



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Estabilización de la subrasante adicionando roca basalto para
pavimento flexible en la Av. Las Torres, distrito Lurigancho, Lima
-2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Huaman Herbacio, Julia Francisca (<https://orcid.org/0000-0001-8610-4510>)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (<https://orcid.org/0000-0003-4136-7189>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado en primer lugar a mi Padre Celestial, a mi familia que siempre han estado dando su apoyo incondicional y también a todas las personas que me apoyaron para lograr titularme como Ingeniera Civil.

Agradecimiento

A mi Padre Celestial porque ha estado conmigo en cada paso que doy, a mi madre Joaquina, a mi padre Víctor Valeriano, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional en todo momento; a mi esposo Víctor Acuña por su apoyo en las malas y buenas quien con su vasta y extensa inteligencia me guía; agradecer a la Universidad Cesar Vallejo, lograr el gran anhelo de titularme como ingeniera civil.

Índice de Contenidos

Índice de Contenidos.....	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	27
3.1. Tipo y Diseño de investigación	27
3.2. Variables y operacionalización.....	28
3.3. Población, Muestra y Muestreo	28
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos	29
3.5. Procedimiento	30
3.6. Método de análisis de datos	50
3.7. Aspectos éticos	50
IV. RESULTADOS	52
V. DISCUSIÓN	79
VI. CONCLUSIONES	88
VII. RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS.....	90
ANEXOS	1

Índice de Tablas

Tabla 1: Composición de la roca Basalto	13
Tabla 2: Número de controles en la subrasante por cada 100m	14
Tabla 3. Categorías de Subrasante.....	23
Tabla 4. Categorías de la roca según su resistencia.....	25
Tabla 5. Tabla para ensayo de abrasión	26
Tabla 6. Número de calicatas realizadas para la investigación	32
Tabla 7. Ensayos de laboratorio y normativa correspondiente	35
Tabla 8. Tiempo mínimo requerido de reposo de suelos	44
Tabla 9. Número de calicatas realizadas para la investigación	53
Tabla 10. Ensayos Químicos para suelo natural y Roca Basalto	54
Tabla 11. Ensayo de carga puntual para roca Basalto	55
Tabla 12. Material pasante según la adición de roca basalto.....	57
Tabla 13. Resumen de las propiedades físicas adicionando roca basalto	58
Tabla 14. Resumen de resultados del ensayo Proctor.....	63
Tabla 15. Resultados del ensayo CBR.....	70
Tabla 16. Prueba estadística para las propiedades físicas	74
Tabla 17. Prueba T- Student para las propiedades físicas.....	74
Tabla 18. Prueba estadística para la máxima densidad seca Proctor	75
Tabla 19. Prueba T- Student para la máxima densidad seca Proctor	76
Tabla 20. Prueba estadística para el CBR	77
Tabla 21. Prueba T-Student para el CBR.....	77

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Roca basalto	12
Figura 2. Clasificación SUCS	19
Figura 3. Copa de Casagrande	21
Figura 4. Curva de compactación Proctor	22
Figura 5. Materiales para el ensayo CBR.....	23
Figura 6. Factor de corrección.....	25
Figura 7. Máquina de abrasión de los ángeles.....	26
Figura 8. Calicatas en la Av. Las torres, Lurigancho	33
Figura 9. Calicatas manuales en la Av. Las torres, Lurigancho.....	33
Figura 10. Recolección de rocas basalto	34
Figura 11. Cuarteo del material de suelo	34
Figura 12. Muestreo de rocas basalto	35
Figura 13. Ensayo de carga puntual en roca basalto	38
Figura 14. Ensayo de carga puntual en roca basalto	38
Figura 15. Mezcla de suelo con roca basalto	42
Figura 16. Realización del ensayo Proctor	44
Figura 17. Ensayo Proctor en laboratorio	45
Figura 18. Realización del ensayo CBR.....	46
Figura 19. Culminación del ensayo CBR.....	49
Figura 20. Mapa de Ubicación geográfica	52
Figura 21. Ubicación de la vía en estudio	53
Figura 22. Resultado del ensayo de carga puntual para roca basalto.....	56
Figura 23. Mezcla de materiales para el ensayo de propiedades físicas	58
Figura 24. Curva Proctor para suelo natural.....	60
Figura 25. Curva Proctor para suelo con 10% de roca basalto	60
Figura 26. Curva Proctor para suelo con 20% de roca basalto	61
Figura 27. Curva Proctor para suelo con 30% de roca basalto	61
Figura 28. Curva Proctor para suelo con 40% de roca basalto	61
Figura 29. Curva Proctor para suelo con 50% de roca basalto	62
Figura 30. Resultado del ensayo Proctor	62
Figura 31. Resultado del ensayo Proctor luego del apisonado	63

Figura 32. Máxima densidad seca con adición de roca basalto	64
Figura 33. Óptimo contenido de humedad con adición de roca basalto	65
Figura 34. Incremento en porcentaje de la máxima densidad seca	66
Figura 35. Grafica CBR suelo natural.....	67
Figura 36. Grafica CBR suelo con 10% de roca basalto	68
Figura 37. Grafica CBR suelo con 20% de roca basalto	68
Figura 38. Grafica CBR suelo con 30% de roca basalto	69
Figura 39. Grafica CBR suelo con 40% de roca basalto	69
Figura 40. Grafica CBR suelo con 50% de roca basalto	70
Figura 41. Resultados del CBR al 100% MDS con adición de roca basalto.....	71
Figura 42. Resultados del CBR al 95% MDS con adición de roca basalto.....	71
Figura 43. Incremento en porcentaje del CBR con la adición de roca basalto	72
Figura 44. Resultado del Ensayo CBR.....	73
Figura 45. Carga aplicada para el ensayo CBR	73

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Conductividad específica	36
Ecuación 2. Índice de carga	37
Ecuación 3. Desgaste por abrasión.....	39
Ecuación 4. Porcentaje de Peso retenido	39
Ecuación 5. Coeficiente de uniformidad	40
Ecuación 6. Coeficiente de Curvatura	40
Ecuación 7. Cálculo de D10, D30 y D60	40
Ecuación 8. Cálculo del contenido de humedad.....	41
Ecuación 9. Índice de Plasticidad.....	42
Ecuación 10. Densidad Seca	45
Ecuación 11. Cálculo del esfuerzo de corte	48
Ecuación 12. Cálculo de la capacidad de soporte CBR (%).....	48
Ecuación 13. Cálculo del esfuerzo de corte del suelo con roca basalto	48
Ecuación 14. Cálculo de la capacidad de soporte CBR (%) del suelo con roca basalto.....	49

Resumen

El presente proyecto de investigación se desarrolla debido a la necesidad de reforzar suelos de subrasante, en Lima, sobre todo, se observa una gran cantidad de pavimentos flexibles que fallan al poco tiempo de construidos.

Por ello el objetivo de esta investigación es evaluar la influencia de la adición de roca basalto en las propiedades de la subrasante en un pavimento flexible en Avenida Las Torres, Distrito de Lurigancho, realizándose ensayos en laboratorio para 5 dosificaciones: 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de roca basalto, y adicionalmente ensayos químicos para suelo y roca. La metodología fue del tipo aplicada, diseño cuasi experimental, con un enfoque cuantitativo y nivel explicativo. Los resultados muestran que la roca basalto disminuye el IP en 46%, logra un suelo de mejor calidad, disminuye el contenido de humedad en 40%, y tanto suelo y roca, tienen mínimo contenido de sales, sulfatos y cloruros. Se mejora la MDS en 17% de 1.970 g/cm³ a 2.297g/cm³, y se disminuye el OCH en 31% de 10.9% a 7.5%, y finalmente se mejora ampliamente el CBR de 9.3% para suelo natural a 12.0%, 15.7%, 20.2% para dosificaciones de 10%, 20%, 30%, 40% respectivamente, y un CBR = 27.5% con la dosificación de 50% de roca basalto, lo cual representa un incremento del 196%.

