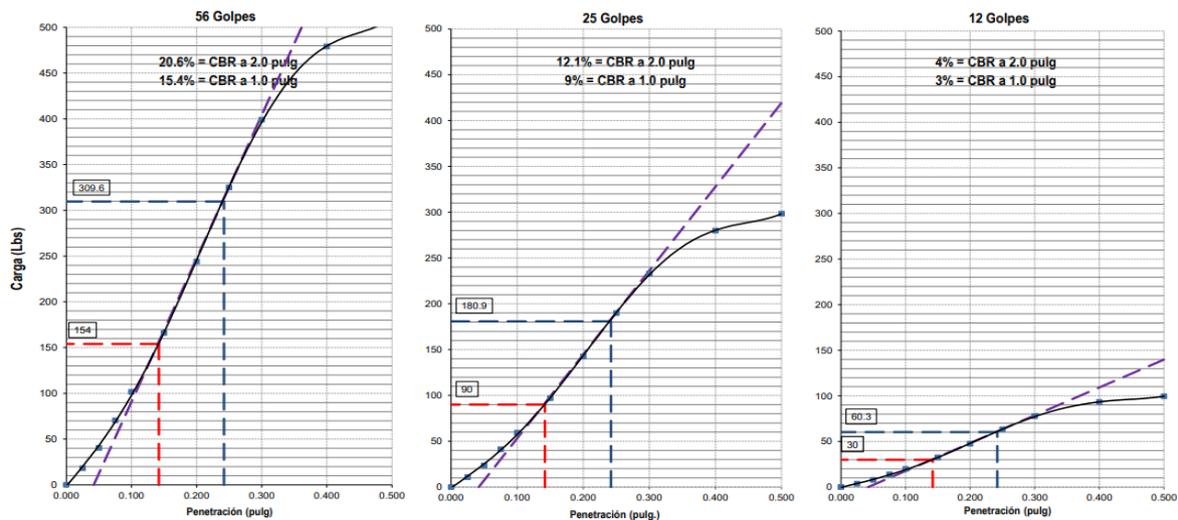


Figura 14: Ensayo de CBR-Suelo + 4% de betún convencional

Fuente: Elaboración propia

### Suelo + 8% del betún convencional

Para realizar el ensayo de relación de soporte california de la subrasante se tiene como características físicas de la muestra lo siguiente: pasante del tamiz 2" es 100%, pasante del tamiz 3/4" es 100%, pasante del tamiz 3/8" es 100%, pasante del tamiz N°4 es 100%, el límite líquido es 25.2%, el índice plástico es de 6.5%, la clasificación SUCS es CL-ML, la clasificación AASHTO es A-4, el método utilizado "A", la máxima densidad seca es 1.815 gr/cm<sup>3</sup>, el óptimo contenido de humedad es de 12.9% y el porcentaje de expansión es 0.09. Trabajando con un CBR al 100% y 95% para lograr una profundidad de penetración dentro de la muestra compactada del suelo como se puede observar los resultados de la penetración con un CBR al 100% en 0.1" penetración de 17.7mm y en 0.2" penetración de 24mm. Y con un CBR al 95% en 0.1" penetración de 10.2mm y en 0.2" penetración de 14.1mm como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 24: Resultado de penetración del suelo + 8% de betún convencional

| CBR  | 0.1" Penetración | 0.2" Penetración |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 17.7             | 24               |
| 95%  | 10.2             | 14.1             |

Fuente: Elaboración propia

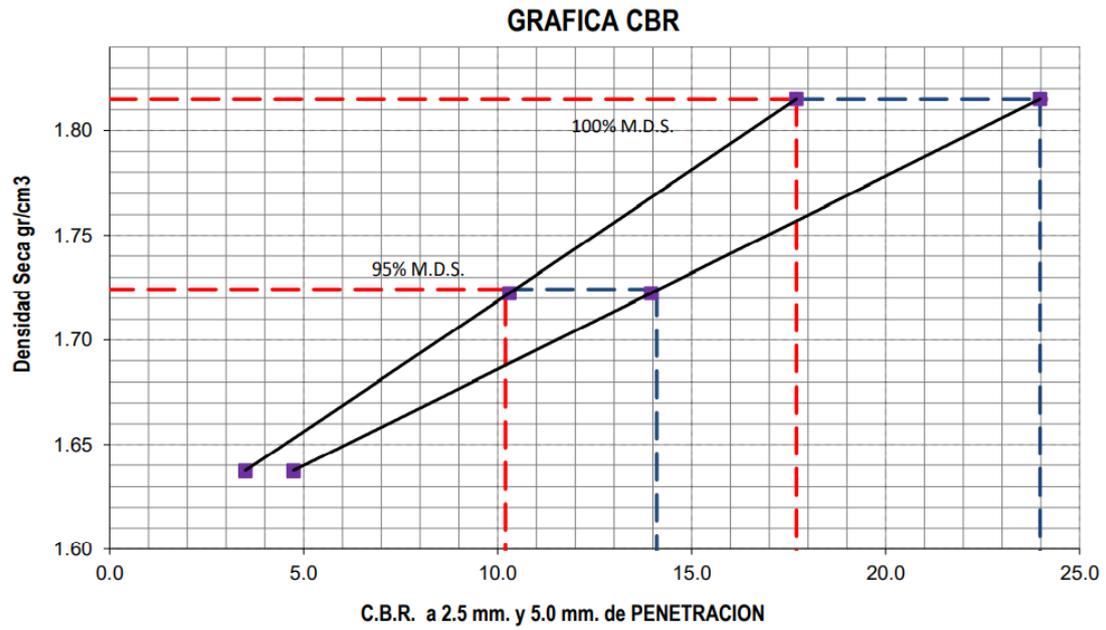


Figura 15: Grafica CBR-Suelo + 8% de betún convencional

Fuente: elaboración propia

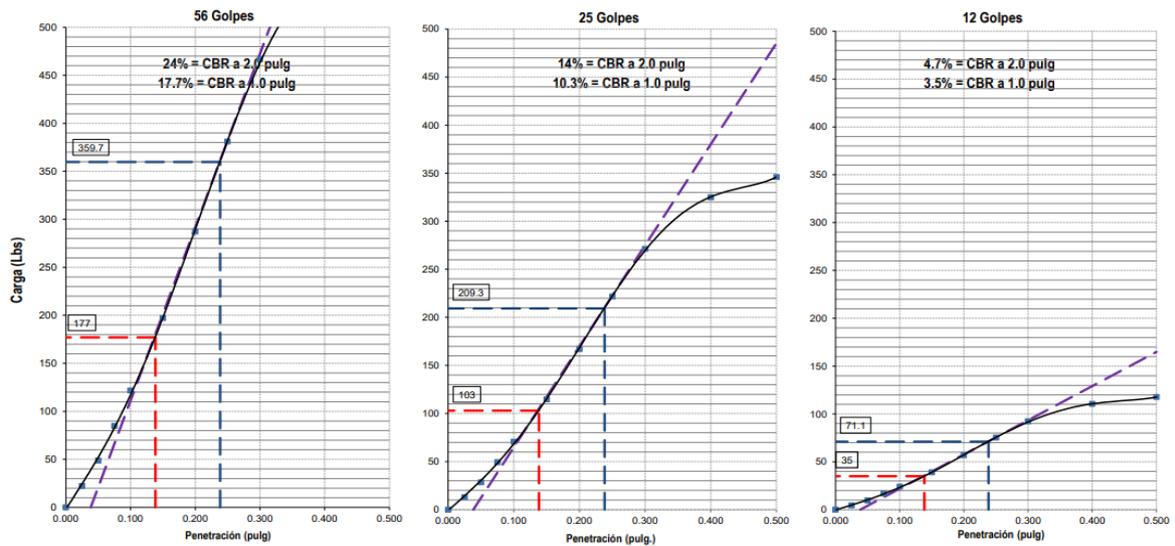


Figura 16: Ensayo de CBR-Suelo + 8% de betún convencional

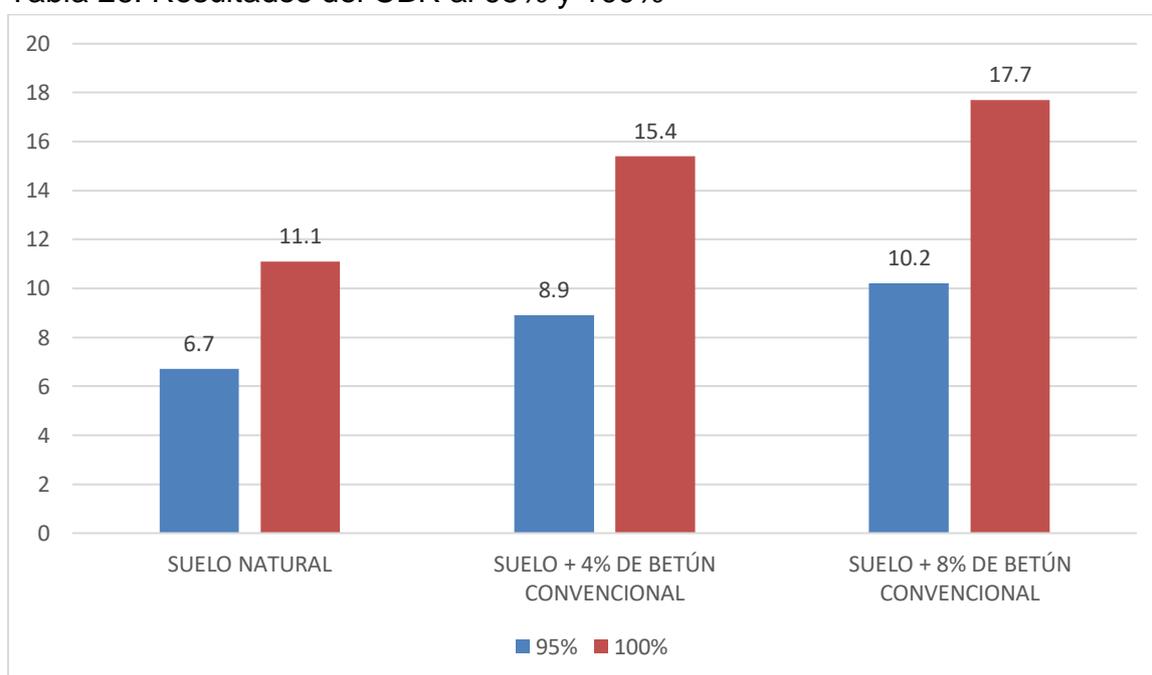
Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Resultados de ensayos de CBR

| Descripción                    | Proporción    |       | CBR         |             |
|--------------------------------|---------------|-------|-------------|-------------|
|                                | Suelo natural | BETUN | 95%         | 100%        |
| SUELO NATURAL                  | 6000          | 0.0   | <b>6.7</b>  | <b>11.1</b> |
| SUELO NATURAL +<br>4% de BETUN | 6000          | 240   | <b>8.9</b>  | <b>15.4</b> |
| SUELO NATURAL +<br>8% de BETUN | 6000          | 480   | <b>10.2</b> | <b>17.7</b> |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Resultados del CBR al 95% y 100%



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Según la tabla observada se puede observar que a un 95% aumenta la resistencia en un 32.84% al incorporar el 4% del betún convencional y al incorporar el 8% del betún convencional aumenta en un 52.24%. Por otro lado, se puede observar también que al 100% indica que al incorporar el 4% del betún convencional aumenta su resistencia en un 38.74% y al añadir el 8% del betún convencional aumenta en un 59.46%. Resultando favorable, ya que, como se puede observar en la tabla que según se va incorporando el betún convencional según las dosificaciones planteadas el CBR del suelo natural aumenta siendo favorable para la subrasante.

#### 4.6. Contrastación de hipótesis

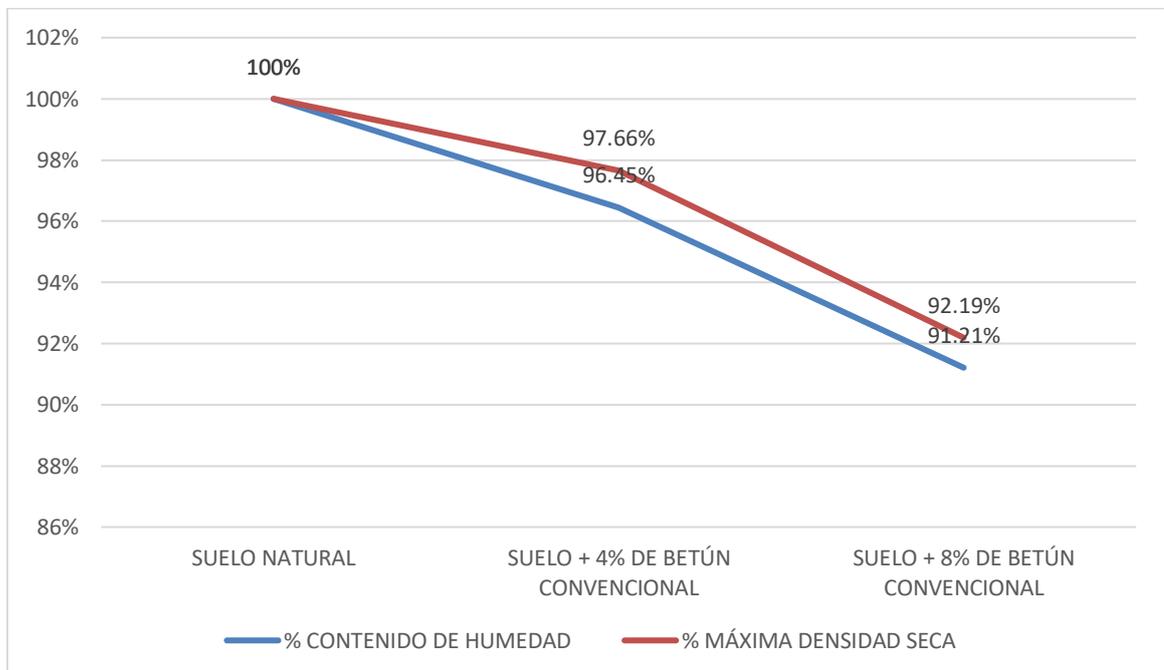
##### Contraste de hipótesis: Betún convencional y propiedades físicas

Para la contrastación se planteó las siguientes hipótesis:

Ho: El óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de la subrasante no varía notablemente con el uso del betún convencional.

Ha: El óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de la subrasante varía notablemente con el uso del betún convencional.

Tabla 27: % de variación del contenido de humedad y la máxima densidad seca



Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos del laboratorio se puede observar en la tabla que se acepta la hipótesis, ya que conforme se va añadiendo el betún convencional al suelo natural el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca del suelo van disminuyendo esto debido a que el betún es un material viscoso. Se cabe decir que siendo el suelo natural el 100% se puede observar la variación al incorporar el 4% del betún convencional es de 3.55% y al añadir el 8% del betún convencional disminuye el contenido de humedad en un 8.79%; de la misma forma en la máxima

densidad seca se observa que al añadir el 4% del betún convencional la máxima densidad seca disminuye en un 2.34% y al incorporar el 8% del betún convencional disminuye en 7.81% .Por último se observa que la máxima densidad seca disminuye y el optimo contenido de humedad también disminuye y es un factor muy importante en obra porque en el proceso de compactación la cantidad de agua va ir disminuyendo. Por ende, esto tiende a ser una mejora para las propiedades físicas de la subrasante.

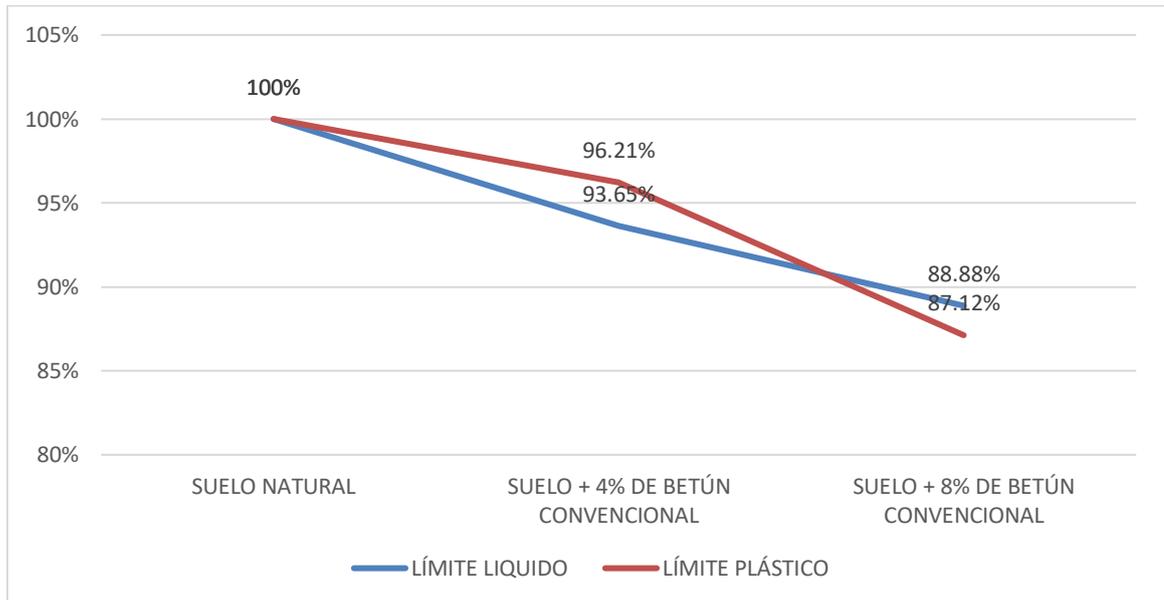
**Contraste de hipótesis: Betún convencional y el índice de plasticidad**

Para la contrastación se planteó las siguientes hipótesis:

Ho: El índice de plasticidad no varía notablemente con el uso del betún convencional

Ha: El índice de plasticidad varía notablemente con el uso del betún convencional

Tabla 28: % de variación de los límites líquido y plástico

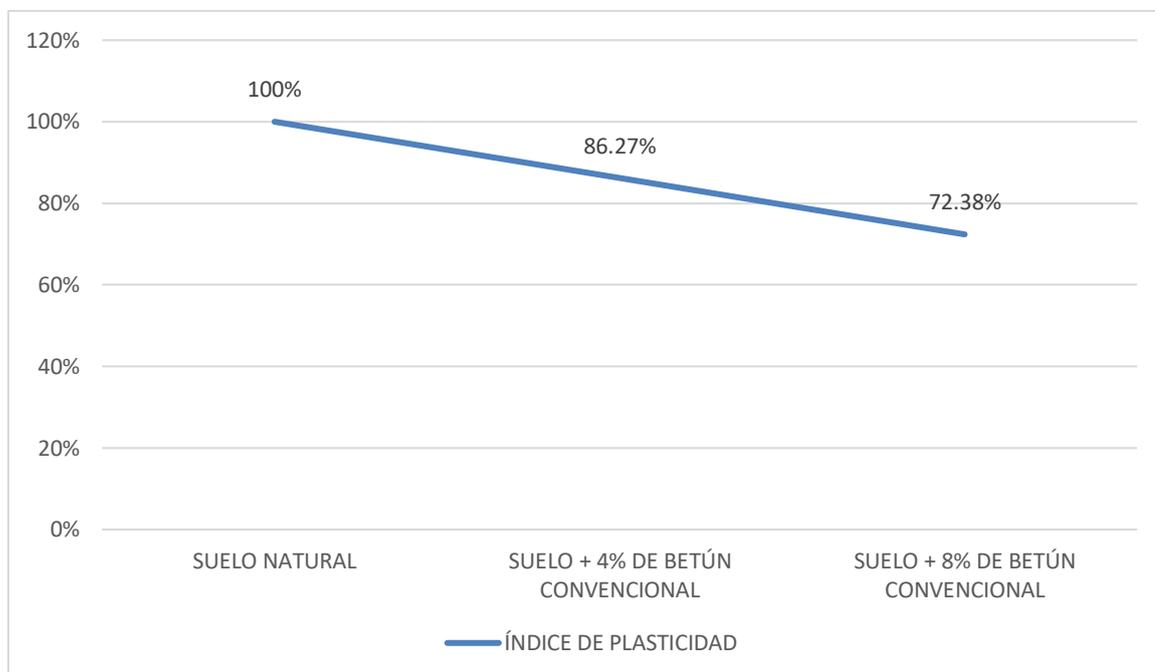


Fuente: Elaboración propia

Según los ensayos realizados en laboratorio se puede observar en el límite líquido que al añadir el 4% del betún tiende a disminuir en un 6.35% y al incorporar el 8% del betún convencional disminuye en un 11.12%. Por otro lado, el límite plástico al

añadir el 4% del betún convencional disminuye en un 3.79% y al incorporar el 8% del betún convencional disminuye en un 12.88% resultando favorable.

Tabla 29: % de variación del índice de plasticidad



Fuente: Elaboración propia

Según los ensayos realizados en laboratorio se puede observar según la tabla que se acepta la hipótesis, ya que se observa según la tabla al incorporar el 4% del betún convencional el índice de plasticidad tiende a disminuir en un 13.73% y al incorporar el 8% del betún convencional también disminuye en un 27.62%. Por lo tanto, cabe decir que conforme se va añadiendo el betún convencional al suelo natural los límites de consistencia van disminuyendo, por ende, el índice de plasticidad también tiende a disminuir. Finalmente se puede decir que, a un menor índice de plasticidad hay mayor trabajabilidad, por ende, esto favorece al mejoramiento de las propiedades de la subrasante.

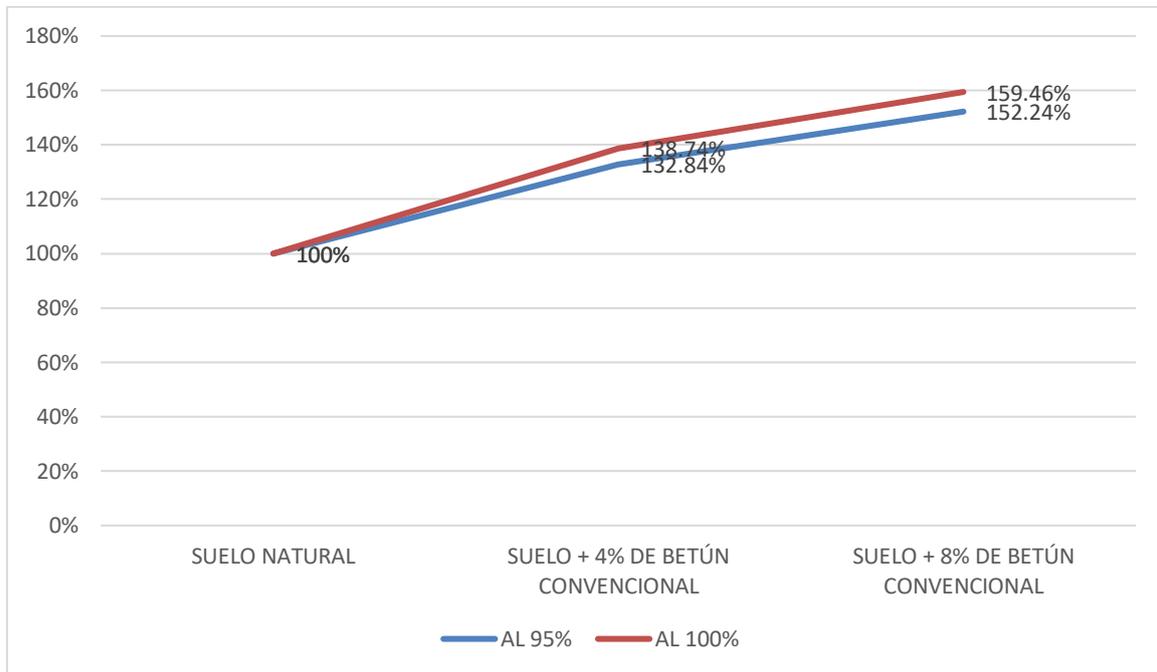
### **Contraste de hipótesis: Betún convencional y propiedades mecánicas**

Para la contrastación se planteó las siguientes hipótesis:

Ho: La resistencia de la subrasante no aumenta con el uso del betún convencional

Ha: La resistencia de la subrasante aumenta con el uso del betún convencional

Tabla 30: % de variación del CBR al 95% y 100%



Fuente: Elaboración propia

Según los ensayos realizados en laboratorio se puede observar según la tabla que se acepta la hipótesis, ya que, en el ensayo de CBR realizado se puede observar que conforme se va añadiendo el betún convencional este tiende a aumentar conforme a las dosificaciones indicadas. Observando que al 95% del CBR al incorporar el 4% del betún convencional este aumenta en un 32.84% y al añadir el 8% del betún convencional aumenta en un 52.24%; por otro lado al 100% del CBR al incorporar el 4% del betún convencional este aumenta en un 38.74% y al añadir el 8% del betún convencional aumenta en un 59.46%. Por lo tanto, esto resulta siendo una mejora para la resistencia de la subrasante.

## V. DISCUSIÓN

Castro (2017) en su investigación tuvo como *“Restablecer el suelo arcilloso con ceniza de cáscara de arroz, confirmado con su desarrollo óptimo”*. Se establece que el suelo arcilloso con la ceniza de cáscara de arroz obteniendo como contenido óptimo como 8.5% y 12.65% y 15.43% lo cual enfatizo que el suelo arcilloso es la unión necesariamente de que este aditivo que utilizo ayudo a mejorar las propiedades de la subrasante, la cascara de arroz ayudo a que se establezca proporcionalmente la subrasante y así ayudara a recobrar la capacidad portante y la resistencia. En contraste con la investigación presentada el aditivo a ser utilizado como elemento para ayudar a mejorar las propiedades de la subrasante es la ceniza de cáscara de arroz y el aditivo que se añadió para la presente investigación es el betún convencional. Ambas investigaciones realizaron el análisis de granulometría para poder determinar el tipo de suelo en el que se va trabajar y poder mejorar las propiedades de la subrasante y de las cuales coinciden en que en ambas investigaciones el tipo de suelo es arcilloso de baja plasticidad y buscan mejorar las propiedades de la subrasante utilizando distintos aditivos y con dosificaciones planteadas. Por todo lo anterior, la comparación es similar para el análisis granulométrico por el mismo tipo de suelo a mejorar. Siendo ambas un suelo arcillo de baja plasticidad y con la adición del aditivo que busca mejorar la subrasante. Indicando que busque estabilizar proporcionalmente la subrasante y así ayude a recobrar la capacidad portante y la resistencia.

Patil (2019) en su investigación *“Estudiar el resultado del caucho triturado al ser utilizado como estabilizador para los progresos de las características de la subrasante”*, esto consistió en agregar las partículas indicada en una dosificación planteada de 2.5%, 5%, 7.5% y 10 % que para el análisis realizado se realizó pruebas de Proctor modificado y CBR. Dando a conocer que los resultados obtenido muestra que la máxima densidad seca aumenta hasta un 2.5% para luego disminuir con el aumento de caucho, del mismo modo sucede con el óptimo contenido de humedad y los datos del CBR indican un ligero aumento de 5% para luego ir elevándose a un 7.5% y posteriormente pasar a reducirse. La investigación presentada se da ante la problemática de calcular la variación del óptimo contenido

de humedad y la máxima densidad seca según se va añadiendo el betún convencional de acuerdo a las dosificaciones planteadas siendo estas en 4% y 8% del betún convencional. En diferencia a la investigación de Patil se utilizó betún convencional, pero también se planteo analizar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, observando que en la presente investigación tanto como el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca disminuyen estas siendo favorables para el suelo analizado; del mismo modo en la investigación mencionada también tienden a disminuir y el CBR aumenta siendo favorable para indicar una mejora en las propiedades de la subrasante.

Hinostroza (2020) en su investigación *“Determinar de que manera influye la ceniza de cáscara de coco y la ceniza de caña de azúcar en el mejoramiento de la subrasante”*. Lo cual planteo adicionar un 4.51% con cenizas de cáscara de coco al 25% y 35% viéndose un incremento positivo para la mejora de la resistencia y la calidad del terreno, viendo que en el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca se tiene un incremento favorable desde el terreno natural adicionando las cenizas de cáscara de coco con los porcentajes establecidos de 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%. Indicando que a medida que se va incorporando la dosificación planteada de cáscara de coco y ceniza de caña de azúcar se observa que no presentan límite líquido y límite plástico resultando favorable, concluyendo que no presenta índice de plasticidad. La investigación presentada se da con la necesidad de mejorar la subrasante incorporando la ceniza de la cáscara de coco y la ceniza de caña de azúcar. En diferencia a la investigación de Hinostroza se utilizo betún convencional y se observo que conforme se iba añadiendo el betún convencional según las dosificaciones planteadas del 4% y 8% los límites líquido y plástico van disminuyendo, lo cual indica que el índice de plasticidad también tiende a disminuir conforme se va añadiendo el betún convencional. El índice de plasticidad inicial va disminuyendo y en el antecedente no tiene índice de plasticidad.

Diaz (2019) en su investigación Verificar que las cenizas de cáscara de arroz pueden ayudar a mejorar la carretera. Indicando que el suelo es arcilloso con alta plasticidad mencionado que la decisión es que el CBR aumente conforme se va

añadiendo la dosificación determinada. Mencionando que la combinación de arcilla mas ceniza de cáscara de arroz permite mantener el valor mas alto de la capacidad de carga de la resistencia y ver el aumento del CBR al 100%. Señalando también que la densidad máxima seca incremento del 9.7% al 15.2%. Este aumento de CBR se consiguió que a través de la ceniza de arroz con una superficie del 20% la resistencia de este suelo aumente proporcionadamente. La investigación presentada se da ante la problemática de mejorar la subrasante debido a que el suelo es arcilloso con alta plasticidad, siendo algo similar a la investigación. En diferencia a Pizarro se utilizó el betún convencional pero también se planteo mejorar la resistencia del suelo, que se obtuvo al añadir el betún convencional la resistencia del suelo fue aumentando proporcionadamente siendo favorable para el suelo indicado; aunque sean diferentes los aditivos ambos buscan mejorar la resistencia de la subrasante con un suelo similar. La resistencia inicial fue muy baja y en el antecedente se plantea mejorarlo con mas de dos dosificaciones planteadas.

## VI. CONCLUSIONES

1. Mediante la investigación realizada se determinó que al incorporar el betún convencional para la mejora de las propiedades de la subrasante en las dosificaciones 4% y 8% del pavimento flexible de la Av. Universitaria en el distrito de Carabaylo, presentó mejoras tanto en las propiedades físicas, mecánicas y en el índice de plasticidad en comparación del suelo natural

2. El ensayo de Proctor Modificado con el método A, para la muestra del suelo natural siendo el óptimo contenido de humedad de 14.1%, añadiendo en dosificaciones de 4% y 8% de betún convencional, se obtuvo un óptimo contenido de humedad con la dosificación del 4% un 13.6% y con la dosificación del 8% obteniendo un 12.86%, observando una disminución de 3.55% de la primera dosificación y un 8.79% de disminución del óptimo contenido de humedad de la segunda dosificación, concluyendo que la adición del betún convencional varía positivamente en el mejoramiento del óptimo contenido de humedad de la subrasante. La máxima densidad seca de la muestra de suelo natural es de 1.969 gr/cm<sup>3</sup>, añadiendo las dosificaciones del 4% y 8% de betún convencional, se obtuvo una máxima densidad seca con la dosificación del 4% un 1.923 gr/cm<sup>3</sup> y con la dosificación del 8% obteniendo un 1.815 gr/cm<sup>3</sup>, observando una disminución de 2.34% de la primera dosificación y un 7.81% de la segunda dosificación, concluyendo que la incorporación del betún convencional varía positivamente, indicando que al haber una disminución tanto en el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca esta favorece en la reducción de cantidad de agua en el proceso de grado de compactación.

3. Los límites de Attenberg del suelo natural, se tiene que el límite líquido es de 25.19, el límite plástico de 18.71 y el índice de plasticidad de 6.48. Indicando que el suelo natural según su tipo de suelo es de una arcilla limo arenosa de baja plasticidad. Por tanto, se realizaron 2 dosificaciones de 4% y 8%. Obteniendo con las dosificación del 4% un límite líquido de 23.59%, límite plástico de 18.0% y el índice de plasticidad de 5.59% y en con la dosificación del 8% se tiene un límite líquido de 22.39%, límite plástico de 16.3% y el índice de plasticidad de 4.69%, observando una disminución en el índice de plasticidad de la primera dosificación

de 13.73% y en la segunda dosificación se observó una disminución del 27.62%, concluyendo que al añadir el betún convencional varía positivamente en el mejoramiento de la subrasante de la Av. Universitaria de Carabayllo, que al disminuir los límites líquido y plástico también disminuye el índice de plasticidad que según se va incorporando el betún convencional, se tiene que, a un menor índice de plasticidad habrá mayor trabajabilidad en la subrasante.

4. El CBR del suelo natural, teniendo un valor de CBR al 100% es 11.1%, indicando un aumento en las dosificaciones de 4% y 8% de betún convencional. Con la dosificación del 4% se tiene un CBR al 100% de 15.4% y con la dosificación del 8% se tuvo un CBR al 100% de 17.7%, observando que la resistencia del suelo natural va aumentando en la primera dosificación en un 38.74% y en la segunda dosificación va aumentando en un 59.46%, concluyendo que conforme se fue añadiendo el betún convencional va aumentando la resistencia de la subrasante, siendo favorable para las propiedades mecánicas de la subrasante.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que, para el mejoramiento de las propiedades físicas, mecánicas y el índice de plasticidad de la subrasante, el uso del betún convencional en distintas proporciones como el 4% y 8% siendo recomendables para el mejoramiento del terreno, ya que no solo mejora las propiedades físico y mecánicas si no también por su bajo costo es recomendable para su uso técnico y económico.
2. Se recomienda añadir el 4% y el 8% del betún convencional para el óptimo contenido de humedad y para la máxima densidad seca ya que, se observa una disminución en ambos factores conforme se va añadiendo el betún convencional siendo este un suelo arcilla limosa arenoso de baja plasticidad disminuyendo de 14.1% a 13.6% de óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca disminuye de  $1.969 \text{ gr/cm}^3$  a  $1.923 \text{ gr/cm}^3$ . Según los resultados obtenidos de acuerdo a las dosificaciones planteadas se observa que hay una variación tanto en el óptimo contenido de humedad y en la máxima densidad siendo favorable al grado de compactación del suelo.
3. De la misma manera se recomienda la incorporación del 4% y 8% del betún convencional para el ensayo de los límites de Atterberg siendo un suelo arcilla limosa de baja plasticidad con índice de plasticidad que disminuye de 6.48% a 5.59% con la primera dosificación y con la segunda dosificación reduce a 4.69%. Mediante los resultados obtenidos se recomienda la incorporación del betún convencional ya que, conforme se va añadiendo el betún convencional resulta una mejora en la reducción de los parámetros de plasticidad del suelo.
4. De la misma forma se recomienda la incorporación del betún convencional en las siguientes dosificaciones del 4% y 8%, siendo un suelo arcilla limosa de baja plasticidad con un aumento del CBR al 100% de 11.1% a 15.4% con la primera dosificación y con la segunda dosificación el CBR al 100% aumenta 17.7%. Obteniendo que de manera directa que va aumentando los valores obtenidos de la máxima densidad seca y del óptimo contenido de humedad. Así mismo, los valores del CBR al 95% y 100% aumentan favorablemente.

## REFERENCIAS

1. Instituto nacional de vías, informe de gestión 2020 [En línea] Disponible en: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/hechos-de-transparencia/planeacion-gestion-y-control/informes-de-gestion/11285-informe-de-gestion-2020/file>
2. OYOLA, Jeffrey. Estudio comparativo de suelo blando y suelo con el sistema de pilas de agregado compactado. Tesis (ingeniería civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2019
3. HINOSTROZA, Marcos. Mejoramiento de la subrasante utilizando ceniza de fibra de coco en la avenida 13 de Julio de Manchay, Pachacamac. Tesis (ingeniería civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2019 p 12
4. DÍAZ, Fernando. Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande. Tesis (ingeniería civil). Amazonas. Universidad Cesar Vallejo. 2018 p 15
5. ARCE. Moisés y Calle. Solanchs. Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añahuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional. Tesis (ingeniería civil). Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 2018
6. REYES, José. Mecánica de materiales para pavimentos. Tesis (maestría). México. Universidad Autónoma de Chihuahua. 2017 p 12
7. GOMEZ, Manuel. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Tesis (ingeniero civil). Colombia. Universidad Católica de Colombia. 2018 p 15
8. CASTRO, Axel. Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de la subrasante. Tesis (ingeniero civil). Colombia. Universidad Católica de Colombia. 2017 p 12
9. RIVERA, Jhonathan. Chemical stabilization of soil – conventional and alkaline activated materials. Tesis (ingeniero civil). Colombia. Universidad del Valle. 2017
10. YIN. Chenglong, JIANG. Huang. Effects of initial water content on microstructure and mechanical properties of lean clay soil stabilized by compound

calcium-base stabilizer. Titulo (ingeniero civil). Us National library of medicines National Institutes of health. 2018

11. PEREIRA, Heiser. The pozzolanic activity of a calcined waste FCC catalyst and its effect on the compressive strength of cementitious materials. Tesis (ingeniero civil). Us National library of medicines National Institutes of health. 2016

12. CABALLERO, Oscar. Estabilización química con silicato de sodio del material de préstamo de la vía La Primavera – Bonaza -La Venturosa en el departamento del Vichada. [en línea] 2017 [Fecha de consulta: 12 de diciembre 2021]

13. PATIL, Diego. Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. Tesis (ingeniero civil). Colombia. Universidad Militar Nueva Granada 2019 p 16

14. QUISPE, Renato. Estudio experimental y numérico del comportamiento mecánico de una arcilla mejorada con métodos tradicionales y ceniza de madera. Tesis (ingeniería civil). Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2019 p17

15. Asfalto [en línea] Wikipedia, La enciclopedia libre, 2021 [fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Asfalto&oldid=139759774>

16. Ministerio de transportes [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021.

Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)

17. Bookcivil [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021.

Disponible en: <https://www.bookcivil.com/ciclo-basico/clasificacion-del-suelo-de-acuerdo-a-sucs-y-aahsto-excel/>

18. Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021.

Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17878/MEJORAMIENTO%20DE%20SUBRASANTE%20EN%20VIAS%20DE%20TERCER%20ORDEN.pdf?sequence=1>

19. Redalyc: La investigación aplicada [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

20. Metodología de la investigación [en línea] Fecha de consulta: 14 de noviembre del 2021

Disponible en:  
<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf>

21. Redalyc: Nivel de investigación [en línea] Fecha de consulta: 08 de noviembre del 2021

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

22. Historia de los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto [en línea] Fecha de consulta: 08 de noviembre del 2021

Disponible en:  
[https://www.uv.mx/personal/vcarreon/files/2012/02/Historia\\_enfoques.pdf](https://www.uv.mx/personal/vcarreon/files/2012/02/Historia_enfoques.pdf)

23. Operacionalización de variables [en línea] Fecha de consulta: 08 de noviembre del 2021

Disponible en:  
[http://bvsp.paho.org/videosdigitales/matedu/2012investigacionsalud/20120626Operacionalizacion\\_MoisesApolaya.pdf?ua=1](http://bvsp.paho.org/videosdigitales/matedu/2012investigacionsalud/20120626Operacionalizacion_MoisesApolaya.pdf?ua=1)

24. AMIEL, José. Las variables en el método científico. Rev. Soc. Quím. Perú [en línea]. 2007, vol.73 [fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021]

Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2007000300007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000300007&lng=es&nrm=iso). ISSN 1810-634X.

25. Tesis de investigación [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021

Disponible en: <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/poblacion-y-muestra-tamayo-y-tamayo.html>

26. Metodología de la investigación Hernández Sampieri 6ª Edición [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021

Disponibles en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

27. Manual de carreteras [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021

Disponible en:  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/ma](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/ma)

- nuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-04-16%20Manual%20de%20Puentes%202018.pdf
28. Manual de puentes [en línea] Fecha de consulta: 10 de diciembre del 2021  
Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-04-16%20Manual%20de%20Puentes%202018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-04-16%20Manual%20de%20Puentes%202018.pdf)
29. Questionpro [en línea] Fecha de consulta: 10 de diciembre del 2021  
Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/como-realizar-un-muestreo-probabilistico/>
30. Revista de metodología de investigación [en línea] Fecha de consulta 12 de diciembre del 2021  
Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/>
31. Redalyc: Técnicas de recolección de datos [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021  
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2833/283321886011.pdf>
32. Metodología de la investigación [en línea] Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021  
Disponible en: <https://instituciones.sld.cu/ihi/metodologia-de-la-investigacion/>
33. Métodos y técnicas de investigación [en línea] Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021  
Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-55163/2Metodos.pdf>
34. Confiabilidad y validez de instrumento de investigación [en línea] Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2021  
Disponible en: <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION-4-Confiabilidad%20y%20Validez%20de%20Instrumentos%20de%20investigacion.pdf>
35. SOLANO, Javier y UZCASTEGUI, Carolina. Validez y confiabilidad de una escala de medida para la calidad del servicio de los restaurantes ubicados en la zona turística de puerto Bolívar. Universidad y sociedad [en línea]. 2017  
Disponible: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000100007&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100007&lng=es&nrm=iso). ISSN 2218-3620.