Se concluye que la roca basalto mejora las propiedades de la subrasante para un pavimento flexible en la Avenida Las Torres.

Palabras clave: Roca basalto, estabilización de subrasante, pavimento flexible.

Abstract

This research project is developed due to the need to reinforce subgrade soils. In Lima, above all, a large number of flexible pavements are observed that fail shortly after construction.

Therefore, the objective of this research is to evaluate the influence of the addition of basalt rock on the properties of the subgrade in a flexible pavement in Av. las Torres, District of Lurigancho, performing laboratory tests for 5 dosages: 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of basalt rock, and additionally chemical tests for soil and rock. The methodology was of the applied type, quasi-experimental design, with a quantitative approach and explanatory level. The results show that basalt rock reduces the IP by 46%, achieves a better-quality soil, decreases the moisture content by 40%, and both soil and rock have a minimum content of salts, sulfates and chlorides. The MDS is improved by 17% from 1,970 g / cm³ to 2,297g / cm³, and the OCH is decreased by 31% from 10.9% to 7.5%, and finally the CBR is greatly improved from 9.3% for natural soil to 12.0%, 15.7%, 20.2% for dosages of 10%, 20%, 30%, 40% respectively, and a CBR = 27.5% with the dosage of 50% basalt rock, which represents an increase of 196%.

It is concluded that the basalt rock improves the properties of the subgrade for a flexible pavement on Avenida Las Torres.

Keywords: Basalt rock, subgrade stabilization, flexible pavement.

I. INTRODUCCIÓN

A Nivel internacional, en el contexto mundial el uso del basalto está muy difundido principalmente en países de la Unión Europea, Norteamérica y últimamente en China donde se ha ampliado extraordinariamente la construcción de carreteras a lo largo y ancho del territorio. Los centenares de miles de kilómetros de carreteras construidas por la China han requerido el uso intensivo de fibras de basalto para reforzar las subrasantes en ciertos tramos (Ndepete & Sedat, 2019). El hormigón de fibra de basalto como nuevo material de construcción es ampliamente utilizado para carreteras y aeródromos. Las fibras de polímero basáltico así como las geomallas de basalto son utilizadas para pavimento de subrasante de refuerzo (Krayushkina et al. 2018); por ello diversos estudios sobre fibras de basalto hechos en Brasil y México han demostrado la eficacia de estas fibras en la mejora de la resistencia de los suelos. Se ha elegido una muestra de suelo limoso para este estudio y se ha mezclado con fibra de basalto de 6, 12 y 24 mm de largo en diferentes contenidos. Las pruebas triaxiales sin drenaje muestran que la adición de fibras de 24 mm de largo en el suelo proporciona la máxima mejora en resistencia, y el contenido óptimo de fibra por peso seco del suelo, es del 1,5% (Castro & Esguerra, 2019).

A nivel nacional, en el Perú, se está trabajando muchas alternativas para la estabilización de las subrasantes, más del 50% del territorio nacional se localiza en la cuenca amazónica, de clima tropical donde se tiene un gran porcentaje de suelos arcillosos que hacen inviables los proyectos viales a no ser que se mejoren las subrasantes utilizando geomallas, fibras y polímeros de basalto y el Perú es muy rico en yacimientos de rocas basálticas, y para la presente investigación se va a probar el uso de material grueso proveniente de las playas de Trujillo, donde hay la posibilidad de extraer roca basáltica, la cual permitirá la mejora del suelo y se cumpla con las normas viales que regulan la construcción de pavimentos flexibles. En nuestro país existe un gran problema en las estructuras viales debido al deterioro de pistas por falta de mantenimiento o por un mal mantenimiento de las mismas. Esto es un problema recurrente y muy difundido a nivel nacional donde de

acuerdo al MTC, el 18 % de las vías pavimentadas en el Perú no se encuentran en óptimas condiciones, siendo una de las causas más importantes el problema de la subrasante colocada sobre un tipo de suelo poco cohesionado y de baja densidad. En ciertas regiones como la Amazonia, las condiciones climatológicas y fisiográficas del Perú condicionan una alta vulnerabilidad de los pavimentos flexibles a su deterioro inevitable. Incluso las zonas áridas como la costa peruana debido al tipo de suelo también presentan factores limitantes para la durabilidad de los pavimentos flexibles. En ese sentido una alternativa es el uso intensivo de las rocas basaltos como aditivos o complementos en la estructuración y mejora de la subrasante.

Como se sabe perfectamente la subrasante, constituye el terreno fundacional para estabilizar los pavimentos, es en sí el terreno natural nivelado tras excavaciones y rellenos consecutivos. En este sentido la sub rasante puede ser mejorado en términos físicos químicos y mecánicos incorporando aditivos lo que incluye en este caso el uso intensivo del basalto.

La roca basalto es una roca ígnea muy difundida en la corteza terrestre, se caracteriza por su alta densidad (mayor que la roca granito) y tiene amplia distribución espacial en el territorio nacional, se trata de una roca de origen volcánico y al ser abundante se constituye en un material que puede abaratar los costos en los proyectos viales a la vez que mejora cualitativa y cuantitativamente el tiempo de vida de los pavimentos en general, es óptimo para ser la base para pavimentos que pueden soportar mayor tonelaje en rodaduras, es decir para vehículos de cargas pesadas.

Se sabe que las carreteras son un medio para intercambiar mercaderías, por lo que es una necesidad tener carreteras en perfecto estado. Por otro lado, actualmente, el Perú tiene para pavimentar el 17% de sus carreteras construidas (MTC, 2019), por lo que es muy importante hacer investigaciones relacionadas a sub rasantes y pavimentos, buscando alternativas sostenibles que sean viables económica, social y ambientalmente, por lo que el basalto se constituye en una materia prima abundante y de buena calidad en términos de densidad y resistencia para convertirse en un aditivo de uso industrial en los proyectos viales, relacionados con

la colocación como bases no solamente para pavimentos flexibles sino también para pavimentos rígidos.

A nivel local, en los sistemas urbanos como el área metropolitana de Lima hay terrenos que requieren reforzar significativamente sus propiedades físicas y mecánicas para ser la subrasante de pavimentos y aquí tiene importancia el basalto, una roca que tiene múltiples aplicaciones y usos desde tiempos históricos a la actualidad. En ese sentido se realiza la formulación del problema:

Por lo cual, en la actual investigación hemos expuesto como el siguiente Problema general: ¿Cómo influye la adición de roca basalto en las propiedades de la subrasante para un pavimento flexible en una zona como la avenida Las Torres, Distrito de Lurigancho?, además los siguientes problemas específicos: Problema específico 1. ¿Cómo influye la dosificación de roca basalto en las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible en una zona como la avenida Las Torres, Distrito de Lurigancho?; Problema específico 2. ¿Como es la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad que tiene subrasante para un pavimento flexible, en la avenida Las Torres, Distrito de Lurigancho?; Problema específico 3. ¿Como es la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la avenida Las Torres, Distrito de Lurigancho?.