36. Métodos y técnicas investigación [en línea] Fecha de consulta: 28 de noviembre del 2021  
Disponibile en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-55163/2Metodos.pdf>
37. FANDOS, Manuel. Formación basada en las tecnologías de la información y comunicación: Análisis didáctico del proceso de enseñanza-aprendizaje. Tesis (grado doctoral). 2003 Universitat Roviral Virgili. Disponible en: [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8909/Etesis\\_1.pdf](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8909/Etesis_1.pdf)
38. Tesis de investigación [en línea] Fecha de consulta: 10 de diciembre del 2021  
Disponibile en: <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/06/poblacion-y-muestra-tamayo-y-tamayo.html>
39. SALAZAR, María; ICAZA, María y ALEJO, Oscar. La importancia de la ética en la investigación. Universidad y sociedad [en línea]. 2018  
Disponibile en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202018000100305&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100305&lng=es&nrm=iso)>. Epub 02-Mar-2018. ISSN 2218-3620
40. Referencias estilo ISO690 y 690-2 [en línea] Fecha de consulta: 12 de diciembre del 2021  
Disponibile en: [https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual\\_ISO.pdf](https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual_ISO.pdf)

## **ANEXOS**

Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables

Anexo 02: Matriz de consistencia

Anexo 03: Instrumento de recolección de datos

Anexo 04: Validez por juicio de expertos

Anexo 05: Normativa

Anexo 06: Mapas y planos

L1: Plano de ubicación

L2: Muestra de investigación

Anexo 07: Panel fotográfico

Anexo 08: Coordinaciones institucionales requeridas

Anexo 09: Licencias Software, certificados de calibración de equipos

Anexo 10: Resultados de laboratorio

Anexo 11: Resultado TURNITIN

## Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA  |   |   |   |                                    |   |  |
|--|---|---|---|------------------------------------|---|--|
| TÍTULO: "Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021"                                  |   |   |   |                                    |   |  |
| AUTOR: Quispe Quispe, Maideth Lizbeth  |   |   |   |                                    |   |  |
| PROBLEMA   | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS   | VARIABLES   | DIMENSIONES                        | INDICADORES   | INSTRUMENTOS   |
| Problema General   | Objetivo General  | Hipótesis General   | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)<br/>BETÚN CONVENCIONAL</b>          | Dosificación                       | Suelo + 4% Betún Convencional   | Ensayo de Proctor Modificado<br>Ensayo de Granulometría<br>Ensayo de CBR |
| ¿Cuáles son las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021?   | Evaluar las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021   | Las propiedades de la subrasante mejorarían con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021  |   | Importancia del Betún Convencional | * Mejora de las propiedades de la subrasante<br>*Tienen mayor duración<br>*Influye en el cuidado del medio ambiente |  |
| Problemas específicos  | Objetivos específicos   | Hipótesis específicos   | <b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)<br/>MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE</b> | Propiedades Físicas                | Óptimo Contenido de Humedad   | Ficha de Recopilación de Datos   |
| ¿En cuánto varía el Óptimo contenido de humedad y la Máxima densidad seca de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021? | Calcular el Óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 | El Óptimo contenido de humedad y la Máxima densidad seca de la subrasante varía notablemente con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 |   | Máxima densidad seca               |   |  |
| ¿En cuánto varía el índice de plasticidad de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021?                                 | Calcular el índice de plasticidad de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021                                 | El índice de plasticidad varía notablemente con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021  |   | Índice de plasticidad              | Límite líquido  |  |
| ¿En cuánto mejora la resistencia de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021?  | Evaluar la resistencia de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021  | La resistencia de la subrasante aumentaría con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021   |   | Propiedades Mecánicas              | Resistencia   |  |

## Anexo 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN  | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES                  | INDICADORES                   | ESCALA | METODOLOGÍA   |
|---|--|--|------------------------------|-------------------------------|--------|---|
| <b>Anexo 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE</b>   |  |  |                              |                               |        |   |
| <b>TÍTULO: Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021</b> |  |  |                              |                               |        |   |
| <b>AUTOR: Quispe Quispe, Maideth Lizbeth</b>  |  |  |                              |                               |        |   |
| <b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)<br/>BETÚN CONVENCIONAL</b>  | Según Pérez & Garay (2007) define que: "El betún se puede decir que es un producto derivado del alquitrán (sustancia líquida, viscosa y oscura que obtiene de la destilación de aceite, carbón, madera y entre otros materiales) | Este producto es una alternativa nueva a utilizar para el mejoramiento de la subrasante ya que se observa diferentes variaciones en su comportamiento  | <b>Dosificación</b>          | Suelo + 4% Betún Convencional | Razón  | Tipo de investigación: Aplicada   |
|   |  |  |                              | Suelo + 8% Betún Convencional | Razón  | Nivel de investigación: Explicativa   |
|   |  |  |                              |                               |        | Enfoque: Cuantitativo   |
|   |  |  |                              |                               |        | Diseño de investigación: Experimental   |
| <b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)<br/>MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE</b>   | Mejía & Carranza (2002, p. 129) define que: " El mejoramiento del suelo consiste en cambiar las características de un suelo con un material mas resistente"  | Para el mejoramiento de la subrasante se realizará la incorporación del betún convencional, y se analizará las variaciones que se obtendrá en cuanto su óptimo contenido de humedad, máxima densidad seca y su resistencia | <b>Propiedades Físicas</b>   | Máxima Densidad Seca          | Razón  | Población: Toda la subrasante no pavimentada de la Av. Universitaria con el cruce de la Av. Manuel Prado en el Distrito de Carabaylo              |
|   |  |  |                              | Óptimo Contenido de Humedad   | Razón  | Muestreo: No probabilístico   |
|   |  |  | <b>Índice de Plasticidad</b> | Límite líquido                | Razón  | Muestra: Se realizaron 2 calicatas de 1.50m de profundidad considerando una distancia de 120 metros lineales de la Av. Universitaria de Carabaylo |
|   |  |  |                              | Límite plástico               | Razón  | Técnica: Observación directa, Observación experimental  |
|   |  |  | <b>Propiedades Mecánicas</b> | Resistencia                   | Razón  | Instrumento de recolección de datos: Fichas de recolección de datos, Ficha de los resultados del laboratorio                                      |
|   |  |  |                              |                               |        |   |

# ANEXO 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de betún convencional y propiedades de la subrasante

"Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021"

Fecha: 23/06/2021

Numero de ficha: 1

## Parte A: Datos generales

### Ubicación geográfica

Provincia: Lima Distrito: Carabaylo Localidad

## Parte B: Dosificación de betún convencional

|    |  |
|----|--|
| 4% |  |
| 8% |  |

## Parte C: Propiedades de la subrasante

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Óptimo contenido de humedad    |  |
| Máxima densidad seca           |  |
| Capacidad de soporte califonia |  |

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Mendoza Vara Alheli

Especialista: Metodólogo [ ] Temático [ X ]

Grado: Maestro [ X ] Doctor [ ]

Título profesional: INGENIERO CIVIL

N° de registro CIP: 238706

  
ALHELI MENDOZA VARA  
Ingeniera Civil  
CIP N° 238706

Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de betún convencional y propiedades de la subrasante

"Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021"

Fecha: 23/06/2021

Numero de ficha: 1

**Parte A: Datos generales**

**Ubicación geográfica**

Provincia: Lima Distrito: Carabaylo Localidad

**Parte B: Dosificación de betún convencional**

|    |  |
|----|--|
| 4% |  |
| 8% |  |

**Parte C: Propiedades de la subrasante**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Óptimo contenido de humedad    |  |
| Máxima densidad seca           |  |
| Capacidad de soporte califonia |  |

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Flores Gabriel Ricardo Walter

Especialista: Metodólogo [ ] Temático [ X ]

Grado: Maestro [ X ] Doctor [ ]

Título profesional: INGENIERO CIVIL

Nº de registro CIP: 30524

  
RICARDO WALTER FLORES GABRIEL  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 30524

Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de betún convencional y propiedades de la subrasante

"Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021"

Fecha: 23/06/2021

Numero de ficha: 1

**Parte A: Datos generales**

**Ubicación geográfica**

Provincia: Lima Distrito: Carabayllo Localidad

**Parte B: Dosificación de betún convencional**

|    |  |
|----|--|
| 4% |  |
| 8% |  |

**Parte C: Propiedades de la subrasante**

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Óptimo contenido de humedad     |  |
| Máxima densidad seca            |  |
| Capacidad de soporte california |  |

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: **PADILLA PICHEN SANTOS RICARDO**

Especialista: Metodólogo [ ] Temático [ X ]

Grado: Maestro [ X ] Doctor [ ]

Título profesional: **INGENIERO CIVIL**

Nº de registro CIP: 051630



SANTOS RICARDO PADILLA PICHEN  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 51630

Firma y Sello

## ANEXO 4: VALIDEZ POR JUICIO DE EXPERTOS

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

**“Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021”**

### **Parte A: Datos del experto**

- Apellidos y Nombres : Padilla Pichen Santos Ricardo
- Grado académico : Maestro
- Título profesional : Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 0.51630

### **Parte B: Aspectos a considerar**

#### **Puntuación**

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una “X” la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

#### **Validez**

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

#### **Especificaciones**

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

### **Parte C: Validación**

| Validez       | Pregunta  | Puntuación |   | Observaciones |
|---------------|---|------------|---|---------------|
|               |   | 0          | 1 |               |
| De contenido  | 1 ¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?   |            |   |               |
|               | 2 ¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?                              |            |   |               |
|               | 3 ¿EL número de dimensiones es adecuado?  |            |   |               |
|               | 4 ¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?   |            |   |               |
|               | 5 ¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos? |            |   |               |
| De constructo | 6 ¿El número de indicadores es adecuado?  |            |   |               |
|               | 7 No existe ambigüedad en los indicadores   |            |   |               |
|               | 8 ¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?                  |            |   |               |
|               | 9 ¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?  |            |   |               |
|               | 10 ¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?                               |            |   |               |
| De criterio   | 11 ¿Los indicadores son medibles?   |            |   |               |
|               | 12 ¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?   |            |   |               |
|               | 13 ¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?                                  |            |   |               |
|               | 14 ¿La secuencia planteada es adecuada?   |            |   |               |
|               | 15 No es necesario considerar otros campos  |            |   |               |
| <b>Total</b>  |   |            |   |               |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir  No aplicable

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: PADILLA PICHEN SANTOS RICARDO

Especialista: Metodólogo  Temático

Grado: Maestro  Doctor

Título profesional: INGENIERO CIVIL

Nº de registro CIP: 0.51630

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.



SANTOS RICARDO PICHEN SANTOS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 51630

\_\_\_\_\_  
Firma y Sello

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

**“Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betón convencional, Carabaylo, Lima 2021”**

**Parte A: Datos del experto**

- Apellidos y Nombres : Flores Gabriel Ricardo Walter
- Grado académico : Maestro
- Título profesional : Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 30524

**Parte B: Aspectos a considerar**

**Puntuación**

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una “X” la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

**Validez**

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

**Especificaciones**

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

**Parte C: Validación**

| Validez       | Pregunta |   | Puntuación |   | Observaciones |
|---------------|----------|---|------------|---|---------------|
|               |          |   | 0          | 1 |               |
| De contenido  | 1        | ¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?   |            |   |               |
|               | 2        | ¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?                              |            |   |               |
|               | 3        | ¿EL número de dimensiones es adecuado?  |            |   |               |
|               | 4        | ¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?   |            |   |               |
|               | 5        | ¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos? |            |   |               |
| De constructo | 6        | ¿El número de indicadores es adecuado?  |            |   |               |
|               | 7        | No existe ambigüedad en los indicadores   |            |   |               |
|               | 8        | ¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?                  |            |   |               |
|               | 9        | ¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?  |            |   |               |
|               | 10       | ¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?                                |            |   |               |
|               | 11       | ¿Los indicadores son medibles?  |            |   |               |
| De criterio   | 12       | ¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?  |            |   |               |
|               | 13       | ¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?                                   |            |   |               |
|               | 14       | ¿La secuencia planteada es adecuada?  |            |   |               |
|               | 15       | No es necesario considerar otros campos   |            |   |               |
| <b>Total</b>  |          |   |            |   |               |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ]    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Flores Gabriel Ricardo Walter

Especialista: Metodólogo [ ]    Temático [ X ]

Grado: Maestro [ X ]    Doctor [ ]

Título profesional: INGENIERO CIVIL

Nº de registro CIP: 0.51630

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
 RICARDO WALTER FLORES GABRIEL  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 30524

Firma y Sello



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**VALIDACIÓN POR EXPERTOS**

**“Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021”**

**Parte A: Datos del experto**

- Apellidos y Nombres : Mendoza Vara Alheli
- Grado académico : Maestro
- Título profesional : Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 238706

**Parte B: Aspectos a considerar**

**Puntuación**

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una “X” la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

- 0. En desacuerdo
- 1. De acuerdo

**Validez**

- **Validez de contenido:** Corresponde a medir la variable o dimensión.
- **Validez de constructo:** Corresponde a medir el indicador planteado.
- **Validez de criterio:** Clasificar según las categorías establecidas.

**Especificaciones**

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

**Parte C: Validación**

| ASPECTOS A CONSIDERAR |   | OBSERVADORES |   |   |  |
|-----------------------|---|--------------|---|---|--|
|                       |   | 1            | 2 | 3 |  |
| OBSERVACIONES         | 1 ¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?   | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 2 ¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?                              | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 3 ¿EL número de dimensiones es adecuado?  | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 4 ¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?   | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 5 ¿Las hipótesis planteadas se contrastaran con la información recolectada en los instrumentos? | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 6 ¿El número de indicadores es adecuado?  | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 7 No existe ambigüedad en los indicadores   | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 8 ¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?                  | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 9 ¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?  | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 10 ¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?                               | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 11 ¿Los indicadores son medibles?   | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 12 ¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?   | 1            | 0 | 1 |  |
|                       | 13 ¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?                                  | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 14 ¿La secuencia planteada es adecuada?   | 1            | 1 | 1 |  |
|                       | 15 No es necesario considerar otros campos  | 1            | 1 | 1 |  |

44

| CATEGORIAS:   |   |
|---------------|---|
| DE ACUERDO    | 1 |
| EN DESACUERDO | 0 |

Notaciones:

J: Número de observadores

X<sub>ik</sub>: Número de observadores que clasifican la observación "i" en la categoría "k"

Para determinar el valor observado:

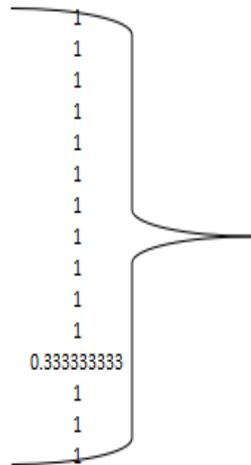
Se la matriz

|                   |   |   |   |     |     |   |
|-------------------|---|---|---|-----|-----|---|
| X <sub>ik</sub> = | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 2 | 1 | 2 | 0   | 0.1 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   | 3 | 0 | 6 | 0   | 0.3 | 6 |
|                   |   |   |   | 4.3 | 90  |   |

45

Reemplazando los valores en la fórmula 
$$P_o = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \frac{\sum_{k=1}^K X_{ik} (X_{ik} - 1)}{J_i (J_i - 1)}$$

A partir de la matriz Xik se obtienen los siguientes valores:



Valores que se reemplazaran en la formula:

$$\sum_{i=1}^{N_c} \frac{\sum_{k=1}^K X_{ik}(X_{ik} - 1)}{J_i(J_i - 1)}$$

$$\sum_{i=1}^{N_c} \frac{\sum_{k=1}^K X_{ik}(X_{ik} - 1)}{J_i(J_i - 1)} = 14.33333333$$

$N_c = 15$

|          |   |
|----------|---|
| $P_{0c}$ | 1 |
|----------|---|

Para determinar el valor esperado:

Reemplazando los valores de  $P_j(k)$  en la fórmula: 
$$P_e = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \frac{2}{J_i(J_i - 1)} \frac{2}{J(J - 1)} \sum_{m>l}^J \sum_{l=1}^J \sum_{k=1}^K P_j(k) P_m(k)$$

|          |           |          |          |             |
|----------|-----------|----------|----------|-------------|
| $P_1(1)$ | $P_2(1)$  | $P_3(1)$ | $P_4(1)$ | $P_5(1)$    |
| 1        | 0.9333333 | 1        | 0        | 0.000000000 |
| $P_1(2)$ | $P_2(2)$  | $P_3(2)$ | $P_4(2)$ | $P_5(2)$    |
| 0        | 0.0666667 | 0        | 1        | 1           |

$$\sum_{m>l}^J \sum_{l=1}^J \sum_{k=1}^K P_j(k) P_m(k) = 4 \quad 0.3230769$$

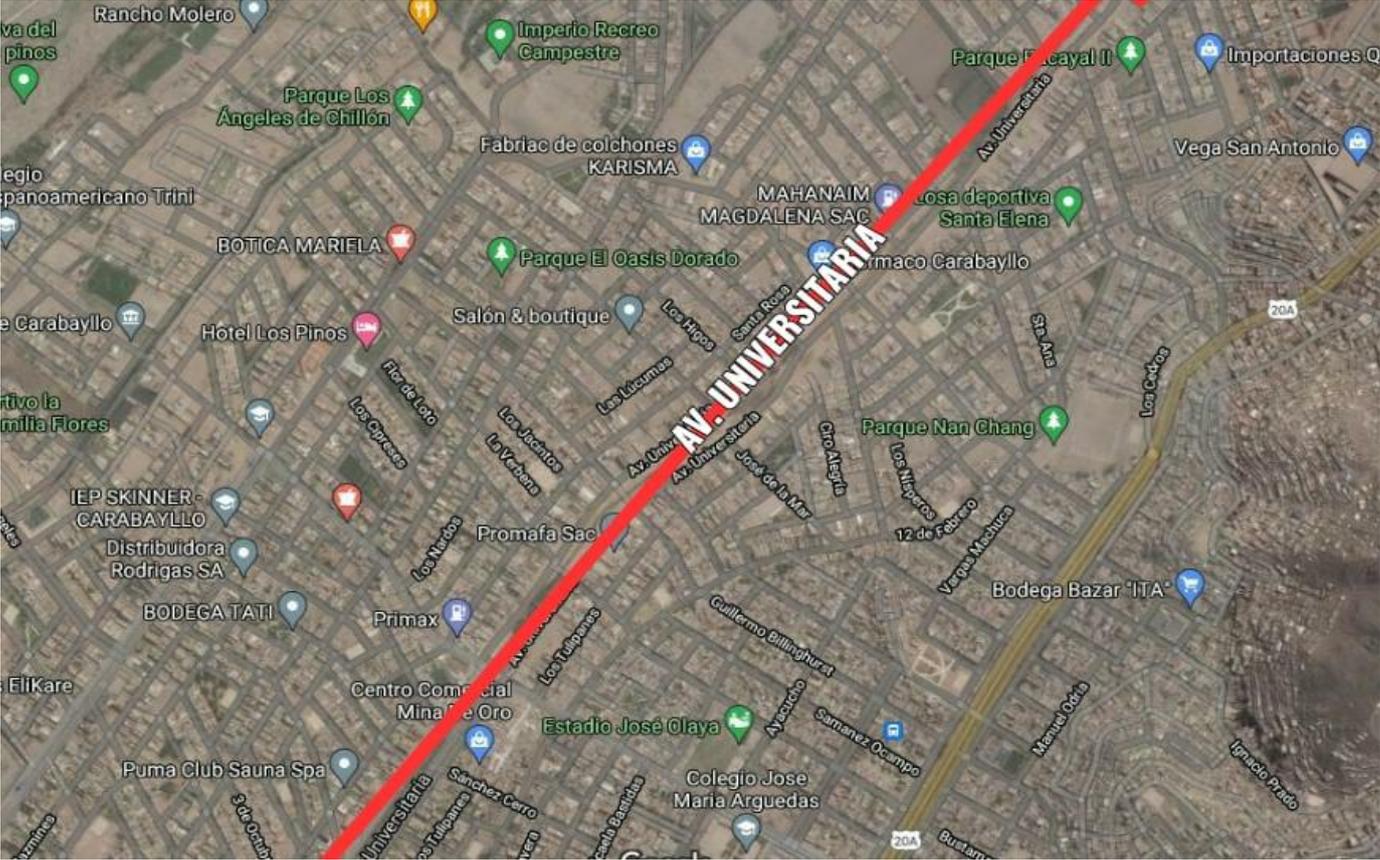
$$P_e = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} \frac{2}{J_i(J_i - 1)} \sum_{m>l}^J \sum_{l=1}^J \sum_{k=1}^K P_j(k) P_m(k) = 0.323076923$$

|         |                |
|---------|----------------|
| $P_e =$ | <b>0.64459</b> |
|---------|----------------|

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} = 0.874948807$$

# ANEXO 06: MAPAS Y PLANOS

L1: Plano de ubicación



## ANEXO 07: PANEL FOTOGRÁFICO



Descripción fotográfica: Este es el tramo que se consideró para llevar a cabo la investigación, ubicado entre el cruce de la Av. Universita y la Av. Manuel Prado del Distrito de Carabaylo.



Imagen de la toma de muestra calicata N°1 en el cruce de la avenida Universitaria con la Av. Manuel Prado del distrito de Carabaylo.



Imagen de la toma de muestra calicata N°2 en el cruce de la avenida Universitaria con la Av. Manuel Prado del distrito de Carabaylo

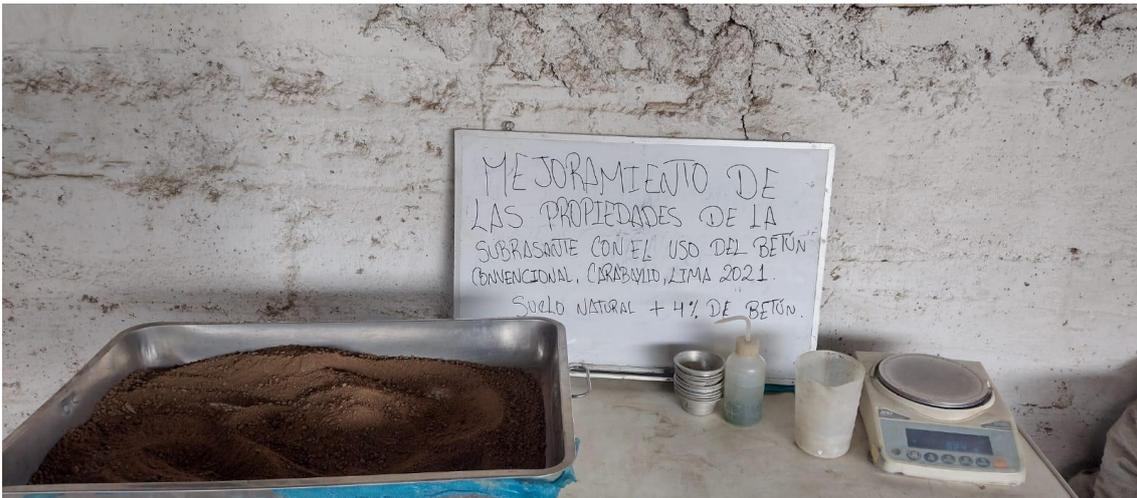


Imagen del suelo Natural con la incorporación del 4% de betún convencional



Imagen del Suelo Natural con la incorporación del 8% del betún convencional



Imagen de la incorporación del betún convencional con las dosificaciones planteadas.

## ANEXO 09: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Acreditación a:

**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**

**Laboratorio de Calibración**

En su sede ubicada en: Sector 1, Grupo 10, Mz M Lote 23, distrito Villa El Salvador, provincia Lima, departamento Lima.

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-OSP-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 09 de abril de 2019.  
Fecha de Vencimiento: 08 de abril de 2022.



**ESTELA CONTERAS JUGO**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 223-2019-INACAL/DA  
Contrato N° : 006-2019-INACAL/DA  
Registro N° : LC - 033

Fecha de emisión: 12 de abril de 2019

**Laboratorio Acreditado por el Inacal - LC\_ 033**



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 1223 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : T 282-2020  
Fecha de Emisión : 2020-10-21

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PRO. EL ALAMO MZA. PZ LOTE. 19 COO. POL VIPOL - COMAS - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 200

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : ELE INTERNATIONAL

Serie : 173210117

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde deponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISION S.A.C.  
20 - OCTUBRE - 2020

4. Método de Calibración  
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

| INSTRUMENTO          | MARCA  | CERTIFICADO      | TRAZABILIDAD |
|----------------------|--------|------------------|--------------|
| RETICULA DE MEDICION | INSIZE | LLA - 099 - 2019 | INACAL - DM  |

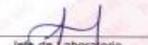
6. Condiciones Ambientales

|                | INICIAL | FINAL |
|----------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 23.2    | 23.3  |
| Humedad %      | 59      | 59    |

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISION S.A.C.
- (\*) La desviación estándar encontrada no excede a la desviación estándar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

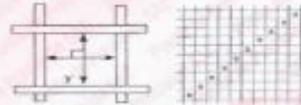
# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 1223 - 2020

Página : 2 de 2

## 8. Resultados

| MEDIDAS TOMADAS |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PROMEDIO | ESTÁNDAR | ERROR | (*)  |      |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----------|-------|------|------|
| μm              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |          |       | μm   | μm   |
| 74              | 78 | 81 | 74 | 81 | 72 | 74 | 82 | 75 | 74 | 77       | 75       | 2     | 9,02 | 3,39 |
| 82              | 72 | 75 | 78 | 75 | 74 | 82 | 78 | 74 | 77 |          |          |       |      |      |
| 78              | 74 | 72 | 74 | 74 | 82 | 78 | 74 | 74 | 78 |          |          |       |      |      |
| 82              | 78 | 78 | 74 | 82 | 81 | 74 | 72 | 81 | 77 |          |          |       |      |      |
| 81              | 74 | 82 | 74 | 78 | 82 | 72 | 78 | 81 | 81 |          |          |       |      |      |
| 78              | 72 | 74 | 82 | 81 | 74 | 81 | 74 | 81 | 75 |          |          |       |      |      |
| 78              | 78 | 81 | 78 | 78 | 74 | 72 | 81 | 74 | 74 |          |          |       |      |      |
| 74              | 78 | 74 | 72 | 78 | 72 | 78 | 78 | 82 | 74 |          |          |       |      |      |
| 74              | 72 | 81 | 81 | 74 | 72 | 78 | 77 | 81 | 72 |          |          |       |      |      |
| 72              | 78 | 74 | 72 | 81 | 77 | 82 | 74 | 81 | 74 |          |          |       |      |      |
| 81              | 81 | 78 | 75 | 78 | 74 | 81 | 75 | 74 | 82 |          |          |       |      |      |
| 74              | 78 | 74 | 78 | 78 | 82 | 74 | 78 | 81 | 74 |          |          |       |      |      |
| 72              | 82 | 78 | 72 | 81 | 81 | 82 | 75 | 78 | 72 |          |          |       |      |      |
| 75              | 78 | 82 | 81 | 74 | 77 | 74 | 74 | 77 | 74 |          |          |       |      |      |
| 74              | 82 | 72 | 72 | 78 | 78 | 78 | 81 | 78 | 72 |          |          |       |      |      |
| 77              | 78 | 78 | 74 | 72 | 81 | 77 | 72 | 77 | 78 |          |          |       |      |      |
| 74              | 74 | 72 | 78 | 74 | 78 | 74 | 77 | 81 | 76 |          |          |       |      |      |
| 72              | 82 | 78 | 72 | 74 | 74 | 81 | 78 | 77 | 81 |          |          |       |      |      |
| 72              | 78 | 82 | 74 | 78 | 82 | 75 | 78 | 74 | 74 |          |          |       |      |      |
| 74              | 72 | 78 | 78 | 81 | 78 | 74 | 78 | 74 | 74 |          |          |       |      |      |
| 74              | 81 | 81 | 75 | 78 | 81 | 81 | 75 | 82 | 81 |          |          |       |      |      |
| 72              | 74 | 72 | 74 | 74 | 72 | 78 | 81 | 74 | 81 |          |          |       |      |      |
| 77              | 78 | 74 | 75 | 74 | 78 | 72 | 74 | 81 | 74 |          |          |       |      |      |
| 74              | 81 | 82 | 78 | 81 | 81 | 72 | 82 | 81 | 72 |          |          |       |      |      |
| 78              | 78 | 81 | 81 | 75 | 74 | 74 | 81 | 72 | 78 |          |          |       |      |      |
| 82              | 78 | 72 | 74 | 81 | 72 | 72 | 74 | 74 | 78 |          |          |       |      |      |
| 74              | 72 | 78 | 81 | 78 | 81 | 78 | 82 | 74 | 81 |          |          |       |      |      |
| 74              | 81 | 72 | 81 | 81 | 74 | 81 | 72 | 78 | 78 |          |          |       |      |      |
| 74              | 74 | 78 | 78 | 78 | 72 | 75 | 78 | 81 | 72 |          |          |       |      |      |
| 78              | 81 | 78 | 82 | 81 | 78 | 81 | 78 | 72 | 78 |          |          |       |      |      |



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 1226 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : T 282-2020  
Fecha de Emisión : 2020-10-21

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PRO.EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COO. POL VIPOL - COMAS - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 40

Diámetro de Tamiz : 8 pulg

Marca : DURHAMGEO

Serie : 40BS8F213265

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo, indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISION S.A.C.  
20 - OCTUBRE - 2020

4. Método de Calibración  
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

| INSTRUMENTO          | MARCA  | CERTIFICADO      | TRAZABILIDAD |
|----------------------|--------|------------------|--------------|
| RETICULA DE MEDICIÓN | INSIZE | LLA - 099 - 2019 | INACAL - DM  |

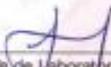
6. Condiciones Ambientales

|                | INICIAL | FINAL |
|----------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 23,5    | 23,6  |
| Humedad %      | 61      | 61    |

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estándar encontrada no excede a la desviación estándar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Losyza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

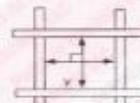
# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 1226 - 2020

Página : 2 de 2

## 8. Resultados

| MEDIDAS TOMADAS |     |     |     |     |     |     |     |     |     | PROMEDIO | ESTÁNDAR | ERROR | (*)   |      |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|----------|-------|-------|------|
| μm              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |          |       | μm    | μm   |
| μm              |     |     |     |     |     |     |     |     |     | μm       | μm       | μm    | μm    | μm   |
| 426             | 428 | 427 | 426 | 431 | 425 | 425 | 431 | 431 | 432 | 428      | 425      | 3     | 25,08 | 2,35 |
| 429             | 425 | 427 | 432 | 431 | 432 | 426 | 427 | 431 | 425 |          |          |       |       |      |
| 425             | 427 | 426 | 427 | 428 | 425 | 431 | 426 | 426 | 427 |          |          |       |       |      |
| 431             | 425 | 426 | 432 | 425 | 432 | 432 | 428 | 429 | 425 |          |          |       |       |      |
| 426             | 429 | 431 | 425 | 429 | 431 | 426 | 432 | 429 | 431 |          |          |       |       |      |
| 429             | 430 | 425 | 430 | 427 | 425 | 427 | 431 | 428 | 427 |          |          |       |       |      |
| 431             | 427 | 431 | 431 | 426 | 430 | 426 | 431 | 427 | 426 |          |          |       |       |      |
| 428             | 427 | 428 | 431 | 427 | 426 | 432 | 427 | 431 | 425 |          |          |       |       |      |
| 427             | 429 | 431 | 432 | 425 | 431 | 428 | 427 | 429 | 427 |          |          |       |       |      |
| 428             | 426 | 426 | 432 | 430 | 427 | 427 | 431 | 425 | 427 |          |          |       |       |      |
| 432             | 429 | 431 | 431 | 425 | 427 | 425 | 432 | 430 | 431 |          |          |       |       |      |
| 426             | 427 | 427 | 426 | 429 | 430 | 426 | 426 | 425 | 430 |          |          |       |       |      |
| 425             | 431 | 426 | 427 | 427 | 432 | 430 | 427 | 427 | 427 |          |          |       |       |      |
| 431             | 432 | 429 | 427 | 428 | 429 | 427 | 425 | 430 | 431 |          |          |       |       |      |
| 432             | 427 | 431 | 430 | 427 | 426 | 426 | 426 | 429 | 426 |          |          |       |       |      |
| 426             | 432 | 425 | 431 | 431 | 429 | 431 | 431 | 427 | 428 |          |          |       |       |      |
| 432             | 431 | 426 | 429 | 428 | 426 | 430 | 428 | 430 | 432 |          |          |       |       |      |
| 425             | 425 | 429 | 428 | 425 | 432 | 429 | 425 | 429 | 429 |          |          |       |       |      |
| 428             | 427 | 429 | 428 | 431 | 426 | 429 | 427 | 431 | 431 |          |          |       |       |      |
| 426             | 429 | 430 | 427 | 425 | 431 | 425 | 429 | 425 | 431 |          |          |       |       |      |



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 471 - 2020

Página : 1 de 4

Expediente : T 292-2020  
Fecha de emisión : 2020-10-21

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PRO.EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COO. POL VIPOL -  
COMAS - LIMA

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : THOLZ  
Modelo del Equipo : PS-H1  
Serie del Equipo : 250  
Capacidad del Equipo : 80 L  
Código de identificación : NO INDICA

Marca de indicador : NO INDICA  
Modelo de indicador : NO INDICA  
Serie de indicador : NO INDICA  
Temperatura calibrada : 110 °C

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abejo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISION S.A.C.  
20 - OCTUBRE - 2020

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

| INSTRUMENTO        | MARCA   | CERTIFICADO   | TRAZABILIDAD |
|--------------------|---------|---------------|--------------|
| TERMOMETRO DIGITAL | APPLENT | 150-CT-T-2020 | INACAL - DM  |

6. Condiciones Ambientales

|                | INICIAL | FINAL |
|----------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 22.8    | 22.9  |
| Humedad %      | 61      | 61    |

7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 471 - 2020

Página : 2 de 4

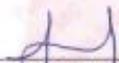
## CALIBRACIÓN PARA 110 °C

| Tiempo (min.) | Ind. ( °C )<br>Temperatura del equipo | TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN ( °C ) |       |       |       |       |                |       |       |       |       | T. prom ( °C ) | ΔTMax. - TMin. ( °C ) |
|---------------|---------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|-----------------------|
|               |                                       | NIVEL INFERIOR                                   |       |       |       |       | NIVEL SUPERIOR |       |       |       |       |                |                       |
|               |                                       | 1  | 2     | 3     | 4     | 5     | 6              | 7     | 8     | 9     | 10    |                |                       |
| 0             | 110,0                                 | 109,5  | 110,7 | 109,7 | 110,5 | 110,8 | 110,8          | 111,3 | 111,4 | 111,5 | 110,2 | 110,6          | 2,0                   |
| 2             | 110,0                                 | 109,7  | 110,5 | 109,8 | 110,2 | 110,7 | 110,4          | 111,8 | 111,5 | 111,2 | 110,4 | 110,6          | 2,1                   |
| 4             | 110,1                                 | 109,8  | 110,6 | 109,6 | 110,6 | 110,8 | 110,8          | 111,4 | 111,2 | 111,4 | 110,6 | 110,7          | 1,8                   |
| 6             | 110,0                                 | 109,4  | 110,8 | 109,7 | 110,4 | 110,8 | 110,3          | 111,8 | 111,8 | 111,2 | 110,4 | 110,7          | 2,4                   |
| 8             | 110,0                                 | 109,6  | 110,9 | 109,8 | 110,5 | 110,9 | 110,7          | 111,2 | 111,6 | 111,2 | 110,8 | 110,7          | 2,0                   |
| 10            | 110,0                                 | 109,7  | 110,7 | 109,8 | 110,5 | 110,9 | 110,8          | 111,1 | 111,2 | 111,4 | 110,6 | 110,7          | 1,7                   |
| 12            | 110,0                                 | 109,4  | 110,3 | 109,6 | 110,6 | 110,8 | 110,5          | 111,6 | 111,4 | 111,6 | 110,4 | 110,6          | 2,2                   |
| 14            | 110,0                                 | 109,8  | 110,9 | 109,3 | 110,4 | 110,7 | 110,2          | 111,2 | 111,8 | 111,2 | 110,6 | 110,6          | 2,5                   |
| 16            | 110,3                                 | 109,4  | 110,7 | 109,7 | 110,2 | 110,3 | 110,4          | 111,1 | 111,1 | 111,2 | 110,4 | 110,5          | 1,8                   |
| 18            | 110,2                                 | 109,3  | 110,4 | 109,8 | 110,3 | 110,5 | 110,8          | 111,5 | 111,6 | 111,1 | 110,3 | 110,6          | 2,3                   |
| 20            | 110,0                                 | 109,7  | 110,5 | 109,7 | 110,5 | 110,5 | 110,4          | 111,1 | 111,2 | 111,6 | 110,2 | 110,5          | 1,9                   |
| 22            | 110,0                                 | 109,8  | 110,8 | 109,6 | 110,4 | 110,6 | 110,8          | 111,6 | 111,4 | 111,4 | 110,4 | 110,7          | 2,0                   |
| 24            | 110,0                                 | 109,2  | 110,7 | 109,7 | 110,5 | 110,4 | 110,6          | 111,2 | 111,8 | 111,2 | 110,5 | 110,6          | 2,6                   |
| 26            | 110,1                                 | 109,5  | 110,6 | 109,8 | 110,5 | 110,8 | 110,7          | 111,3 | 111,4 | 111,1 | 110,2 | 110,6          | 1,9                   |
| 28            | 110,0                                 | 109,8  | 110,9 | 109,4 | 110,8 | 110,6 | 110,7          | 111,4 | 111,8 | 111,3 | 110,4 | 110,7          | 2,4                   |
| 30            | 110,0                                 | 109,4  | 110,7 | 109,6 | 110,8 | 110,8 | 110,8          | 111,2 | 111,3 | 111,2 | 110,2 | 110,6          | 1,9                   |
| 32            | 110,3                                 | 109,8  | 110,8 | 109,8 | 110,5 | 110,4 | 110,6          | 111,4 | 111,4 | 111,1 | 110,4 | 110,6          | 1,8                   |
| 34            | 110,2                                 | 109,7  | 110,6 | 109,6 | 110,6 | 110,8 | 110,8          | 111,5 | 111,5 | 111,1 | 110,6 | 110,7          | 1,9                   |
| 36            | 110,1                                 | 109,4  | 110,8 | 109,8 | 110,7 | 110,8 | 110,7          | 111,4 | 111,1 | 111,2 | 110,4 | 110,6          | 2,0                   |
| 38            | 110,0                                 | 109,8  | 110,9 | 109,7 | 110,6 | 110,6 | 110,8          | 111,8 | 111,1 | 111,2 | 110,2 | 110,7          | 2,1                   |
| 40            | 110,0                                 | 109,8  | 110,9 | 109,2 | 110,5 | 110,1 | 110,8          | 111,1 | 111,6 | 111,1 | 110,7 | 110,6          | 2,4                   |
| 42            | 110,3                                 | 109,6  | 110,7 | 109,8 | 110,2 | 110,5 | 110,7          | 111,2 | 111,4 | 111,8 | 110,2 | 110,6          | 2,0                   |
| 44            | 110,1                                 | 109,8  | 110,8 | 109,6 | 110,6 | 110,8 | 110,9          | 111,8 | 111,3 | 111,5 | 110,2 | 110,7          | 2,0                   |
| 46            | 110,0                                 | 109,8  | 110,7 | 109,4 | 110,4 | 110,8 | 110,8          | 111,4 | 111,5 | 111,4 | 110,6 | 110,7          | 2,1                   |
| 48            | 110,1                                 | 109,9  | 110,8 | 109,7 | 110,6 | 110,8 | 110,4          | 111,2 | 111,1 | 111,2 | 110,8 | 110,7          | 1,5                   |
| 50            | 110,0                                 | 109,7  | 110,7 | 109,7 | 110,8 | 110,6 | 110,8          | 111,6 | 111,8 | 111,3 | 110,1 | 110,7          | 2,1                   |
| 52            | 110,0                                 | 109,7  | 110,9 | 109,8 | 110,6 | 110,9 | 110,9          | 111,1 | 111,4 | 111,1 | 110,2 | 110,7          | 1,7                   |
| 54            | 110,0                                 | 109,8  | 110,5 | 109,8 | 110,9 | 110,8 | 110,7          | 111,3 | 111,6 | 111,2 | 110,6 | 110,7          | 1,8                   |
| 56            | 110,0                                 | 109,8  | 110,8 | 109,7 | 110,7 | 110,4 | 110,9          | 111,1 | 111,7 | 111,2 | 110,8 | 110,7          | 2,0                   |
| 58            | 110,0                                 | 109,9  | 110,7 | 109,8 | 110,8 | 110,8 | 110,7          | 111,4 | 111,6 | 111,8 | 110,4 | 110,8          | 2,0                   |
| 60            | 110,0                                 | 109,8  | 110,9 | 109,7 | 110,4 | 110,7 | 110,4          | 111,8 | 111,7 | 111,9 | 110,6 | 110,8          | 2,2                   |
| T. PROM       | 110,1                                 | 109,7  | 110,7 | 109,7 | 110,5 | 110,7 | 110,7          | 111,4 | 111,5 | 111,3 | 110,4 | 110,6          |                       |
| T. MAX        | 110,3                                 | 109,9  | 110,9 | 109,8 | 110,9 | 110,9 | 110,9          | 111,8 | 111,8 | 111,9 | 110,8 | 110,8          |                       |
| T. MIN        | 110,0                                 | 109,2  | 110,3 | 109,2 | 110,2 | 110,1 | 110,2          | 111,1 | 111,1 | 111,1 | 110,1 | 110,1          |                       |
| DTT           | 0,3                                   | 0,7  | 0,6   | 0,6   | 0,7   | 0,8   | 0,7            | 0,7   | 0,7   | 0,8   | 0,7   | 0,7            |                       |

| Parámetro                               | Valor ( °C ) | Incertidumbre Expandida ( °C ) |
|---|--------------|--------------------------------|
| Máxima Temperatura Medida               | 111,9        | 0,4                            |
| Mínima Temperatura Medida               | 109,2        | 0,5                            |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo  | 0,8          | 0,2                            |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 1,8          | 0,3                            |
| Estabilidad Medía ( ± )                 | 0,4          | 0,02                           |
| Uniformidad Medía                       | 2,7          | 0,1                            |