En los distritos marginales y populosos de Lima Metropolitana como San Juan de Lurigancho es muy común el problema relacionado al deterioro de los pavimentos flexibles. Estos pavimentos experimentan agrietamientos ahuellamientos y fatiga no solamente por las malas prácticas culturales, por la falta de mantenimiento, por la presión mecánica de los vehículos pesados sino también por el problema de diseño y el tipo de suelo vulnerable a las condiciones isostáticas y termodinámicas externas. El área de estudio que se menciona en esta tesis corresponde a una zona de suelos arenosos, los cuales desde el punto de vista de la ingeniería constructiva se consideran suelos problemáticos.

Se pretende a partir de este estudio, desarrollar el diseño de un tipo de subrasante con aditivos de basalto que favorezca el tipo de suelo arenoso de la zona de estudio que está ubicada en la Av. Las Torres en Chosica, siendo estos suelos expansivos y de baja calidad, pues al tener una baja capacidad portante es muy importante buscar formas de aumentar su resistencia. La única alternativa que permita un máximo aprovechamiento de los suelos, es cambiando las características físicas y también mecánicas del material lo que implica estabilizar la subrasante adicionando aditivos como el basalto. Esta investigación se enfoca en realizar una estabilización de subrasante adicionando roca basalto para un diseño de pavimentos flexibles, el basalto es una roca ígnea que tiene propiedades físicas y mecánicas muy favorables que lo convierten en una muy buena alternativa para convertirse en un aditivo estabilizante; también cabe resaltar que ya ha sido utilizado como aditivo para mejorar el rendimiento del hormigón, por lo que es necesario realizar un estudio de su uso y desempeño en los pavimentos flexibles.

Respecto a la justificación de la investigación, se tiene como justificación teórica, en esta tesis es explicar de manera más o menos amplia los perfiles y atributos del basalto como material adecuado para la mejora de la resistencia de los suelos a las cargas crecientes. Esto permitirá reflexionar sobre la importancia de utilizar las fibras de basalto para mejorar cualitativa y cuantitativamente las subrasantes en proyectos viales que se van desarrollar en diferentes regiones del país. En ese sentido la información teórica que se va que generar será de gran utilidad para las próximas investigaciones al respecto; según La justificación metodológica de esta investigación es crear procedimientos prácticos para el diseño de pavimentos flexibles sobre subrasantes mejoradas con fibras de basalto. En esta investigación se plantearán un conjunto de estrategias cuantitativas para demostrar la utilidad práctica el basalto en la mejora de la resistencia de los suelos. Entonces la presente investigación busca diseñar un procedimiento metodológico basado en una secuencia algorítmica de todo lo que implica la mejora de la sub rasante en suelos arcillosos utilizando como aditivo el basalto; de acuerdo a nuestra justificación práctica de la presente investigación es la solución de un problema relacionado con las pésimas condiciones de circulación peatonal y vehicular, que afecta

directamente la capacidad operativa de la población, la solución práctica es el diseño de pavimentos flexibles sobre subrasantes mejoradas con fibras de basalto para darle mayor resistencia y soporte a las actividades y construcciones de la población local, según nuestra justificación social, en esta investigación tiene que ver con la mejora de la calidad de vida de la población mediante el mejoramiento de los de las vías con pavimentos flexibles de mayor tiempo de vida toda vez que se estabiliza sobre una subrasante mejorada con la fibra de basalto. En ese sentido hay miles de personas que se van a ver beneficiadas mejorando de esta manera sus actividades económicas y actividades socioculturales. El aporte del aditivo de roca basalto a la subrasante del pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho; mejorara cualitativa y cuantitativamente el tránsito peatonal y vehicular en la zona.

Se tiene como objetivos, sobre las consideraciones expuestas en la situación problemática se llega a los siguientes objetivos: el objetivo general: Evaluar cómo influye la adición de roca basalto en las propiedades de la subrasante en un pavimento flexible en Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho; asimismo los objetivos específicos: Determinar cómo influye la dosificación de roca basalto en las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho. Determinar la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho. Determinar la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho.

Sobre las consideraciones expuestas en la situación problemática se llega a las siguientes hipótesis: Hipótesis general. La adición de roca basalto mejora las propiedades de la subrasante para un pavimento flexible en Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho. Asimismo, las hipótesis específicas: La dosificación de roca basalto mejora las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho.

La incorporación de roca basalto, modifica significativamente la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que tiene subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho. La incorporación de roca basalto, mejora la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho.

II. MARCO TEÓRICO

Según los antecedentes a nivel internacional tenemos a: Cañar (2017) en su tesis “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADAS CON CENIZAS DE CARBÓN”, entre sus objetivos destaca la importancia de las cenizas de carbón como estabilizadores apropiados para suelos finos y arcillosos. Esto es un método de estabilización química -física usando una metodología experimental descriptiva, entre sus hallazgos se descubrió que las cenizas de carbón ayudan en gran medida al mejoramiento de la subrasante, tras hacer pruebas experimentales en laboratorio el investigador logró mejorar la capacidad portante del suelo, aumentando su CBR hasta 4% además de obtener el porcentaje óptimo de ceniza de carbón para mejorar las propiedades del suelo como aditivo. El porcentaje optimo hallado es de 25%.

Delgado (2013) en la tesis “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA MONTECRISTI - LOS BAJOS” el autor tiene como objetivo disminuir los efectos negativos del suelo arcilloso como subrasante, mejorando su capacidad portante con aditivos estabilizantes. Se demostró que aquellas sub rasantes que no fueron estabilizados con cal, disminuyeron su valor de CBR hasta un 4% un valor que no cumple con las normas para diseño de pavimentos, pero al adicionar valores de 4% a 8% en la dosificación de la cal, la subrasante presenta un aumento notable de CBR con un valor de 38%.

Castro (2020) en su tesis “MEJORAMIENTOS DE SUBRASANTES CON ROCA IGNEA BASALTO TOMADA DE LA MINA SAN PEDRO, ARMERO GUAYABAL”,

tiene como objetivo el mejorar las propiedades de la subrasante existente en su zona de estudio adicionando basalto. En esta investigación se demostró que en una proporción de 30 a 70% con roca basalto, puede mejorar significativamente la capacidad portante de las subrasantes toda vez que las pruebas de CBR presentan valores altos, incluso son menos vulnerables a la erosión y desgaste granular.

Babu, & Chouksey (2011), estos autores, en su investigación "STRESS - STRAIN RESPONSE OF PLASTIC WASTE MIXED SOIL", tienen como objetivo, estabilizar los suelos de origen arcillosos adicionando material plástico reciclado y aplicando metodología experimental, donde se hicieron pruebas de compresión unidimensional de un suelo, consolidación no drenada y compresión no confinada de un suelo, para observar los cambios de un suelo rojo mezclados en diferentes proporciones con plástico reciclado. Antes de la prueba de laboratorio, el suelo presenta los siguientes valores paramétricos: límite líquido (LL = 39%), límite plástico (LP = 26%), gravedad específica (G = 2.6) y óptimo contenido de humedad (OCH = 17.8%). El material de plástico reciclado que se utilizó tenía las siguientes medidas: 12mm de largo y 4mm de ancho. La prueba de ensayo de compresión no confinada (UCC), demostró que la muestra sin agregado de plástico reciclado presenta fallas tipo protuberancia; en cambio, el suelo con adición no muestra estos signos. Al final se demuestra el efecto favorable del uso PET como aditivo para mejorar la capacidad portante del suelo rojo que naturalmente es un suelo arcilloso.