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición  
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.  
La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k =2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Lúis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



# ANEXO 10: RESULTADOS DE LABORATORIO



Consultoría en Geotecnia, Geología  
Geofísica, Topografía, Pavimentación  
y Servicio de Laboratorio de Suelo  
Cantera, Concreto y Asfalto

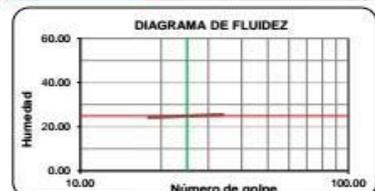
## INFORME DE ENSAYO

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO |  |                    |   |
|--|--|--------------------|---|
| SOLICITANTE  | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe  | EXPEDIENTE N°      | : 288-2021/LAB GECAT  |
|  |  |                    | : INGENIERIA SAC  |
| PROYECTO   | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021 | FECHA DE RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021  |
|  |  | UBICACIÓN          | : Av. Manuel Prado con la Av. Urubusuma, traza en primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Urubusuma ubicada en |

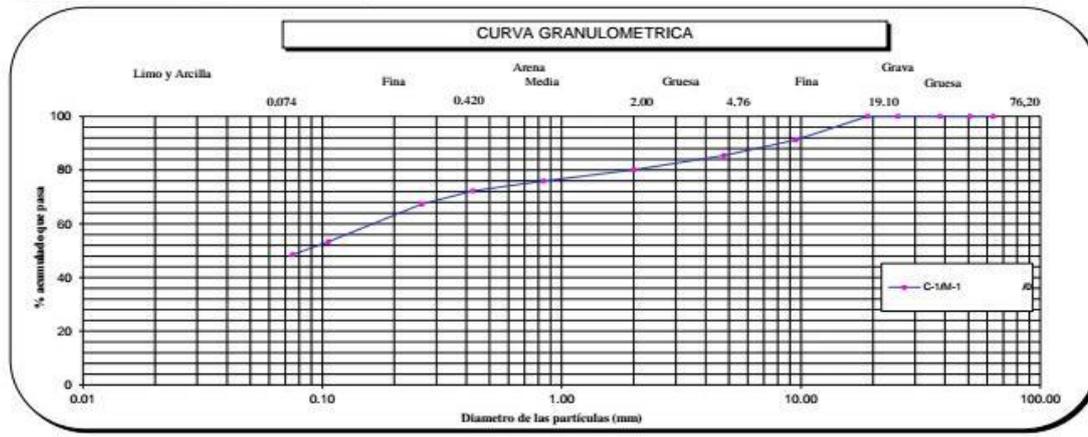
| REFERENCIA DE LA MUESTRA |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| IDENTIFICACIÓN           | : C-1M-1                   |
| PRESENTACIÓN             | : 01 Costal de polietileno |
| PROFUNDIDAD              | : 0.00                     |
| CANTIDAD                 | : 5 kg aprox.              |

|             |  |
|-------------|--|
| NTP 339.128 | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO |
|-------------|--|

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) | Malla    |               | Peso retenido | % Retenido | % Retenido acumulado | % Que pasa |  |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----------|---------------|---------------|------------|----------------------|------------|--|
|                                      |                                   | N°       | Abertura (mm) |               |            |                      |            |  |
|                                      |                                   | 3"       | 76.200        | 0.0           | 0.0        | 0.0                  | 100.0      | <b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b><br><br>ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"<br>Grava (Ret N° 4) : 14.6 %<br>Arena : 37.0 %<br>Fino (Pas. N° 200) : 48.5 %<br><br>NTP 339.127, "Contenido de Humedad"<br>Cont. De humedad : 10.72 %<br><br>NTP 339.129 "Límites de Atterberg"<br>Límite Líquido (L.L.) : 24.88<br>Límite Plástico (L.P.) : 17.54<br>Índice Plástico (I.P.) : 7.34<br><br>NTP 339.134 , "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)<br><br>SC<br>Arena arcillosa<br><br>ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)<br>A-4<br><br>Descripción (AASHTO)<br>REG-MALO |
|                                      |                                   | 2 1/2"   | 63.500        | 0.0           | 0.0        | 0.0                  | 100.0      |  |
|                                      |                                   | 2 "      | 50.800        | 0.0           | 0.0        | 0.0                  | 100.0      |  |
|                                      |                                   | 1 1/2 "  | 38.100        | 0.0           | 0.0        | 0.0                  | 100.0      |  |
|                                      |                                   | 1 "      | 25.400        | 0.0           | 0.0        | 0.0                  | 100.0      |  |
|                                      |                                   | 3/4"     | 19.000        | 0.0           | 0.0        | 0.0                  | 100.0      |  |
|                                      |                                   | 3/8"     | 9.500         | 29.6          | 8.8        | 8.8                  | 91.2       |  |
|                                      |                                   | N° 4     | 4.760         | 19.5          | 5.8        | 14.6                 | 85.4       |  |
|                                      |                                   | N° 10    | 2.000         | 18.1          | 5.4        | 19.9                 | 80.1       |  |
|                                      |                                   | N° 20    | 0.840         | 14.0          | 4.1        | 24.1                 | 75.9       |  |
|                                      |                                   | N° 40    | 0.425         | 12.6          | 3.7        | 27.8                 | 72.2       |  |
|                                      |                                   | N° 60    | 0.260         | 16.5          | 4.9        | 32.7                 | 67.3       |  |
|                                      |                                   | N° 140   | 0.106         | 47.3          | 14.0       | 46.7                 | 53.3       |  |
|                                      |                                   | N° 200   | 0.075         | 16.4          | 4.9        | 51.5                 | 48.5       |  |
|                                      |                                   | - N° 200 | ASTM D 1140   | -             | 48.5       | 100.0                | -          |  |



**OBSERVACIONES:**  
 - Muestra tomada e identificada por personal de laboratorio.  
 - Ensayo efectuado al suelo natural.  
 - El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Fecha de emisión : Lima, 17 de Setiembre del 2021 Tec.: T.G.A.  
Rev.: C.G.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Análisis granulométrico de la calicata N°1

### INFORME DE ENSAYO

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO |  |                 |  |
|--|--|-----------------|--|
| SOLICITANTE  | : Sra Maideth Lizbeth Quipe Quipe  | EXPEDIENTE      | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC  |
| PROYECTO   | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayillo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021   |
|  |  | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayillo |
| REFERENCIA DE LA MUESTRA   |  |                 |  |
| IDENTIFICACION   | : C-1/M-1  | PRESENTACION    | : 01 Costal de polietileno   |
| PROFUNDIDAD  | : 0  | CANTIDAD        | : 5 kg aprox.  |
| <b>NTP 339.127</b>   | <b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO</b>  |                 |  |
| DENOMINACIÓN   | CONTENIDO DE HUMEDAD   |                 |  |
|  | E - 1  | E - 2           |  |
| Cápsula N°   | 122.0  | 211.0           |  |
| Peso tara + suelo húmedo (g)                                     | 412.8  | 457.5           |  |
| Peso tara + suelo seco (g)                                       | 379.2  | 419.1           |  |
| Peso del Agua (g)  | 33.6   | 38.4            |  |
| Peso de la tara (g)  | 64.6   | 62.2            |  |
| Peso del suelo seco (g)  | 314.6  | 356.9           |  |
| Contenido de Humedad (RESULTADO) (%)                             | 10.68  | 10.76           |  |
|  | <b>10.72</b>   |                 |  |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al agregado global natural.

Determinación del óptimo contenido de humedad de la calicata N°1

### INFORME DE ENSAYO

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO      |  |                 |  |
|---|--|-----------------|--|
| SOLICITANTE   | : Sra Maideth Lizbeth Quipe Quipe  | EXPEDIENTE      | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC  |
| PROYECTO  | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayillo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021   |
|   |  | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayillo |
| REFERENCIA DE LA MUESTRA  |  |                 |  |
| IDENTIFICACION  | : C-1/M-1  | PRESENTACION    | : 01 Costal de polietileno   |
| PROFUNDIDAD   | : 0  | CANTIDAD        | : 5 kg aprox.  |
| <b>ASTM D 1140<br/>MTC E 202</b>                                      | <b>METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES FINOS QUE PASAN EL TAMIZ DE 75µm (N 200) - SUELO</b>      |                 |  |
| DETERMINACION DEL PORCENTAJE PASANTE DEL TAMIZ N°200                  |  |                 |  |
| DESCRIPCION   | UNIDADES   | DATOS           |  |
| Peso de muestra utilizada seca al horno a 110±5 °C antes del Lavado   | (gr)   | 2525.3          |  |
| Peso de muestra utilizada seca al horno a 110±5 °C despues del lavado | (gr)   | 1701.0          |  |
| Material Pasante del Tamiz N° 200 por Lavado                          | (%)  | 48.5            |  |

**COMENTARIOS:**

- Para el desarrollo del Ensayo se empleo el Tamiz N° 200 (apertura 0.074 mm).

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Método de ensayo para determinar los materiales finos que pasan el tamiz N°200 de la calicata N°1

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

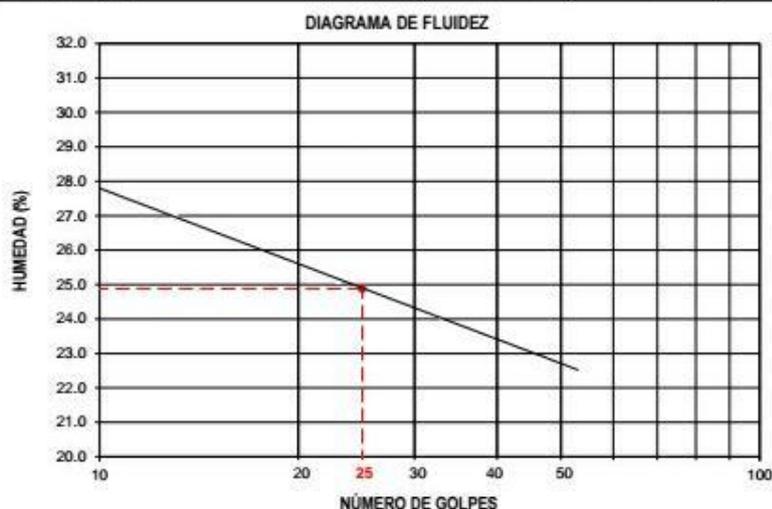
SOLICITANTE : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe EXPEDIENTE : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC  
 PROYECTO : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayillo, Lima 2021 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 13 de Setiembre del 2021  
 UBICACIÓN : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayillo

### REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-1/M-1 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno  
 PROFUNDIDAD : 0 CANTIDAD : 5 kg aprox.

### NTP 339.129 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAMIZ N°40)

| DESCRIPCIÓN                     | LÍMITE LÍQUIDO |       |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|
|                                 | 1              | 2     | 3     | 4     | 1               | 2     |
| Ensayo N°                       |                |       |       |       |                 |       |
| Cápsula N°                      | 192            | 67    | 18    | 277   | 172             | 83    |
| Peso cápsula + suelo húmedo (g) | 30.5           | 33.67 | 32.61 | 27.86 | 28.87           | 27.91 |
| Peso cápsula + suelo seco (g)   | 27.17          | 29.81 | 29.47 | 25.53 | 26.84           | 26.48 |
| Peso del Agua (g)               | 3.33           | 3.86  | 3.14  | 2.33  | 2.03            | 1.43  |
| Peso de la cápsula (g)          | 14.83          | 14.44 | 16.42 | 15.51 | 15.2            | 18.42 |
| Peso del suelo seco (g)         | 12.34          | 15.37 | 13.05 | 10.02 | 11.64           | 8.06  |
| Contenido de humedad (%)        | 27.0           | 25.1  | 24.1  | 23.3  | 17.4            | 17.7  |
| Número de golpes                | 13             | 23    | 33    | 42    |                 |       |



| RESULTADOS DE ENSAYOS                                  |       |
|--|-------|
| LÍMITE LÍQUIDO (%)                                     | 24.88 |
| LÍMITE PLÁSTICO (%)                                    | 17.54 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)                              | 7.34  |
| COMENTARIOS:   |       |
| - Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.  |       |
| - Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO". |       |
| OBSERVACION:   |       |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante.    |       |

Determinación del Límite líquido, Límite plástico y el índice de plasticidad de la calicata N°1

### INFORME DE ENSAYO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SOLICITANTE : Sra Maideth Lizbeth Quispe Ouspé EXPEDIENTE N° : 288-2021/LAB GECAT  
INGENIERIA SAC  
FECHA DE RECEPCION : Lima, 13 de Setiembre del 2021  
UBICACIÓN : Av. Manuel Prado con la Av. Universidad, Universidad de Lima

PROYECTO : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : C-2/M-1 PRESENTACIÓN : 01 Costal de polietileno  
CANTIDAD : 5 kg aprox.

**NTP 339.128 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

| Malla    | N°          | Abertura (mm) | Peso retenido | % Retenido | % Retenido acumulado | % Que pasa |
|----------|-------------|---------------|---------------|------------|----------------------|------------|
|          |             |               |               |            |                      |            |
| 2 1/2"   | 63.500      | 0.0           | 0.0           | 0.0        | 100.0                |            |
| 2"       | 50.800      | 0.0           | 0.0           | 0.0        | 100.0                |            |
| 1 1/2"   | 38.100      | 0.0           | 0.0           | 0.0        | 100.0                |            |
| 1"       | 25.400      | 0.0           | 0.0           | 0.0        | 100.0                |            |
| 3/4"     | 19.000      | 0.0           | 0.0           | 0.0        | 100.0                |            |
| 3/8"     | 9.500       | 0.0           | 0.0           | 0.0        | 100.0                |            |
| N° 4     | 4.760       | 0.0           | 0.0           | 0.0        | 100.0                |            |
| N° 10    | 2.000       | 0.3           | 0.2           | 0.2        | 99.8                 |            |
| N° 20    | 0.840       | 1.6           | 0.8           | 1.0        | 99.0                 |            |
| N° 40    | 0.425       | 5.4           | 2.8           | 3.8        | 96.2                 |            |
| N° 60    | 0.260       | 11.2          | 5.7           | 9.5        | 90.5                 |            |
| N° 140   | 0.106       | 33.6          | 17.3          | 26.8       | 73.2                 |            |
| N° 200   | 0.075       | 10.3          | 5.3           | 32.1       | 67.9                 |            |
| - N° 200 | ASTM D 1140 | -             | 67.9          | 100.0      | -                    |            |

**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"  
Grava (Ret N° 4) : 0.0 %  
Arena : 32.1 %  
Fino (Pas. N° 200) : 67.9 %

NTP 339.127, "Contenido de Humedad"  
Cont. De humedad : 13.75 %

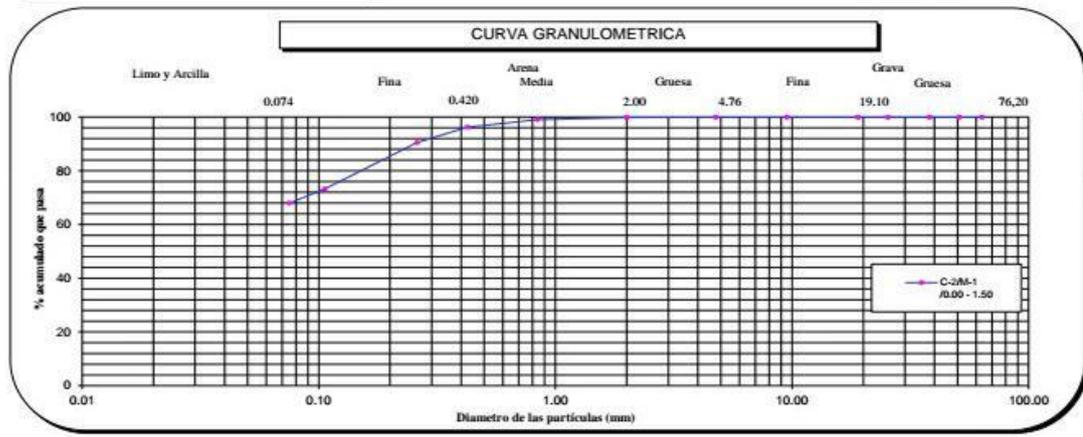
NTP 339.129 "Límites de Atterberg"  
Limite Líquido (L.L) : 25.19  
Limite Plástico (L.P) : 18.71  
Índice Plástico (I.P) : 6.48

NTP 339.134, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)  
CL - ML  
Arcilla limo arenoso de baja plasticidad

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)  
A-4  
Descripción (AASHTO)  
REG-MALO



**OBSERVACIONES:**  
- Muestra tomada e identificada por personal de laboratorio.  
- Ensayo efectuado al suelo natural.  
- El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Fecha de emisión : Lima, 17 de Setiembre del 2021  
Tec: T.G.A.  
Rev.: C.G.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

### Análisis granulométrico por tamizado de la calicata N°2

### INFORME DE ENSAYO

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO |  |                 |  |
|--|--|-----------------|--|
| SOLICITANTE  | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe  | EXPEDIENTE      | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC  |
| PROYECTO   | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021   |
|  |  | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabaylo |

| REFERENCIA DE LA MUESTRA |               |              |                            |
|--------------------------|---------------|--------------|----------------------------|
| IDENTIFICACION           | : C-2/M-1     | PRESENTACION | : 01 Costal de polietileno |
| PROFUNDIDAD              | : 0.00 - 1.50 | CANTIDAD     | : 5 kg aprox.              |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>NTP 339.127</b> | <b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO</b> |
|--------------------|---|

| DENOMINACIÓN                         | CONTENIDO DE HUMEDAD |       |
|--------------------------------------|----------------------|-------|
|                                      | E - 1                | E - 2 |
| Cápsula N°                           | 200.0                | 147.0 |
| Peso tara + suelo húmedo (g)         | 588.4                | 507.4 |
| Peso tara + suelo seco (g)           | 525.2                | 453.4 |
| Peso del Agua (g)                    | 63.2                 | 54.0  |
| Peso de la tara (g)                  | 64.6                 | 62.2  |
| Peso del suelo seco (g)              | 460.6                | 391.2 |
| Contenido de Humedad (RESULTADO) (%) | 13.71                | 13.79 |
|                                      | <b>13.75</b>         |       |

**OBSERVACIONES:**  
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.  
- Ensayo efectuado al agregado global natural.