Ramírez (2015), en su investigación denominada "BEHAVIOR OF GRANULAR RUBBER WASTE TIRE REINFORCED SOIL FOR APPLICATION IN GEOSYNTHETIC REINFORCE SOIL WALL". Ha logrado mejorar las características y propiedades del suelo arcilloso con adición de caucho. Usando metodología experimental descriptiva realizó pruebas de laboratorio tanto para la muestra de suelo en estado natural sin aditivos y otro con aditivos. El suelo arcilloso que se utilizó, presentaba las siguientes características paramétricas: límite líquido (LL = 53%), límite plástico (LP = 39%) y gravedad específica (GE = 2.72). Los resultados demostraron una mejora en la cohesión, tras ser estabilizado con

caucho. Se establecieron las siguientes dosificaciones de 5%, 10% y 20% de caucho granular.

Adla & Mudigonda (2020), en EXPERIMENTAL STUDY ON THE SUITABILITY OF BASALT FIBER REINFORCED RED SOIL FOR HIGHWAY CONSTRUCTION, tienen como objetivo de investigación el estudio experimental sobre la idoneidad de la fibra basáltica en suelos rojos arcillosos, reforzado para la construcción de carreteras. Destaca la importancia del basalto para su uso en estructuras pesadas como carreteras, puentes, terraplenes, que requieren un buen suelo de cimentación. Los autores demostraron, las excelentes propiedades mecánicas del basalto. En este estudio se intenta encontrar la idoneidad del suelo rojo obtenido localmente con la adición de fibras de basalto para la construcción de carreteras. En este caso, diferentes porcentajes de fibras de basalto (0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1%, 1,2% y 1,4%) en peso de tierra cruda agregaron a la tierra roja convencional. Los resultados experimentales muestran que la adición de fibra de basalto de manera efectiva aumentando la fuerza del suelo. La adición de fibra de basalto alrededor del 0,8% (por peso del suelo) puede mejorar significativamente la resistencia de suelo sub-rasante y también mejora eficientemente el diseño de estructura de pavimento para carreteras.

Krayushkina & Bieliatynskiy (2016), desarrollaron la siguiente investigación: PERSPECTIVES ON USING BASALT FIBER FILAMENTS IN THE CONSTRUCTION AND REHABILITATION OF HIGHWAY PAVEMENTS AND AIRPORT RUNWAYS, cuyo objetivo es determinar la viabilidad económica y ecológica del basalto para la infraestructura de transporte envejecida, que requiere hacer rehabilitación y mejora de los pavimentos existentes. Ante el rápido aumento tanto del volumen como de la intensidad del tráfico en los últimos años, aseguran que hay una necesidad importante de diseñar y construir pavimentos de larga duración que posean alta durabilidad, rugosidad o suavidad adecuadas, y que ayuden a lograr un mayor intervalo de tiempo entre refacción. En esos sentido han demostrado que el uso de fibras de basalto mejora la durabilidad y las propiedades mecánicas del asfalto. La adición de fibra de basalto a la mezcla de cemento y

hormigón resultó en la mejora de las propiedades físico-mecánicas (aumento de la resistencia a la compresión en un 20%, resistencia a la flexión en un 20-25%, resistencia a las heladas y resistencia al agua en un 15-20% y abrasión). También se demostró de cómo el filamento de fibra de basalto proporciona un endurecimiento tridimensional en comparación con refuerzo tradicional que pone a disposición el endurecimiento bidimensional.

Sheng & Aihong (2019), estos autores desarrollaron la siguiente investigación titulada, INVESTIGATING THE EFFECTS OF CHOPPED BASALT FIBER ON THE PERFORMANCE OF POROUS ASPHALT MIXTURE cuyo objetivo es determinar la influencia de las picadas de basalto en mezclas asfálticas porosas. Estos autores demostraron que las fibras de basalto picadas (CBF) son un aditivo eficaz no solo para subrasantes sino también para mejorar el rendimiento mecánico y a la fatiga de las mezclas asfálticas. Verificaron el efecto de las fibras de basalto picadas con diferentes longitudes (sin fibra, 3 mm, 6 mm, 9 mm y 12 mm) y contenidos (3% y 4%) sobre el comportamiento de la mezcla asfáltica porosa. Se llevó a cabo una serie de pruebas para determinar la longitud y el contenido óptimos de la fibra basáltica: la prueba de estirado, la prueba de abrasión, la prueba de tracción dividida por congelación-descongelación, la prueba de seguimiento de la rueda, la prueba de resistencia al agrietamiento a baja temperatura y la prueba de viga de flexión de cuatro puntos.

Según los antecedentes a nivel nacional tenemos a: Goñas (2019) en su tesis “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA USO COMO SUBRASANTE MEJORADA” tiene como objetivo hacer estudio sobre la mejora de las características del suelo a nivel de subrasante con la finalidad de diseñar un pavimento flexible , usando una metodología del tipo aplicada determinó el efecto estabilizante de las cenizas de carbón en las propiedades mecánicas (CBR) de los suelos tipo CH y OH, pero aun así el CBR no supero el 3.5%, siendo el valor mínimo establecido por la norma de 6%.

Medina (2020) en la tesis “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL ASERRÍN Y LA CENIZA DE CARBÓN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE, CARABAYLLO, LIMA 2019” planteó como su objetivo principal incrementar la

capacidad portante y propiedades mecánicas del suelo a nivel de subrasante en su zona de estudio la cual está ubicada en Carabayllo. Utilizo una metodología de tipo aplicativo y un diseño cuasi experimental esto debido a que la zona de estudio fue determinada directamente por el autor. En esta investigación se concluyó que el suelo es arena arcillosa con 63% de arena y 37% de finos. Luego, agregó porcentajes de aserrín y también de cenizas de carbón, observó mejoras positivas, sobre todo un aumento muy significativo en el CBR. Además, determino que la combinación de aserrín en 6% con cenizas de carbón en un 20%, estabilizan el suelo estudiado, y aumentan el CBR a un 75%, logrando de esta forma que el suelo pase de ser un suelo pobre a ser un suelo muy bueno.

Lino & Quispe (2020), ambos autores desarrollaron la siguiente tesis denominada: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL USO DE FIBRA DE BASALTO EN EL CONCRETO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE ESTRUCTURAS SUMERGIDAS EN LAS ZONAS MARINAS DE PISCO, tiene como objetivo de investigación evaluar el uso de las fibras de basalto para elaborar un concreto especial resistente a la corrosión marina. Comprobaron de como la fibra de basalto puede mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Como punto de referencia y comparación los autores tomaron en cuenta el concreto convencional y lo compararon con el concreto que tiene polímeros de basalto. Luego ambos tipos de concretos fueron sometidos a los ensayos de compresión y tracción para medir su resistencia. El concreto con basalto resultó teniendo mayor resistencia. Adicionalmente realizaron ensayos para medir su durabilidad tales como álcali-sílice y carbonatación. económicos surgidos por la pérdida de materiales generado por la corrosión.

Sumarriva & Ortiz (2018) en la tesis denominada “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LAS CALLES DE LA URBANIZACIÓN SAN LUIS DE LA CIUDAD DE ABANCAY” formularon como objetivo de investigación, estabilizar la subrasante de la urbanización San Luis en Abancay. Para conseguirlo aplicaron una metodología con un enfoque cuantitativo que les permitieron caracterizar de forma más eficiente

los valores obtenidos en los ensayos realizados. Analizando sus resultados de CBR concluyeron que no se cumplen con las normas que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Reglamento Nacional de Edificaciones. Por lo tanto, no puede ser utilizada como base o sub base ya sea para dar soporte a pavimentos flexible a pavimentos rígidos.

Ramos (2014); desarrollo la siguiente tesis: "MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARÁ HUANCVELICA 2014". En su investigación este autor busca mejorar la resistencia de la sub rasante utilizando polímeros reciclados en carreteras, obtenidos de las botellas descartables. Al agregar polímeros reciclados y botellas descartables, hay una mejora significativa en las propiedades físicas y mecánicas del suelo subrasante. Suelo estudiado en esta investigación el tipo de suelo estudiado es suelo arcilloso de partículas muy finas por eso mismo tiene baja capacidad portante para edificaciones, pero al agregar PR en 1,5% cuyas dimensiones son entre 5 y 10 mm se va a notar se nota un incremento importante únicamente importante en el valor del CBR llegando hasta 26%. El suelo estudiado es tipo arcillosos, siendo su granulometría muy fina por lo que se reduce su capacidad portante sin embargo cuando se agrega PR hasta 1,5% con dimensiones de 5 a 10 mm de forma rectangular se incrementa el promedio del CBR y esta investigación alcanzó el 26%.

Farfan & Huaquia (2021), Estos autores desarrollaron la tesis titulada, ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE BASALTO Y LIGNINA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. En esta investigación los autores buscan comprobar el comportamiento de la mezcla asfáltica al incorporar fibras de basalto y lignina. Los autores hicieron las siguientes pruebas de ensayo: los ensayos de estabilidad y flujo de Marshall, y el ensayo de resistencia a compresión en la mezcla asfáltica. Al agregar un porcentaje ínfimo de fibra de basalto (0.3%) y un poco de lignina los resultados obtenidos, son: aumento para la estabilidad de la mezcla en 6.45%, el índice de rigidez de Marshall en 5.8% y la resistencia a compresión en 4%. Estos resultados concluyentes demuestran la obtención de una mezcla de asfalto con mayor resistencia y mayor durabilidad, al incorporar fibras de basalto.

Para una mejor perspectiva, se expone los conceptos de las bases teóricas relacionadas al tema, así tenemos: como variable independiente se tiene Roca basalto, el basalto es una roca ígnea de color oscuro, de grano fino, compuesta esencialmente de minerales plagioclasa y piroxeno. Se forma más comúnmente como una roca extrusiva, pero también puede formarse en pequeños cuerpos intrusivos, como un dique ígneo. El basalto es una roca extrusiva máfica, más abundante de todas las rocas ígneas y comprende más del 90% de todas las rocas volcánicas. Debido a su contenido de sílice relativamente bajo, la lava de basalto tiene una viscosidad comparativamente baja y forma flujos delgados que pueden viajar largas distancias.

Figura 1. *Roca basalto*



Fuente: Elaborado en geologíaweb.com

Respecto a la Clasificación

Es prioritario mencionar que los basaltos se clasifican en base a su propiedades químicas y petrográficas en basaltos toleíticos y alcalinos. Las lavas basálticas tholeiíticas contienen plagioclasa cálcica con augita, pigeonita y olivina como minerales máficos dominantes. Contienen entre un 45 y un 63 por ciento de sílice, son ricos en hierro.

Respecto a las Propiedades físicas y químicas

Además, se tiene excelentes propiedades, una alta impermeabilidad y una alta densidad. Como propiedades mecánicas son de gran dureza, de buena resistencia a la compresión y poco abrasiva. Es muy resistente al fuego, y tiene excelentes propiedades a la dilatación térmica y a la conducción térmica. Respecto a su composición química, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1: Composición de la roca Basalto

Composición	Porcentaje
Silice (SiO ₂)	42.16%
Alumina (Al ₂ O ₃)	14.18%
Calcio (CaO)	10.39%
Magnesio (MgO)	8.79%
Hierro Ferroso (Fe ₂ O ₃)	6.40%
Hierro ferrico (Fe ₂ O ₃)	5.00%
Sodio (Na ₂ O)	3.80%
Titanio (TiO ₂)	2.80%
Potasio (K ₂ O)	0.96%
Manganeso (MnO)	0.19%
Anhidrido fosfórico (P ₂ O ₅)	0.19%

Fuente: (Saboia, 2020)

Respecto a la Aplicación

Debido a sus propiedades mecánicas y físicas es un buen material para mejorar la subrasante en la construcción de vías. Debido a su dureza, resistencia, leve abrasión, es usado en obras de construcción, carreteras y otros, se usa también para agregado para el concreto y pavimentos.

También es utilizado para cubiertas de cocina, baños, fachada, paredes debido a también gracias a sus características de dureza y baja absorción, es usado en suelos. También se usa en baldosas, decoraciones en general e infraestructuras viales. (Maldonado, 2018)

Vías locales

De acuerdo con el manual de carreteras EG-2013, una vía local tiene por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación de ellas.

Tabla 2: Número de controles en la subrasante por cada 100m

Tipo de vía	Número de controles en subrasante cada 100m de vía para grado de compactación y CBR
Expresas	4
Arteriales	3
Colectoras	2
Locales	1

Fuente: Manual de carreteras. EG – 2013

Por otro lado tenemos para esta investigación se evalúa un suelo de subrasante, para pavimento flexible, la avenida en el presente estudio es de acuerdo con sus características, un tipo de vía local.

Subrasante

Además en la ingeniería civil, la subrasante es el material básico debajo de una carretera de construcción, pavimento o vía férrea, también se le llama nivel de formación, la subrasante también puede referirse al material importado que se ha

utilizado para construir un terraplén. Es el material básico para la construcción de carreteras, pavimentos o vías férreas.

Respecto Rendimiento y eficiencia

El rendimiento de la subrasante depende de estas características básicas:

- Capacidad de carga.
- Contenido de humedad.
- Estabilización con cemento o ligante asfáltico.
- Capas de base adicionales.
- Resistencia y rigidez del suelo subrasante.

Propiedades de la subrasante del suelo

Estabilidad

Por otro lado, los suelos de subrasante deben tener suficiente resistencia a la deformación permanente bajo cargas de tráfico.

Incompresibilidad

Asimismo, la superficie terminada de la subrasante debe estar bien compactada para evitar la compresión bajo una carga de tráfico pesado y brindar un buen soporte al pavimento de la carretera.

Durabilidad

Del mismo modo, el suelo de la subrasante es el componente más importante del pavimento de carreteras; si la subrasante es débil, afecta la durabilidad del pavimento de la carretera, por lo que la capacidad de carga del suelo de subrasante debería ser suficiente para una durabilidad a largo plazo.

Capacidad de drenaje

Así también la capacidad de drenaje también es una propiedad importante del subgrado. La subrasante debe tener una excelente capacidad de drenaje, de lo contrario afectará la resistencia del pavimento. Es necesario un buen drenaje para

evitar la retención excesiva de humedad y minimizar la posible acción de las heladas.

Facilidad de compactación

Además, los suelos de sub-grado deben tener buenas propiedades de compactación. Una superficie de subrasante bien compactada aumenta la resistencia y durabilidad de los pavimentos de carreteras. Debido a la facilidad de compactación, se garantiza una alta densidad y resistencia. Los suelos de subrasante deben tener resistencia a la intemperie, por lo tanto, deben conservar el soporte deseado. Debe haber un cambio mínimo en la cantidad de estabilidad en condiciones climáticas adversas y agua imponente.