Determinación del contenido de humedad de la calicata N°2

### INFORME DE ENSAYO

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO |  |                 |  |
|--|--|-----------------|--|
| SOLICITANTE  | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe  | EXPEDIENTE      | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC  |
| PROYECTO   | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021   |
|  |  | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabaylo |

| REFERENCIA DE LA MUESTRA |               |              |                            |
|--------------------------|---------------|--------------|----------------------------|
| IDENTIFICACION           | : C-2/M-1     | PRESENTACION | : 01 Costal de polietileno |
| PROFUNDIDAD              | : 0.00 - 1.50 | CANTIDAD     | : 5 kg aprox.              |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>ASTM D 1140<br/>MTC E 202</b> | <b>METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES FINOS QUE PASAN EL TAMIZ DE 75µm (N 200) - SUELO</b> |
|----------------------------------|---|

| DETERMINACION DEL PORCENTAJE PASANTE DEL TAMIZ N°200                  |          |             |
|---|----------|-------------|
| DESCRIPCION   | UNIDADES | DATOS       |
| Peso de muestra utilizada seca al horno a 110±5 °C antes del Lavado   | (gr)     | 1963.2      |
| Peso de muestra utilizada seca al horno a 110±5 °C despues del lavado | (gr)     | 1169.0      |
| Material Pasante del Tamiz N° 200 por Lavado                          | (%)      | <b>67.9</b> |

**COMENTARIOS:**  
-Para el desarrollo del Ensayo se empleo el Tamiz N° 200 (abertura 0.074 mm).

**OBSERVACIONES:**  
- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.  
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Método de ensayo para determinar los materiales finos que pasan el tamiz N°200 de la calicata N°2

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

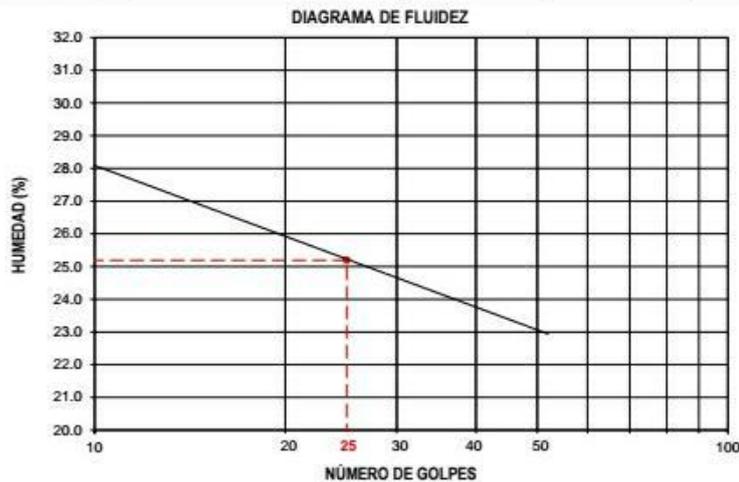
|             |  |                 |   |
|-------------|--|-----------------|---|
| SOLICITANTE | : Sra Maideth Libeth Quispe Quispe   | EXPEDIENTE      | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC   |
| PROYECTO    | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del<br>betón convencional, Carabayllo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021  |
|             |  | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el<br>cruce de la Av. Manuel Prado con la Av.<br>Universitaria ubicado en Carabayllo |

### REFERENCIA DE LA MUESTRA

|                |               |              |                            |
|----------------|---------------|--------------|----------------------------|
| IDENTIFICACION | : C-2/M-1     | PRESENTACION | : 01 Costal de polietileno |
| PROFUNDIDAD    | : 0.00 - 1.50 | CANTIDAD     | : 5 kg aprox.              |

### NTP 339.129 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAMIZ N°40)

| DESCRIPCIÓN                     | LÍMITE LÍQUIDO |       |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|
|                                 | 1              | 2     | 3     | 4     | 1               | 2     |
| Ensayo N°                       |                |       |       |       |                 |       |
| Cápsula N°                      | 61             | 173   | 67    | 137   | 52              | 136   |
| Peso cápsula + suelo húmedo (g) | 34.56          | 32.49 | 29.71 | 35.67 | 25.01           | 26.24 |
| Peso cápsula + suelo seco (g)   | 30.66          | 28.87 | 26.71 | 32.23 | 23.4            | 24.7  |
| Peso del Agua (g)               | 3.9            | 3.62  | 3     | 3.44  | 1.61            | 1.54  |
| Peso de la cápsula (g)          | 16.5           | 14.72 | 14.44 | 17.72 | 14.83           | 16.45 |
| Peso del suelo seco (g)         | 14.16          | 14.15 | 12.27 | 14.51 | 8.57            | 8.25  |
| Contenido de humedad (%)        | 27.5           | 25.6  | 24.4  | 23.7  | 18.8            | 18.7  |
| Número de golpes                | 12             | 22    | 32    | 41    |                 |       |



| RESULTADOS DE ENSAYOS   |       |
|---|-------|
| LÍMITE LÍQUIDO (%)  | 25.19 |
| LÍMITE PLÁSTICO (%)   | 18.71 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)   | 6.48  |
| COMENTARIOS:<br>- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.<br>- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO". |       |
| OBSERVACION:<br>- Muestra tomada e identificada por el solicitante.   |       |

Determinación del Límite líquido, Límite plástico y el índice de plasticidad de la calicata N°2

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

|             |   |                    |   |
|-------------|---|--------------------|---|
| SOLICITANTE | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe   | EXPEDIENTE         | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC   |
| PROYECTO    | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 | FECHA DE RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021  |
|             |   | UBICACIÓN          | : cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayllo |

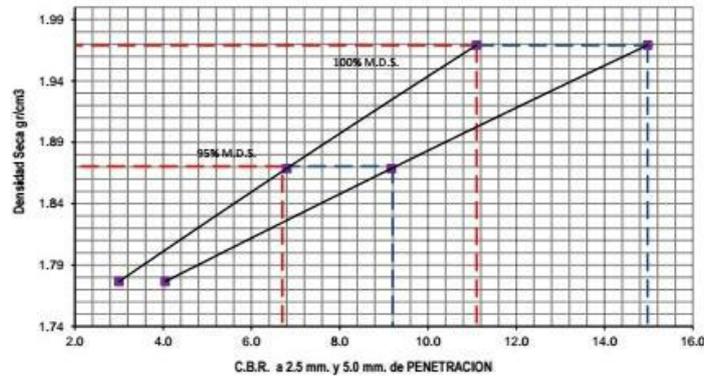
| REFERENCIA DE LA MUESTRA               | EQUIPO DE CBR  |
|--|--|
| IDENTIFICACIÓN : C-2M-1                | NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR                       |
| DESCRIPCIÓN : 0.00 - 1.50              | MARCA / MODELO : TAMEQUIPOS (Colombia)                         |
| PRESENTACIÓN : 02 Bolsa de polietileno | FACTOR DE CELDA : X = 0  |
| CANTIDAD : 50 kg aprox.                | AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg <sup>2</sup> ó 19.35cm <sup>2</sup> |

### ASTM D 1883 MTC E 132 CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA |        |  |         | EXPANSION |           |           |           |           |           |           |
|------------------------------------|--------|--|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pasante Tamiz 2"                   | 100.0% | Clasif. SUCS                               | CL - ML | Horas     | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion |
| Pasante Tamiz 3/4"                 | 100.0% | Clasif. AASTHO                             | A-4     | 00:00:00  | 0.024     | 0.000     | 0.035     | 0.000     | 0.012     | 0.000     |
| Pasante Tamiz 3/8"                 | 100.0% | Metodo utilizado                           | A       | 24:00:00  | 0.027     | 0.060     | 0.038     | 0.071     | 0.017     | 0.109     |
| Pasante Tamiz N°4                  | 100.0% | Maxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.969   | 48:00:00  | 0.030     | 0.120     | 0.042     | 0.142     | 0.022     | 0.219     |
| Límite Líquido (%)                 | 25.2   | Óptimo contenido humedad (%)               | 14.1    | 72:00:00  | 0.032     | 0.181     | 0.045     | 0.213     | 0.027     | 0.328     |
| Índice Plástico (%)                | 6.5    | Expansion (%)                              | 0.24    | 96:00:00  | 0.035     | 0.241     | 0.048     | 0.285     | 0.032     | 0.438     |

| CBR  | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 11.1             | 15               |
| 95%  | 6.7              | 9.2              |

GRAFICA CBR



**COMENTARIO:**

- Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Informe de ensayo de CBR del suelo natural

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

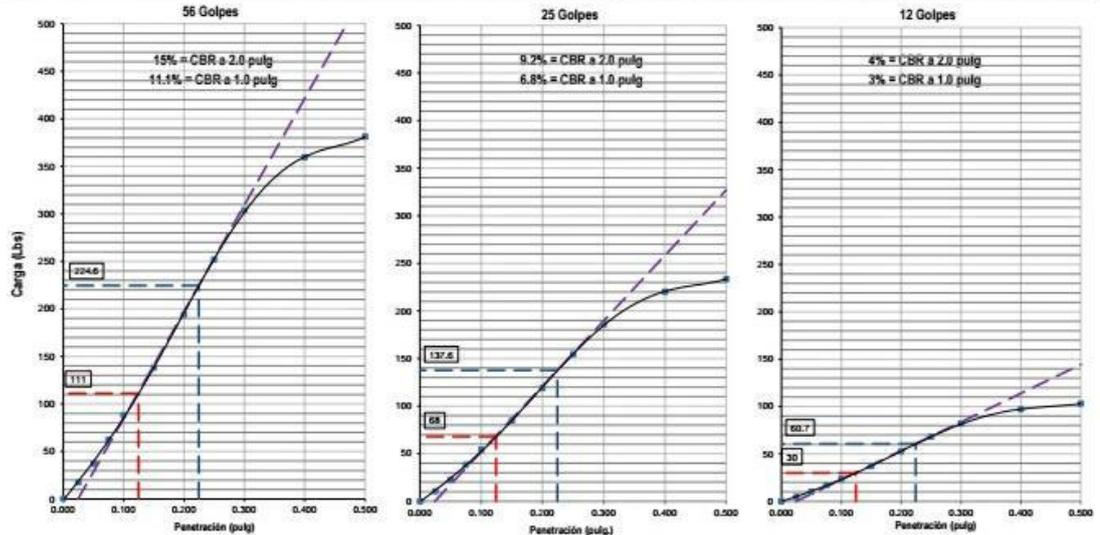
SOLICITANTE : Sra Makheth Lizbeth Quispe Quispe EXPEDIENTE N° : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC  
 PROYECTO : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betun convencional, Carabayllo, Lima 2021 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 13 de Setiembre del 2021  
 UBICACIÓN : la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayllo

REFERENCIA DE LA MUESTRA EQUIPO DE CBR  
 IDENTIFICACIÓN : C-2M-1 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR  
 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 MARCA / MODELO : TAMEQUIPOS (Colombia)  
 PRESENTACIÓN : 02 Bolsa de polietileno FACTOR DE CELDA : X + 0  
 CANTIDAD : 50 kg aprox. AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg2 ó 19.35cm2

ASTM D 1883  
MTC E 132

### CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| DESCRIPCION               | COMPACTACION DE ESPECIMENES |          |              |          |              |          | PENETRACION DE ESPECIMENES |                 |              |                |              |                |              |                |
|---------------------------|-----------------------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------------------------|-----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
|                           | M-21                        |          | M-47         |          | M-16         |          | Molde N°                   | M-21            |              | M-47           |              | M-16           |              |                |
| Condición de la Muestra:  | Seca                        | Saturada | Seca         | Saturada | Seca         | Saturada |                            | Penetra. (pulg) | Lec. Dial Lb | Carga Lb/pulg2 | Lec. Dial Lb | Carga Lb/pulg2 | Lec. Dial Lb | Carga Lb/pulg2 |
| N° Golpes por Capa        | 56 (5 Capas)                |          | 25 (5 Capas) |          | 12 (5 Capas) |          | 0.000                      | 0.0             | 0.0          | 0.0            | 0.0          | 0.0            | 0.0          |                |
| Peso Molde + Suelo Humedo | gr                          | 11769    | 11828        | 11518    | 11682        | 11229    | 11486                      | 0.025           | 51.7         | 17.2           | 31.7         | 10.6           | 14.0         | 4.7            |
| Peso del Molde            | gr                          | 7032     | 7032         | 7040.2   | 7040.2       | 7017     | 7017                       | 0.050           | 111.5        | 37.2           | 68.3         | 22.8           | 30.1         | 10.0           |
| Peso del Suelo Humedo     | gr                          | 4737     | 4796         | 4477.8   | 4641.8       | 4212     | 4469                       | 0.075           | 187.6        | 62.5           | 114.9        | 38.3           | 50.7         | 16.9           |
| Volumen del Molde         | cm <sup>3</sup>             | 2109     | 2109         | 2101.7   | 2101.7       | 2081     | 2081                       | 0.100           | 265.3        | 88.4           | 162.5        | 54.2           | 71.7         | 23.9           |
| Densidad Humeda           | gr/cm <sup>3</sup>          | 2.246    | 2.274        | 2.131    | 2.209        | 2.024    | 2.148                      | 0.150           | 414.5        | 138.2          | 253.9        | 84.6           | 112.0        | 37.3           |
| Densidad Seca             | gr/cm <sup>3</sup>          | 1.969    | 1.969        | 1.869    | 1.869        | 1.777    | 1.776                      | 0.200           | 582.1        | 194.0          | 356.6        | 118.9          | 157.3        | 52.4           |
| Tarro N°                  |                             | 518      | 550          | 529      | 443          | 413      | 296                        | 0.250           | 755.7        | 251.9          | 462.9        | 154.3          | 204.2        | 68.1           |
| Tarro + Suelo Humedo      | gr                          | 545.1    | 472.0        | 395.4    | 575.6        | 406.8    | 450.0                      | 0.300           | 911.2        | 303.7          | 558.2        | 186.1          | 246.3        | 82.1           |
| Tarro + Suelo Seco        | gr                          | 489.7    | 421.5        | 358.5    | 501.7        | 368.7    | 388.8                      | 0.400           | 1078.2       | 359.4          | 660.5        | 220.2          | 291.4        | 97.1           |
| Peso del Tarro            | gr                          | 95.5     | 95.5         | 95.5     | 95.5         | 95.5     | 95.5                       | 0.500           | 1143.5       | 381.2          | 700.5        | 233.5          | 309.1        | 103.0          |
| Contenido de Humedad      | %                           | 14.1     | 15.5         | 14.0     | 18.2         | 13.9     | 20.9                       |                 |              |                |              |                |              |                |



**COMENTARIO:**

- Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.  
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

Fecha de emisión : Lima, 17 de Setiembre del 2021

Tec.: T.G.A.  
 Rev.: C.G.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

## INFORME DE ENSAYO

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO |  |                 |   |
|--|--|-----------------|---|
| SOLICITANTE  | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe  | EXPEDIENTE      | : 268-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC   |
|  |  | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021  |
| PROYECTO   | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del<br>betun convencional, Carabayllo, Lima 2021 | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el<br>cruce de la Av. Manuel Prado con la Av.<br>Universitaria ubicado en Carabayllo |

| REFERENCIAS DE LA MUESTRA |               |              |                            |
|---------------------------|---------------|--------------|----------------------------|
| IDENTIFICACION            | : C-2/M-1     | PRESENTACION | : 02 Costal de polietileno |
| PROFUNDIDAD               | : 0.00 - 1.50 | CANTIDAD     | : 50 Kg. Aprox             |

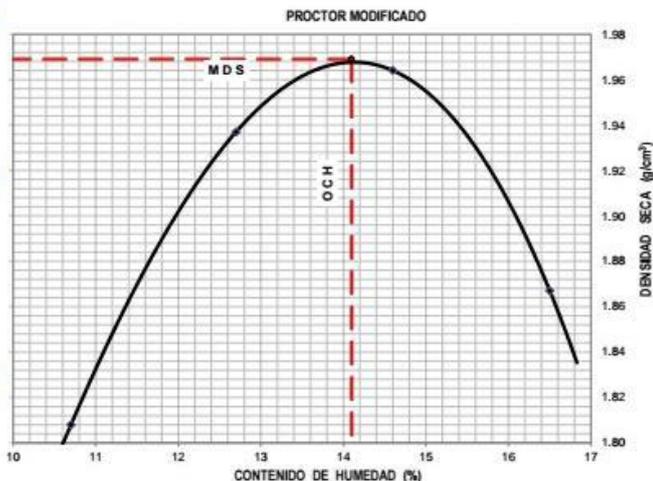
| ASTM D 1557<br>MTC E 115 | PROCTOR MODIFICADO |
|--------------------------|--------------------|
|--------------------------|--------------------|

| ITEM | DESCRIPCION               | UNIDAD             | ENSAYO |       |        |       |        |       |        |       |
|------|---------------------------|--------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|      |                           |                    | E-1    |       | E-2    |       | E-3    |       | E-4    |       |
| 1    | Peso Suelo Humedo + Molde | gr                 | 4062.0 |       | 4240.0 |       | 4308.0 |       | 4233.0 |       |
| 2    | Peso del Molde            | gr                 | 2085.2 |       | 2085.2 |       | 2085.2 |       | 2085.2 |       |
| 3    | Peso Suelo Humedo         | gr                 | 1976.8 |       | 2154.8 |       | 2222.8 |       | 2147.8 |       |
| 4    | Volumen del Molde         | cm <sup>3</sup>    | 987.3  |       | 987.3  |       | 987.3  |       | 987.3  |       |
| 5    | Densidad Suelo Humedo     | gr/cm <sup>3</sup> | 2.002  |       | 2.183  |       | 2.251  |       | 2.175  |       |
| 6    | Tarro N°                  | -                  | 207    | 129   | 124    | 363   | 45     | 168   | 31     | 41    |
| 7    | Peso Suelo Humedo + Tarro | gr                 | 575.6  | 485.1 | 681.4  | 521.5 | 660.9  | 633.1 | 510.1  | 537.4 |
| 8    | Peso Suelo Seco + Tarro   | gr                 | 526.8  | 445.0 | 620.6  | 472.4 | 593.8  | 561.7 | 456.1  | 474.2 |
| 9    | Peso del Tarro            | gr                 | 74.8   | 65.4  | 139.6  | 89.5  | 132.7  | 73.8  | 135.0  | 85.2  |
| 10   | Peso del Agua             | gr                 | 48.8   | 40.1  | 60.8   | 49.1  | 67.1   | 71.4  | 54.0   | 63.2  |
| 11   | Peso Suelo Seco           | gr                 | 452.0  | 379.6 | 481.0  | 382.9 | 461.1  | 487.9 | 321.1  | 389.0 |
| 12   | Contenido de Humedad      | %                  | 10.8   | 10.6  | 12.6   | 12.8  | 14.6   | 14.6  | 16.8   | 16.2  |
| 13   | Promedio de Humedad       | %                  |        | 10.7  |        | 12.7  |        | 14.6  |        | 16.5  |
| 14   | Densidad del Suelo Seco   | gr/cm <sup>3</sup> |        | 1.808 |        | 1.937 |        | 1.964 |        | 1.867 |

| DATOS DESARROLLO DE ENSAYO         |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| Altura de caída del pisón :        | 45.7 cm                    |
| Peso del Pisón                     | 4.5 Kg                     |
| Volumen del Molde                  | 987.25 gr/cm <sup>3</sup>  |
| N° de Capas                        | 5                          |
| Energía de Compactación Modificada | 27.4 kg-cm/cm <sup>3</sup> |
| Número de Golpes / Capa            | 25                         |

| GRADACION DE MUESTRA |                |          |
|----------------------|----------------|----------|
| Serie Americana      | Ret. Parc. (%) | Pasa (%) |
| 3"                   | 0.0            | 100.0    |
| 2"                   | 0.0            | 100.0    |
| 3/4"                 | 0.0            | 100.0    |
| 3/8"                 | 0.0            | 100.0    |
| N°4                  | 0.0            | 100.0    |
| <N°4                 | 100.0          | 0.0      |

| RESULTADO |                         |
|-----------|-------------------------|
| MÉTODO    | A                       |
| MDS       | 1.969 g/cm <sup>3</sup> |
| OCH       | 14.10 %                 |