Estabilización de la subrasante

También se tiene presente que estabilizar una subrasante representa un proceso por el cual se utilizan elementos de refuerzo geosintéticos o naturales para proporcionar capacidad de construcción y acceso sobre suelos muy blandos, ya que la subrasante da soporte estructural a la vez que controla el comportamiento del pavimento durante la construcción y operación.

Cuando se busca estabilizar la subrasante se toma en cuenta las propiedades primordialmente físico mecánicos de un suelo. Ambas propiedades influyen significativamente en:

- La respuesta de una subrasante a la carga repetida y pesada del tráfico y las operaciones de construcción.
- La capacidad de colocar y compactar capas de material superpuesto, y
- El rendimiento a largo plazo de la subrasante del pavimento.

Teóricamente se admite que la subrasante debe ser lo suficientemente fuerte para evitar surcos y empujones excesivos y lo suficientemente rígida para minimizar la deflexión elástica.

Además, estabilizar suelos para subrasante tiene por meta mejorar las características del suelo, como su plasticidad y capacidad de soporte; aumenta la resistencia mecánica, mayor afinidad versátil entre partículas y asegura que las condiciones de humedad del suelo tengan un rango de variación muy estrecho. En ese sentido la para la estabilización de la subrasante se toman en cuenta, los documentos proporcionados por el manual de carreteras del MTC.

Estabilización de la subrasante con basalto

También para estabilizar una subrasante se puede utilizar diferentes tipos de materiales tales como la piedra caliza triturada, concha de ostra, concha de coquina, tamices de roca o cualquier otro material, incluidos los materiales reciclables, que sean adecuados; pero la estabilización con fibras de basalto tiene relevancia especial, no solo por sus propiedades físico – químicas sino también por su amplia distribución en la corteza terrestre.

Este estudio es una investigación sobre la evaluación del aumento de la resistencia del suelo, que se ve reforzado, en diferentes porcentajes, por fibras de basalto. Al respecto Cyrille & Sedat (2016), con base en los resultados experimentales, han demostrado que la resistencia al cizallamiento de suelos limosos sin drenaje aumenta con la inclusión de fibras de basalto. Se ha encontrado que el contenido óptimo de fibra (en peso del suelo) correspondiente a la mejora máxima de la resistencia es del 1,5%. La ganancia adicional de resistencia no se observa cuando el contenido de fibra aumenta más al 2%. También se ha verificado que la longitud de la fibra tiene un efecto significativo en el corte no drenado en suelos con limos y las muestras de fibras de 24 mm agregadas dan resistencias más altas en relación con las muestras agregadas de fibras de 6 mm y 12 mm.

Pavimento flexible

Composición

También este pavimento, es una estructura formada por una capa de superficie de material bituminoso y capas de base y subbase continuas. Comúnmente se usa el asfalto cuya naturaleza viscosa, le permite al pavimento una deformación plástica muy alta. El pavimento se construye sobre una base de grava, aunque algunas superficies de asfalto de son construidas directamente encima de la subrasante.

Clasificación

Dependiendo de la temperatura de aplicación, el asfalto es clasificado como mezcla de asfalto en caliente (HMA), mezcla de asfalto en caliente o mezcla de asfalto en frío. El pavimento flexible se denomina así porque la superficie de esta estructura refleja la deflexión total de todas las capas colocadas debajo de ella, debido a la carga de tráfico actuante sobre él.

Diseño de pavimento flexible

Por otro lado, el diseño del pavimento flexible, consiste en el diseño de espesores de las capas que la conforman, a partir de características de distribución de carga, donde se transmite cargas hacia la subrasante mediante una combinación de varias capas. El pavimento distribuye la carga sobre un área más pequeña de la subrasante de debajo.

Clasificación del Suelo

También la clasificación de suelos, se hace tomando en consideración el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), la cual establece parámetros y define grupos y también el nombre del suelo o material.

Así mismo para identificar el suelo es importante realizar un análisis que determine y organice forma segura el tipo de material que se quiere usar para fines de ingeniería.

De acuerdo con el sistema Unificado, los suelos gruesos se dividen en suelos gravosos (G) y suelos arenosos (S), a su vez estas se subdividen en 4 grupos

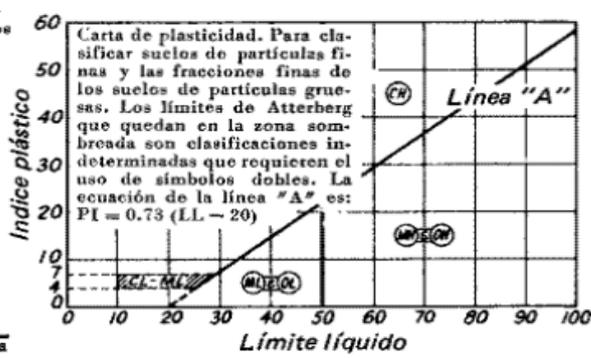
llamados bien graduadas (W), materiales graduados con arcillas (C), mal graduados (P) y materiales gruesos con finos (M).

Los suelos finos se dividen en 3 grupos denominados suelos limosos inorgánicos (M), suelos arcillosos inorgánicos (C), y suelos Limo o arcillas orgánicas (O)

De manera general los suelos se simbolizan de la siguiente forma: Grava (G), Arena (S), Arcilla (C), Limos (M).

Figura 2. Clasificación SUCS

Divisiones principales		Símbolos del grupo	Nombres típicos	Criterios para la clasificación	
Suelos de partículas Gruesas Más del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas 50% o más de la fracción gruesa se retiene en la malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 No satisfacen ambos criterios para GW	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4. Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos		
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.		
	Gravas con finos	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4. Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7	
		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos		
		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos		
	Arenas limpias	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Mayor que 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 No se satisfacen ambos criterios para SW	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4. Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
		ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos arenosos o arcillos ligeramente plásticos		
	Suelos de Grano Fino 50% o más pasa la malla No. 200	Arenas con finos	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas dobles	Clasificación según el porcentaje de finos GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC Clasificación indeterminada, que requiere el uso de símbolos dobles
OL			Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
MH		Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos			
CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas			
OH		Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad			
Suelos con elevada proporción de materia orgánica		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos.	Identificación visual o manual	



Fuente: Elaborado por Quispe, 2020

Granulometría

Es un ensayo donde se establece un juego de tamices, y se va haciendo el cálculo del retenido en cada tamiz, luego se traduce en una curva granulométrica. Si es un material con gran concentración en un solo tamiz, significa una gran cantidad de vacíos y si se concentra en los tamices más finos significa que el material tiene menor permeabilidad.

De acuerdo con Cañar (2017), la granulometría es una propiedad muy característica del suelo que va relacionado a los tamaños de las partículas en una fracción del suelo. Comúnmente se hace el ensayo granulométrico para conocer las características que van relacionadas a la porosidad de los suelos. (p. 13)

Contenido de Humedad

Por otro lado, la relación entre el peso del agua presente en el suelo en estado natural y el peso de la misma luego de haberla secado en un horno a temperatura de 110°C.

De acuerdo con (Cañar, 2017), el comportamiento y resistencia en los suelos dependen del contenido de agua que posean en el interior, ya que éste, influye en el cambio de volumen y la estabilidad del suelo. Esta propiedad suele representarse en porcentajes que van desde 0% (suelo seco) hasta un valor de 100% (suelo completamente saturado). (p.14)

Límites de Consistencias

También los límites de consistencia o límites de Atterberg se usan para caracterizar el funcionamiento en los suelos finos basados en que todo suelo natural puede encontrarse diferentes estados dependiendo de cuanto contenga en agua, pudiendo encontrarse en estado sólido, líquido o plástico.

De acuerdo con Cañar (2017), el límite líquido (LL) indica la cantidad de humedad representada en porcentaje, donde un suelo puede estar en medio de los estados

plástico y líquido, mientras que el límite plástico (LP) indica el contenido de humedad representada en porcentajes de suelo seco, donde un suelo puede cambiar de un estado plástico, a un estado semisólido o de un estado semisólido a sólido. (p.14)

El Índice de plasticidad mide cuánta agua puede absorber un suelo. Por lo que idealmente se espera que este valor no sea muy alto.

Figura 3. *Copa de Casagrande*



Fuente: Elaborado por Altamirano & Díaz (2015)

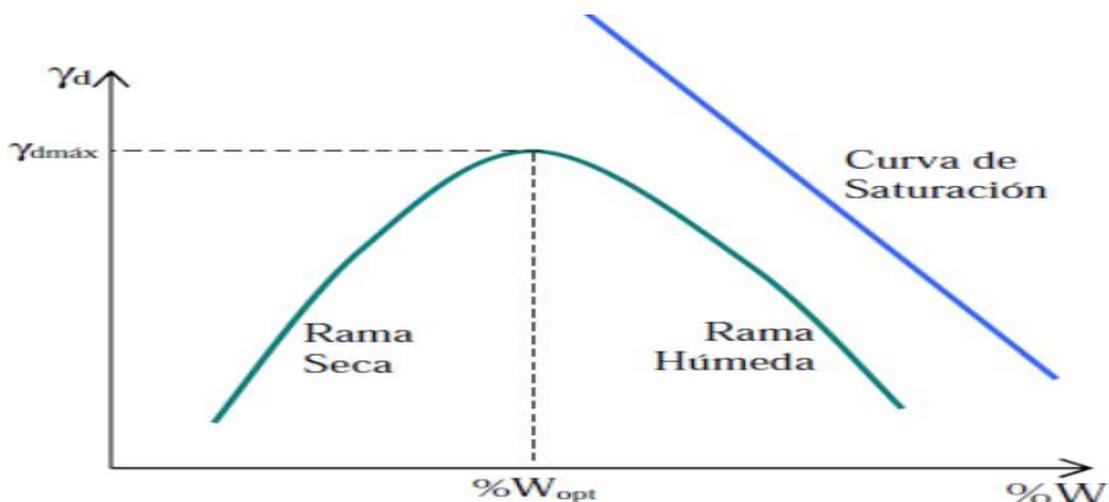
Ensayo Proctor modificado

Al respecto, al ensayo proctor consiste en el proceso de compactación para aumentar el peso volumétrico de un material granular. Generalmente, cuando se compacta un suelo se aumenta la resistencia al corte y, por ende, se mejora la estabilidad y capacidad de carga de los mismos. Se disminuye la compresibilidad y así se reduce los asentamientos. También se disminuye la relación de espacios vacíos y se reduce la permeabilidad. (Mamani, 2018, p. 22)

La máxima densidad seca (MDS) de un suelo se puede alcanzar, mediante los ensayos de laboratorio o en obra por medio de la compactación, esta característica sobre todo depende del tipo de suelo, sean para arenas, arcillas o gravas, siendo las gravas las más resistentes El óptimo contenido de humedad suele variar de 4% para suelos de grano grueso, a un 35% en arcillas pesadas. (Mamani, F. 2018, p. 24)

La curva que resulta del ensayo es denominada curva de compactación, ésta llega a un punto máximo para después decrecer, la parte máxima es el punto denominado máxima densidad seca o γ_d máx, y el porcentaje de humedad respectiva será “óptimo contenido de humedad $\%W_{opt}$ ”. (Mamani, 2018, p. 24)

Figura 4. Curva de compactación Proctor



Fuente: Elaborado por Guerra (2020)

Ensayo CBR (California Bearing Ratio)

Por otro lado, respecto a los ensayos a realizar para mi investigación es el ensayo denominada California Bearing Ratio (CBR), el cual está regulado por la norma MTC E132; se utiliza para analizar la capacidad al esfuerzo de corte del suelo. Los resultados que se obtienen mediante el ensayo CBR se determinan para 0,1” y 0,2” de penetración, con tensiones de 1000 lb y 1500 lb por pulgada cuadrada para cada muestra que se haya preparado previamente o las necesarias para poder obtener

una mejor grafica que represente los resultados obtenidos laboratorio se sumergen en agua hasta que esta logre la saturación. Las pruebas de CBR se realizaron en muestras compactadas de laboratorio, suelo de campo y muestras de campo no perturbadas.

Figura 5. *Materiales para el ensayo CBR*



Fuente: *Elaborado por UNI (2006)*

De acuerdo con el manual del MTC suelos y pavimentos 2013, la subrasante puede clasificarse según CBR tal y como se muestra en el siguiente cuadro. Si el suelo presenta un CBR pobre o muy pobre es necesario reemplazarlo.

Tabla 3. *Categorías de Subrasante*

Tipo	Categoría de Subrasante	CBR
So	Subrasante Muy mala	CBR < 3%
S1	Subrasante Mala	3% ≤ CBR < 6%
S2	Subrasante Regular	6% ≤ CBR < 10%
S3	Subrasante Buena	10% ≤ CBR < 20%
S4	Subrasante Muy Buena	20% ≤ CBR < 30%
S5	Subrasante Excelente	30% ≤ CBR

Fuente: *Elaborado por manual MTC Suelos y Pavimentos, 2013*

Ensayos Químicos para suelos y rocas

Contenido de sales solubles Totales

Asi mismo, este experimento se determina bajo la norma técnica peruana NTP 339.152, mediante el cual se determina la cantidad de sales solubles totales en suelos o rocas (Cieza, 2017)

Contenido de Sulfatos

Tambien, se determina bajo la norma técnica peruana NTP 339.118, a partir del cual se determina la cantidad de iones sulfatos solubles en suelo o roca (Cieza, 2017)