DATO:  
- M.D.S. = Máxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES:  
- Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

Ensayo de Proctor modificado del Suelo Natural para la obtención del óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

|             |  |                    |  |
|-------------|--|--------------------|--|
| SOLICITANTE | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe  | EXPEDIENTE         | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC  |
| PROYECTO    | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021 | FECHA DE RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021   |
|             |  | UBICACIÓN          | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabaylo |

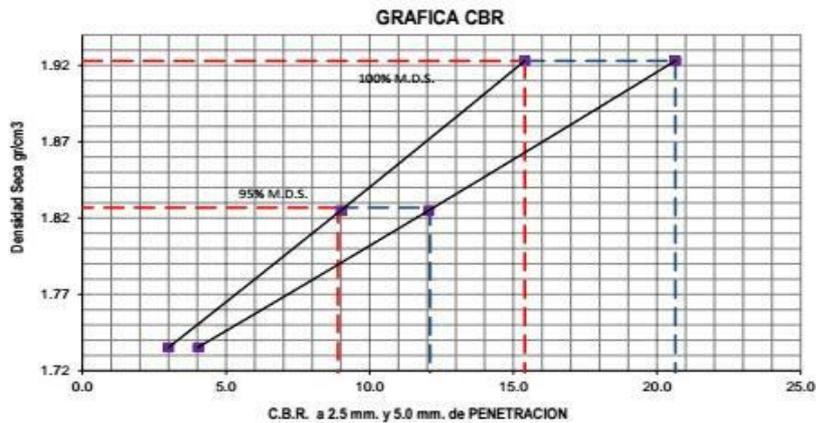
| REFERENCIA DE LA MUESTRA               | EQUIPO DE CBR  |
|--|--|
| IDENTIFICACIÓN : C-2M-1                | NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR                       |
| DESCRIPCIÓN : 0.00 - 1.50              | MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)                        |
| PRESENTACIÓN : 02 Bolsa de polietileno | FACTOR DE CELDA : X + 0  |
| CANTIDAD : 50 kg aprox.                | AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg <sup>2</sup> ó 19.35cm <sup>2</sup> |

### ASTM D 1883 MTC E 132

### CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA |        |  |         | EXPANSION |           |           |           |           |           |           |
|------------------------------------|--------|--|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pasante Tamiz 2"                   | 100.0% | Clasif. SUCS                               | CL - ML | Horas     | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion |
| Pasante Tamiz 3/4"                 | 100.0% | Clasif. AASTHO                             | A-4     | 00:00:00  | 0.035     | 0.000     | 0.014     | 0.000     | 0.022     | 0.000     |
| Pasante Tamiz 3/8"                 | 100.0% | Metodo utilizado                           | A       | 24:00:00  | 0.037     | 0.038     | 0.017     | 0.055     | 0.026     | 0.082     |
| Pasante Tamiz N°4                  | 100.0% | Maxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.923   | 48:00:00  | 0.039     | 0.077     | 0.019     | 0.109     | 0.030     | 0.164     |
| Limite Liquido (%)                 | 25.2   | Optimo contenido humedad (%)               | 13.6    | 72:00:00  | 0.040     | 0.115     | 0.022     | 0.164     | 0.033     | 0.246     |
| Indice Plastico (%)                | 6.5    | Expansion (%)                              | 0.15    | 96:00:00  | 0.042     | 0.153     | 0.024     | 0.219     | 0.037     | 0.328     |

| CBR  | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 15.4             | 20.6             |
| 95%  | 8.9              | 12.1             |



**COMENTARIO:**

- Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.  
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Informe de ensayo de CBR suelos del suelo + 4% del betún convencional

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

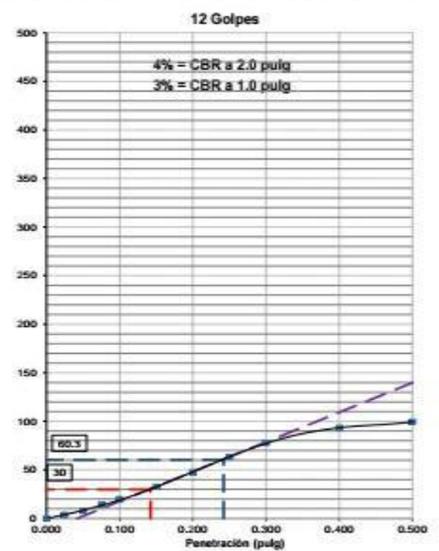
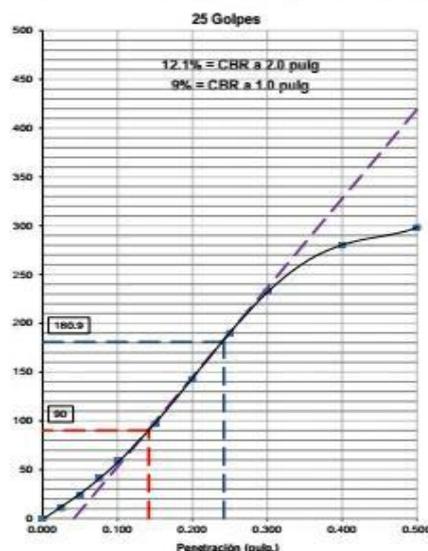
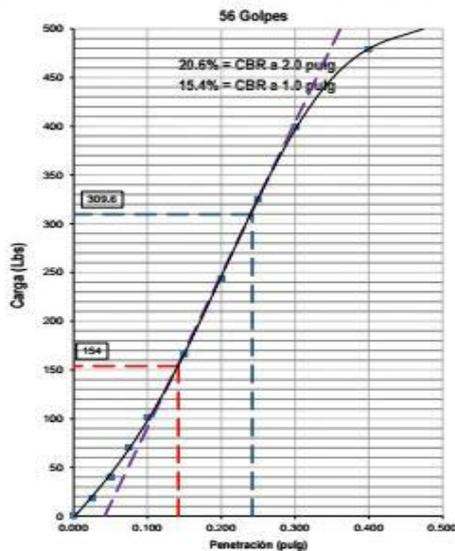
|             |   |                 |   |
|-------------|---|-----------------|---|
| SOLICITANTE | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe   | EXPEDIENTE N°   | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC   |
| PROYECTO    | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021  |
|             |   | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayllo |

| REFERENCIA DE LA MUESTRA               | EQUIPO DE CBR                            |
|--|--|
| IDENTIFICACIÓN : C-2/M-1               | NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR |
| PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50              | MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)  |
| PRESENTACIÓN : 02 Bolsa de polietileno | FACTOR DE CELDA : X + 0                  |
| CANTIDAD : 50 kg aprox.                | AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg2 ó 19.35cm2   |

ASTM D 1883  
MTC E 132

### CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| DESCRIPCION               | COMPACTACION DE ESPECIMENES |          |              |          |              |          | PENETRACION DE ESPECIMENES |                 |              |                |              |                |              |
|---------------------------|-----------------------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------------------------|-----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
|                           | M-46                        |          | M-37         |          | M-18         |          | Molde N°                   | M-46            |              | M-37           |              | M-18           |              |
| Condicion de la Muestra:  | Seca                        | Saturada | Seca         | Saturada | Seca         | Saturada |                            | Penetra. (pulg) | Lec. Dial Lb | Carga Lb/pulg2 | Lec. Dial Lb | Carga Lb/pulg2 | Lec. Dial Lb |
| N° Golpes por Capa        | 56 (5 Capas)                |          | 25 (5 Capas) |          | 12 (5 Capas) |          |                            |                 |              |                |              |                |              |
| Peso Molde + Suelo Humedo | gr                          | 11593    | 11695        | 11396    | 11527        | 11158    | 0.000                      | 0.0             | 0.0          | 0.0            | 0.0          | 0.0            | 0.0          |
| Peso del Molde            | gr                          | 7029.1   | 7029.1       | 7025.7   | 7025.7       | 7021     | 0.025                      | 54.7            | 18.2         | 31.9           | 10.6         | 10.6           | 3.5          |
| Peso del Suelo Humedo     | gr                          | 4563.9   | 4665.9       | 4370.3   | 4501.3       | 4137     | 0.050                      | 120.8           | 40.3         | 70.6           | 23.5         | 23.5           | 7.8          |
| Volumen del Molde         | cm <sup>3</sup>             | 2090.4   | 2090.4       | 2106.7   | 2106.7       | 2098     | 0.075                      | 211.5           | 70.5         | 123.6          | 41.2         | 41.2           | 13.7         |
| Densidad Humeda           | gr/cm <sup>3</sup>          | 2.183    | 2.232        | 2.074    | 2.137        | 1.972    | 0.100                      | 304.7           | 101.6        | 178.1          | 59.4         | 59.4           | 19.8         |
| Densidad Seca             | gr/cm <sup>3</sup>          | 1.923    | 1.923        | 1.825    | 1.825        | 1.735    | 0.150                      | 498.0           | 166.0        | 291.1          | 97.0         | 97.0           | 32.3         |
| Tarro N°                  |                             | 80       | 317          | 334      | 513          | 551      | 0.200                      | 731.7           | 243.9        | 427.6          | 142.5        | 142.5          | 47.5         |
| Tarro + Suelo Humedo      | gr                          | 497.2    | 519.9        | 475.2    | 532.8        | 497.6    | 0.250                      | 974.8           | 324.9        | 569.7          | 189.9        | 189.9          | 63.3         |
| Tarro + Suelo Seco        | gr                          | 449.3    | 461.2        | 429.6    | 469.0        | 449.4    | 0.300                      | 1196.6          | 398.9        | 699.3          | 233.1        | 233.1          | 77.7         |
| Peso del Tarro            | gr                          | 95.5     | 95.5         | 95.5     | 95.5         | 95.5     | 0.400                      | 1436.5          | 478.8        | 839.5          | 279.8        | 279.8          | 93.3         |
| Contenido de Humedad      | %                           | 13.5     | 16.1         | 13.7     | 17.1         | 13.6     | 0.500                      | 1531.7          | 510.6        | 895.1          | 298.4        | 298.4          | 99.5         |



#### COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

#### OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Fecha de emisión : Lima, 17 de Setiembre del 2021

Tec.: T.G.A.  
Rev.: C.G.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Determinación del CBR del Suelo + 4% del betún convencional

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

|   |  |
|---|--|
| <b>SOLICITANTE</b> : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe<br><br><b>PROYECTO</b> : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 | <b>EXPEDIENTE</b> : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC<br><b>FECHA RECEPCIÓN</b> : Lima, 13 de Setiembre del 2021<br><br><b>UBICACIÓN</b> : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayllo |
|---|--|

### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

|  |  |
|--|--|
| <b>IDENTIFICACION</b> : Suelo + 4% de Betun Convencional | <b>PRESENTACION</b> : 02 Costal de polietileno |
| <b>PROFUNDIDAD</b> : 0.00 - 1.50                         | <b>CANTIDAD</b> : 50 Kg. Aprox                 |

**ASTM D 1557  
MTC E 115**

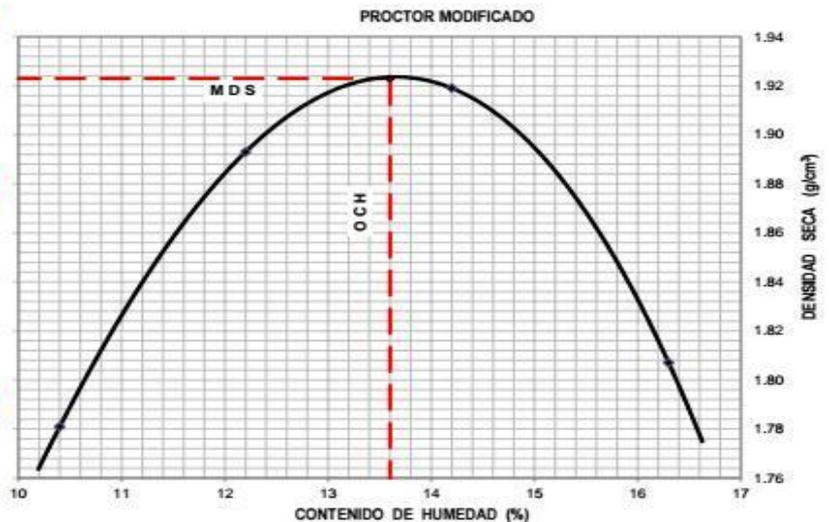
## PROCTOR MODIFICADO

| ITEM | DESCRIPCION               | UNIDAD             | ENSAYO |       |        |       |        |       |        |       |
|------|---------------------------|--------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|      |                           |                    | E-1    |       | E-2    |       | E-3    |       | E-4    |       |
| 1    | Peso Suelo Humedo + Molde | gr                 | 4026.0 |       | 4182.0 |       | 4248.0 |       | 4160.0 |       |
| 2    | Peso del Molde            | gr                 | 2085.2 |       | 2085.2 |       | 2085.2 |       | 2085.2 |       |
| 3    | Peso Suelo Humedo         | gr                 | 1940.8 |       | 2096.8 |       | 2162.8 |       | 2074.8 |       |
| 4    | Volumen del Molde         | cm <sup>3</sup>    | 987.3  |       | 987.3  |       | 987.3  |       | 987.3  |       |
| 5    | Densidad Suelo Humedo     | gr/cm <sup>3</sup> | 1.966  |       | 2.124  |       | 2.191  |       | 2.102  |       |
| 6    | Tarro N°                  | -                  | 212    | 236   | 548    | 345   | 456    | 72    | 367    | 262   |
| 7    | Peso Suelo Humedo + Tarro | gr                 | 529.4  | 572.0 | 615.5  | 634.2 | 492.7  | 492.9 | 666.4  | 483.5 |
| 8    | Peso Suelo Seco + Tarro   | gr                 | 491.1  | 530.3 | 564.0  | 571.6 | 447.8  | 448.4 | 579.5  | 428.6 |
| 9    | Peso del Tarro            | gr                 | 116.4  | 135.2 | 136.3  | 68.5  | 131.1  | 135.4 | 104.7  | 93.4  |
| 10   | Peso del Agua             | gr                 | 38.3   | 41.7  | 51.5   | 62.6  | 44.9   | 44.5  | 76.9   | 54.9  |
| 11   | Peso Suelo Seco           | gr                 | 374.7  | 395.1 | 427.7  | 503.1 | 316.7  | 313.0 | 474.8  | 335.2 |
| 12   | Contenido de Humedad      | %                  | 10.2   | 10.6  | 12.0   | 12.4  | 14.2   | 14.2  | 16.2   | 16.4  |
| 13   | Promedio de Humedad       | %                  | 10.4   |       | 12.2   |       | 14.2   |       | 16.3   |       |
| 14   | Densidad del Suelo Seco   | gr/cm <sup>3</sup> | 1.781  |       | 1.893  |       | 1.919  |       | 1.807  |       |

| DATOS DESARROLLO DE ENSAYO         |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| Altura de caída del pisón :        | 45.7 cm                    |
| Peso del Pisón                     | 4.5 Kg                     |
| Volumen del Molde                  | 987.25 gr/cm <sup>3</sup>  |
| N° de Capas                        | 5                          |
| Energía de Compactación Modificada | 27.4 kg-cm/cm <sup>3</sup> |
| Número de Golpes / Capa            | 25                         |

| GRADACION DE MUESTRA |                |          |
|----------------------|----------------|----------|
| Serie Americana      | Ret. Parc. (%) | Pasa (%) |
| 3"                   | 0.0            | 100.0    |
| 2"                   | 0.0            | 100.0    |
| 3/4"                 | 0.0            | 100.0    |
| 3/8"                 | 0.0            | 100.0    |
| N°4                  | 0.0            | 100.0    |
| <N°4                 | 100.0          | 0.0      |

| RESULTADO |                         |
|-----------|-------------------------|
| MÉTODO    | A                       |
| MDS       | 1.923 g/cm <sup>3</sup> |
| OCH       | 13.60 %                 |



**DATO:**  
- M.D.S. =Maxima Densidad Seca; O.C.H. = Optimo Contenido de Humedad.

**OBSERVACIONES:**  
- Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

Determinación del ensayo de Proctor modificado del Suelo + 4% del betún convencional para la obtención del óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

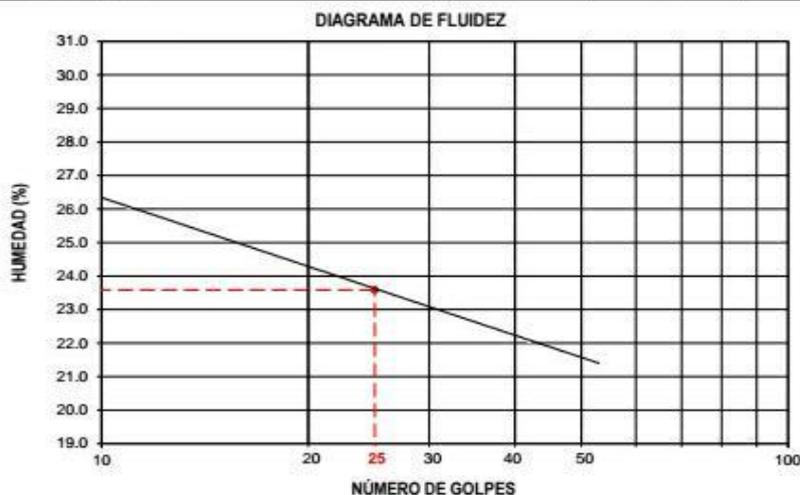
## INFORME DE ENSAYO

| LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO |   |                 |   |
|--|---|-----------------|---|
| SOLICITANTE  | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe   | EXPEDIENTE      | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC   |
| PROYECTO   | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021  |
|  |   | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayllo |

| REFERENCIA DE LA MUESTRA |                                    |              |                            |
|--------------------------|------------------------------------|--------------|----------------------------|
| IDENTIFICACION           | : Suelo + 4% de Betun convencional | PRESENTACION | : 01 Costal de polietileno |
| PROFUNDIDAD              | : 0.00 - 1.50                      | CANTIDAD     | : 5 kg aprox.              |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>NTP 339.129</b> | <b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAMIZ N°40)</b> |
|--------------------|---|

| DESCRIPCIÓN                     | LÍMITE LÍQUIDO |       |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|
|                                 | 1              | 2     | 3     | 4     | 1               | 2     |
| Ensayo N°                       |                |       |       |       |                 |       |
| Cápsula N°                      | 55             | 36    | 55    | 204   | 135             | 179   |
| Peso cápsula + suelo húmedo (g) | 34.14          | 37.89 | 30.97 | 30.53 | 27.09           | 32.64 |
| Peso cápsula + suelo seco (g)   | 30.1           | 34.21 | 27.94 | 27.76 | 25.39           | 30.34 |
| Peso del Agua (g)               | 4.04           | 3.68  | 3.03  | 2.77  | 1.7             | 2.3   |
| Peso de la cápsula (g)          | 14.61          | 18.76 | 14.61 | 15.23 | 16.76           | 18.78 |
| Peso del suelo seco (g)         | 15.49          | 15.45 | 13.33 | 12.53 | 8.63            | 11.56 |
| Contenido de humedad (%)        | 26.1           | 23.8  | 22.7  | 22.1  | 19.7            | 19.9  |
| Número de golpes                | 11             | 23    | 34    | 42    |                 |       |



| RESULTADOS DE ENSAYOS                                  |       |
|--|-------|
| LÍMITE LÍQUIDO (%)                                     | 23.59 |
| LÍMITE PLÁSTICO (%)                                    | 18.00 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)                              | 5.59  |
| COMENTARIOS:   |       |
| - Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.  |       |
| - Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO". |       |
| OBSERVACION:   |       |
| - Muestra tomada e identificada por el solicitante.    |       |

Determinación del Límite líquido, Límite plástico y el índice de plasticidad del Suelo + 4% del betún convencional

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

|         |   |                    |   |
|---------|---|--------------------|---|
| CITANTE | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe   | EXPEDIENTE         | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC   |
| YECTO   | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 | FECHA DE RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021  |
|         |   | UBICACIÓN          | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayllo |

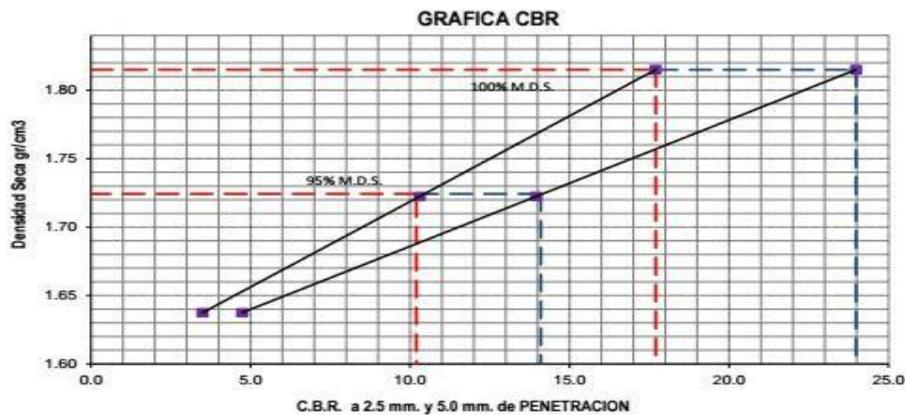
| REFERENCIA DE LA MUESTRA            | EQUIPO DE CBR  |
|-------------------------------------|--|
| TIFICACIÓN : C-2/M-1                | NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR                       |
| ORIPCIÓN : 0.00 - 1.50              | MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)                        |
| SENTACIÓN : 02 Bolsa de polietileno | FACTOR DE CELDA : X + 0  |
| IDAD : 50 kg aprox.                 | AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg <sup>2</sup> ó 19.35cm <sup>2</sup> |

ASTM D 1883  
MTC E 132

### CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE MUESTRA |        |  |         | EXPANSION |           |           |           |           |           |           |
|------------------------------------|--------|--|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                    |        |  |         | Horas     | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion | Lec. Pulg | Expansion |
| sante Tamiz 2"                     | 100.0% | Clasif. SUCS                               | CL - ML | 00:00:00  | 0.010     | 0.000     | 0.033     | 0.000     | 0.039     | 0.000     |
| sante Tamiz 3/4"                   | 100.0% | Clasif. AASTHO                             | A-4     | 24:00:00  | 0.011     | 0.022     | 0.036     | 0.055     | 0.043     | 0.093     |
| sante Tamiz 3/8"                   | 100.0% | Metodo utilizado                           | A       | 48:00:00  | 0.012     | 0.044     | 0.038     | 0.109     | 0.048     | 0.186     |
| sante Tamiz N°4                    | 100.0% | Maxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.815   | 72:00:00  | 0.013     | 0.066     | 0.041     | 0.164     | 0.052     | 0.279     |
| ite Liquido (%)                    | 25.2   | Optimo contenido humedad (%)               | 12.9    | 96:00:00  | 0.014     | 0.088     | 0.043     | 0.219     | 0.056     | 0.372     |
| ice Plastico (%)                   | 6.5    | Expansion (%)                              | 0.09    |           |           |           |           |           |           |           |

| CBR  | 0.1" PENETRACION | 0.2" PENETRACION |
|------|------------------|------------------|
| 100% | 17.7             | 24               |
| 95%  | 10.2             | 14.1             |



#### COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

#### OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Informe de ensayo de CBR de suelos del Suelo + 8% del betún convencional

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe

EXPEDIENTE N° : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC

PROYECTO : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del  
betún convencional, Carabayllo, Lima 2021

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 13 de Setiembre del 2021

UBICACIÓN : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de  
la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado  
en Carabayllo

#### REFERENCIA DE LA MUESTRA

#### EQUIPO DE CBR

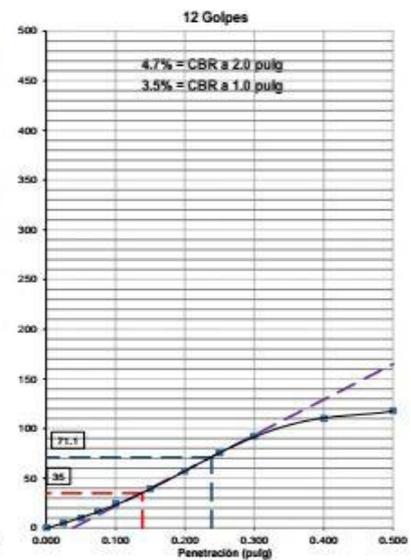
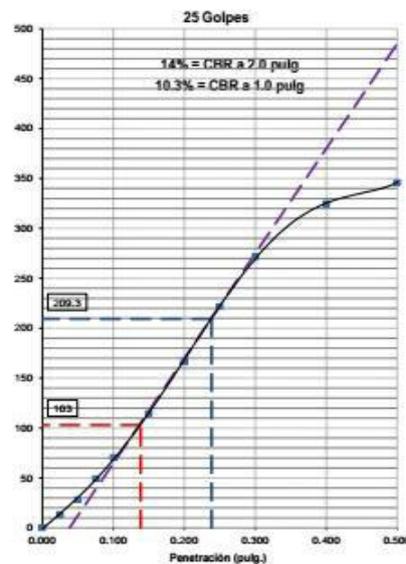
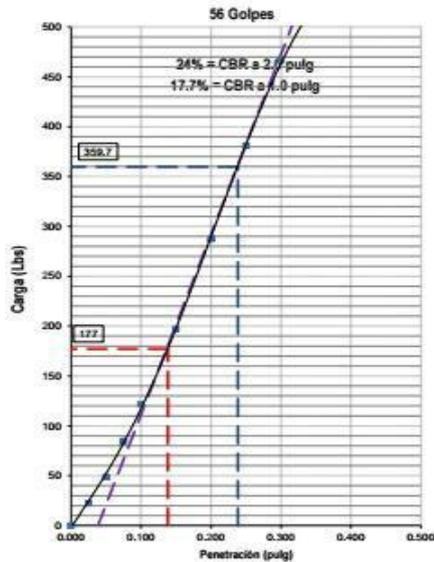
IDENTIFICACIÓN : C-2M-1  
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50  
PRESENTACIÓN : 02 Bolsa de polietileno  
CANTIDAD : 50 kg aprox.

NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR  
MARCA / MODELO : TAMEQUIPOS (Colombia)  
FACTOR DE CELDA : X + 0  
AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg<sup>2</sup> ó 19.35cm<sup>2</sup>

ASTM D 1883  
MTC E 132

### CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

| DESCRIPCION               | COMPACTACION DE ESPECIMENES |          |              |          |              |          | PENETRACION DE ESPECIMENES |                 |              |                            |              |                            |              |
|---------------------------|-----------------------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
|                           | M-34                        |          | M-39         |          | M-46         |          | Molde N°                   | M-34            |              | M-39                       |              | M-46                       |              |
|                           | Seca                        | Saturada | Seca         | Saturada | Seca         | Saturada |                            | Penetra. (pulg) | Lec. Dial Lb | Carga Lb/pulg <sup>2</sup> | Lec. Dial Lb | Carga Lb/pulg <sup>2</sup> | Lec. Dial Lb |
| Condicion de la Muestra:  |                             |          |              |          |              |          |                            |                 |              |                            |              |                            |              |
| N° Golpes por Capa        | 56 (5 Capas)                |          | 25 (5 Capas) |          | 12 (5 Capas) |          |                            |                 |              |                            |              |                            |              |
| Peso Molde + Suelo Humedo | 11375                       | 11471    | 11084        | 11237    | 10901        | 11108    | 0.000                      | 0.0             | 0.0          | 0.0                        | 0.0          | 0.0                        | 0.0          |
| Peso del Molde            | 7027.7                      | 7027.7   | 7024         | 7024     | 7029.1       | 7029.1   | 0.025                      | 66.5            | 22.2         | 38.7                       | 12.9         | 13.2                       | 4.4          |
| Peso del Suelo Humedo     | 4347.3                      | 4443.3   | 4060         | 4213     | 3871.9       | 4078.9   | 0.050                      | 146.3           | 48.8         | 85.1                       | 28.4         | 28.9                       | 9.6          |
| Volumen del Molde         | 2122.7                      | 2122.7   | 2086.4       | 2086.4   | 2090.4       | 2090.4   | 0.075                      | 254.1           | 84.7         | 147.9                      | 49.3         | 50.3                       | 16.8         |
| Densidad Humeda           | 2.048                       | 2.093    | 1.946        | 2.019    | 1.852        | 1.951    | 0.100                      | 364.8           | 121.6        | 212.3                      | 70.8         | 72.1                       | 24.0         |
| Densidad Seca             | 1.815                       | 1.815    | 1.722        | 1.722    | 1.638        | 1.638    | 0.150                      | 591.4           | 197.1        | 344.1                      | 114.7        | 116.9                      | 39.0         |
| Tarro N°                  | 409                         | 18       | 200          | 178      | 279          | 566      | 0.200                      | 861.8           | 287.3        | 501.5                      | 167.2        | 170.4                      | 56.8         |
| Tarro + Suelo Humedo      | 496.3                       | 518.5    | 403.1        | 506.0    | 405.4        | 464.8    | 0.250                      | 1143.0          | 381.0        | 665.1                      | 221.7        | 226.0                      | 75.3         |
| Tarro + Suelo Seco        | 450.7                       | 460.3    | 367.7        | 445.6    | 369.5        | 405.4    | 0.300                      | 1398.8          | 466.3        | 814.0                      | 271.3        | 276.6                      | 92.2         |
| Peso del Tarro            | 95.5                        | 80.9     | 95.5         | 95.5     | 95.5         | 95.5     | 0.400                      | 1675.2          | 558.4        | 974.8                      | 324.9        | 331.3                      | 110.4        |
| Contenido de Humedad      | 12.8                        | 15.3     | 13.0         | 17.2     | 13.1         | 19.1     | 0.500                      | 1784.6          | 594.9        | 1038.5                     | 346.2        | 352.9                      | 117.6        |



#### COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

#### OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.  
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Fecha de emisión : Lima, 17 de Setiembre del 2021

Tec.: T.G.A.

Rev.: C.G.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Determinación de ensayo de CBR Suelo + 8% de betún convencional

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

|            |  |                   |  |
|------------|--|-------------------|--|
| CLIENTE :  | Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe  | EXPEDIENTE :      | 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC  |
| PROYECTO : | Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabaylo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN : | Lima, 13 de Setiembre del 2021   |
|            |  | UBICACIÓN :       | Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabaylo |

### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

|                  |                                  |                |                          |
|------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| IDENTIFICACION : | Suelo + 8% de Betun Convencional | PRESENTACION : | 02 Costal de polietileno |
| PROFUNDIDAD :    | 0.00 - 1.50                      | CANTIDAD :     | 50 Kg. Aprox             |

ASTM D 1557  
MTC E 115

### PROCTOR MODIFICADO

| ITEM | DESCRIPCION               | UNIDAD             | ENSAYO |       |        |       |        |       |        |       |
|------|---------------------------|--------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|      |                           |                    | E-1    |       | E-2    |       | E-3    |       | E-4    |       |
| 1    | Peso Suelo Humedo + Molde | gr                 | 3889.0 |       | 4057.0 |       | 4112.0 |       | 4029.0 |       |
| 2    | Peso del Molde            | gr                 | 2085.2 |       | 2085.2 |       | 2085.2 |       | 2085.2 |       |
| 3    | Peso Suelo Humedo         | gr                 | 1803.8 |       | 1971.8 |       | 2026.8 |       | 1943.8 |       |
| 4    | Volumen del Molde         | cm <sup>3</sup>    | 987.3  |       | 987.3  |       | 987.3  |       | 987.3  |       |
| 5    | Densidad Suelo Humedo     | gr/cm <sup>3</sup> | 1.827  |       | 1.997  |       | 2.053  |       | 1.969  |       |
| 6    | Tarro N°                  | -                  | 267    | 159   | 173    | 575   | 203    | 201   | 248    | 477   |
| 7    | Peso Suelo Humedo + Tarro | gr                 | 569.8  | 480.2 | 675.0  | 516.8 | 655.6  | 627.5 | 506.5  | 533.1 |
| 8    | Peso Suelo Seco + Tarro   | gr                 | 526.8  | 445.0 | 620.6  | 472.4 | 593.8  | 561.7 | 456.1  | 474.2 |
| 9    | Peso del Tarro            | gr                 | 74.8   | 65.4  | 139.6  | 89.5  | 132.7  | 73.8  | 135.0  | 85.2  |
| 10   | Peso del Agua             | gr                 | 43.0   | 35.2  | 54.4   | 44.4  | 61.8   | 65.8  | 50.4   | 58.9  |
| 11   | Peso Suelo Seco           | gr                 | 452.0  | 379.6 | 481.0  | 382.9 | 461.1  | 487.9 | 321.1  | 389.0 |
| 12   | Contenido de Humedad      | %                  | 9.5    | 9.3   | 11.3   | 11.6  | 13.4   | 13.5  | 15.7   | 15.1  |
| 13   | Promedio de Humedad       | %                  | 9.4    |       | 11.5   |       | 13.5   |       | 15.4   |       |
| 14   | Densidad del Suelo Seco   | gr/cm <sup>3</sup> | 1.670  |       | 1.791  |       | 1.809  |       | 1.706  |       |

#### DATOS DESARROLLO DE ENSAYO

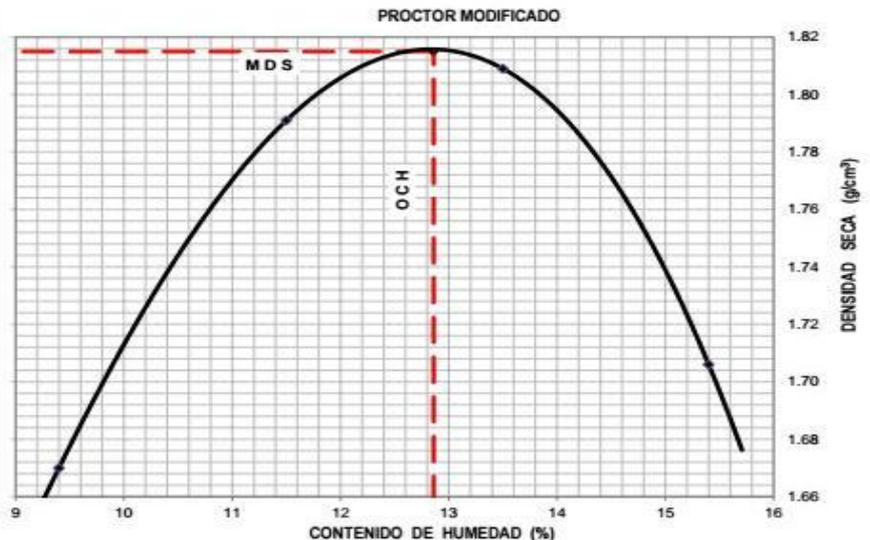
|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| Altura de caída del pisón :        | 45.7 cm                    |
| Peso del Pisón                     | 4.5 Kg                     |
| Volumen del Molde                  | 987.25 gr/cm <sup>3</sup>  |
| N° de Capas                        | 5                          |
| Energía de Compactación Modificada | 27.4 kg-cm/cm <sup>2</sup> |
| Número de Golpes / Capa            | 25                         |

#### GRADACION DE MUESTRA

| Serie Americana | Ret. Parc. (%) | Pasa (%) |
|-----------------|----------------|----------|
| 3"              | 0.0            | 100.0    |
| 2"              | 0.0            | 100.0    |
| 3/4"            | 0.0            | 100.0    |
| 3/8"            | 0.0            | 100.0    |
| N°4             | 0.0            | 100.0    |
| <N°4            | 100.0          | 0.0      |

#### RESULTADO

| MÉTODO | A                       |
|--------|-------------------------|
| MDS    | 1.815 g/cm <sup>3</sup> |
| OCH    | 12.86 %                 |



#### DATO:

- M.D.S. =Maxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

#### OBSERVACIONES:

- Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

Determinación del ensayo de Proctor modificado del Suelo + 8% del betún convencional para obtener el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca

## INFORME DE ENSAYO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

|             |   |                 |   |
|-------------|---|-----------------|---|
| SOLICITANTE | : Sra Maideth Lizbeth Quispe Quispe   | EXPEDIENTE      | : 288-2021/LAB GECAT INGENIERIA SAC   |
| PROYECTO    | : Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayllo, Lima 2021 | FECHA RECEPCIÓN | : Lima, 13 de Setiembre del 2021  |
|             |   | UBICACIÓN       | : Av. Universitaria. Inicia el primer tramo en el cruce de la Av. Manuel Prado con la Av. Universitaria ubicado en Carabayllo |

### REFERENCIA DE LA MUESTRA

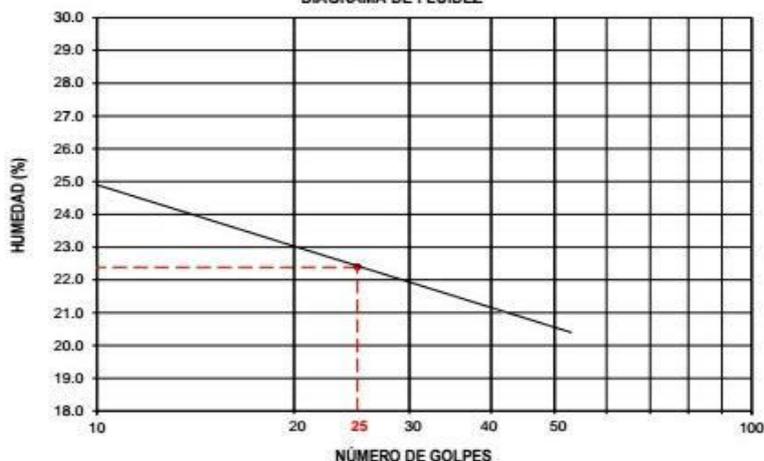
|                |                                    |              |                            |
|----------------|------------------------------------|--------------|----------------------------|
| IDENTIFICACION | : Suelo + 8% de Betun convencional | PRESENTACION | : 01 Costal de polietileno |
| PROFUNDIDAD    | : 0.00 - 1.50                      | CANTIDAD     | : 5 kg aprox.              |

NTP 339.129

### DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAMIZ N°40)

| DESCRIPCIÓN                     | LÍMITE LÍQUIDO |       |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|
|                                 | 1              | 2     | 3     | 4     | 1               | 2     |
| Ensayo N°                       |                |       |       |       |                 |       |
| Cápsula N°                      | 9              | 310   | 99    | 48    | 96              | 257   |
| Peso cápsula + suelo húmedo (g) | 30.81          | 38.05 | 33.07 | 35.02 | 28.73           | 29.57 |
| Peso cápsula + suelo seco (g)   | 27.6           | 34.49 | 30.12 | 31.78 | 27.16           | 28.07 |
| Peso del Agua (g)               | 3.21           | 3.56  | 2.95  | 3.24  | 1.57            | 1.5   |
| Peso de la cápsula (g)          | 14.46          | 18.92 | 16.5  | 16.39 | 17.49           | 18.95 |
| Peso del suelo seco (g)         | 13.14          | 15.57 | 13.62 | 15.39 | 9.67            | 9.12  |
| Contenido de humedad (%)        | 24.4           | 22.9  | 21.7  | 21.1  | 16.2            | 16.4  |
| Número de golpes                | 12             | 21    | 33    | 42    |                 |       |

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



### RESULTADOS DE ENSAYOS

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| LÍMITE LÍQUIDO (%)        | 22.39 |
| LÍMITE PLÁSTICO (%)       | 16.30 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) | 6.09  |

#### COMENTARIOS:

- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

#### OBSERVACION:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Determinación del Límite líquido, Límite plástico y el índice de plasticidad del Suelo + 8% de betún convencional

# ANEXO 11: RESULTADO TURNITIN



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

"Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con el uso del betún convencional, Carabayillo, Lima 2021"

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

**AUTORA:**  
Quispe Quispe, Maideth Lizbeth  
<https://orcid.org/0000-0003-2728-1765>

**ASESORA:**  
Dra. Arriola Moscoso, Cecilia  
<https://orcid.org/0000-0003-2497-294X>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Resumen de coincidencias** ✕

**18 %**

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

**Coincidencias**

|   |   |     |   |
|---|---|-----|---|
| 1 | repositorio.ucv.edu.pe<br>Fuente de Internet        | 6 % | > |
| 2 | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet                | 4 % | > |
| 3 | repositorio.utea.edu.pe<br>Fuente de Internet       | 1 % | > |
| 4 | Entregado a Universida...<br>Trabajo del estudiante | 1 % | > |
| 5 | ri.ues.edu.sv<br>Fuente de Internet                 | 1 % | > |
| 6 | onepetro.org  | 1 % | > |

Página: 1 de 58 | Número de palabras: 12430 | Versión solo texto del informe | Alta resolución | Activado