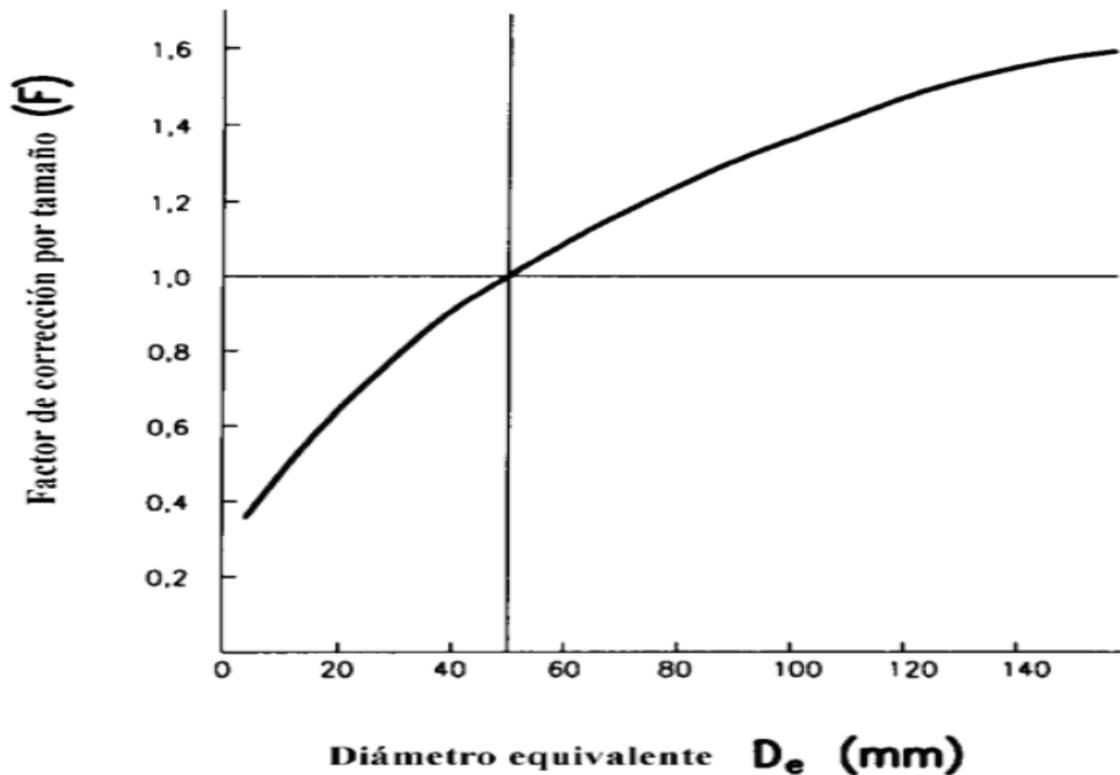
Contenido de cloruros solubles

Ademas, este ensayo determina la cantidad de iones cloruros solubles en el agua. El procedimiento de este experimento esta establecido en la NTP 339.177. (Cieza, 2017)

Ensayo de Carga Puntual para Roca

Asi mismo mide la resistencia de carga puntual para rocas, puede realizarse con bloques de roca o fragmentos del mismo. Mediante este ensayo se aplica una carga de forma perpendicular, donde la carga se incrementa hasta que se produzca la rotura. Luego de registrar la cantidad de carga se corrige multiplicandolo por un Factor de corrección, que no es otra que una evaluación de la muestra para un diámetro equivalente de 50mm

Figura 6. Factor de corrección



Fuente: Elaborado por Universidad de la Laguna

Con el valor obtenido se clasifica a la roca, según su resistencia:

Tabla 4. Categorías de la roca según su resistencia

Tipo	Nomenclatura	Resistencia
R1	Roca muy débil	1 – 5 Mpa
R2	Roca débil	5 – 25 Mpa
R3	Roca media	25 – 50 Mpa
R4	Roca dura	50 – 100 Mpa
R5	Roca muy dura	100 – 250 Mpa
R6	Roca extremadamente dura	> 250 Mpa

Fuente: Elaborado por manual MTC Suelos y Pavimentos, 2013

Abrasión de los ángeles

Mediante este ensayo se determina la resistencia al desgaste de los agregados triturados. Se utiliza el material retenido en los tamices 1", 3/4", 1/2" y 3/8", para una muestra de 5kg.

Figura 7. Máquina de abrasión de los ángeles



Fuente: Elaborado por Castro (2020)

Del mismo modo se coloca dentro de la máquina el material, y se añade como carga de abrasión, esferas de acero que pesan 400g aproximadamente, y se añaden dependiendo de la granulometría que cumpla el agregado, ver tabla siguiente.

Tabla 5. Tabla para ensayo de abrasión

Granulometría	Número de esferas	Resistencia
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	10	3330 ± 25
D	9	2500 ± 25

Fuente: Elaborado por Castro (2020)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación

La elaboración de este estudio es de tipo aplicada porque busca solucionar un problema concreto, en este caso mejorar la subrasante para el pavimento de la Avenida Las Torres, adicionando fibras de basalto para el mejoramiento del suelo. En ese sentido se trata de una investigación aplicada, una investigación práctica que resuelve un problema concreto.

Diseño de investigación

Este estudio de investigación, el diseño de investigación que corresponde es de tipo cuasi experimental. En esta investigación se va a estudiar los efectos del basalto en la mejora de la subrasante. En ese sentido la muestra no se selecciona de forma al azar, sino que se establece según el criterio de investigador, siendo elegido los suelos de la Av. Las torres en Chosica.

Nivel de investigación

Por último, para esta tesis, el nivel de investigación de tipo explicativo debido a qué se va a llegar a un nivel de detalle al cuantificar el comportamiento paramétrico del basalto y sus efectos dinámicos en el pavimento flexible.

Enfoque de la investigación

La presente investigación se enmarco en el enfoque correspondiente, es de tipo cuantitativo porque se cuantifica valores paramétricos del basalto, así como su influencia en la sub rasante cuyos cambios son expresiones numéricas. En ese sentido esta investigación es de tipo cuantitativo donde, por otro lado, se busca explicar el comportamiento de los fenómenos investigados, identificando a la serie de regularidades y relaciones causales entre cada elemento cuantificando cada valor obtenido en el laboratorio para su posterior descripción.

3.2. Variables y operacionalización

Esta tesis titulada Estabilización de la subrasante adicionando roca basalto para pavimento flexible en la Avenida Las Torres, del Distrito de Lurigancho, Lima 2021, se compone de dos variables, que se disgrega de la siguiente forma: variable dependiente y variable independiente.

$X = \text{Adición de roca basalto}$

$Y = \text{Estabilización la subrasante para pavimento flexible}$

$$Y = f(X)$$

Por ello, la variable independiente para la presente investigación es: **La adición de roca basalto**, por su naturaleza no depende de otra, pero otra variable si depende de ella. Por otro lado, la **Variable dependiente** para la presente investigación es **Estabilización de la subrasante para pavimento flexible**.

3.3. Población, Muestra y Muestreo

Población:

Respecto a la población para esta investigación se considera todo el suelo comprendido a lo largo de la Av. Las Torres del Distrito de Lurigancho.

Muestra:

Por consiguiente, la muestra en esta investigación comprende 3 Km de suelo en la Avenida Las Torres en el distrito de Lurigancho. Se considera el tramo comenzando del Ovalo Huañe, y se realizan 6 calicatas de forma manual distanciados cada 500m. Se obtienen muestras representativas y se llevan a laboratorio para ensayarse con roca basalto como aditivo estabilizante, en dosificaciones específicas: +10%, 20%, 30%, 40% y 50% de roca basalto.

Muestreo:

A causa de lo que antes se ha dicho se considera una parte de la muestra que realizo en la presente investigación donde se detalla el procedimiento para obtenerla.

De acuerdo a las referencias teóricas sobre el muestreo, para este proyecto de investigación se elegirá el tipo no probabilístico, toda vez que, la muestra fue delimitada a elección del autor. El muestreo no fue al azar, sino que se tomó en cuenta algunas características a criterio del investigador.

Unidad de análisis

Se considera a todos los sujetos que tienen las mismas características que la muestra. Para este proyecto se elige como unidad de análisis a todas las subrasantes de la Avenida Las Torres.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Técnicas de investigación

Consecuentemente, para la presente investigación se utilizaron las técnicas son una gran variedad de herramientas e instrumentos que sirven para recolectar información y también para obtener más conocimiento, por lo que también se trata de un conjunto de procedimientos y estrategias. En ese sentido como técnicas se consideran la observación, la medición, la recolección, la cuantificación paramétrica y la experimentación. La observación será la técnica más importante que se va a utilizar en todo momento para la verificación y comprobación directa de los resultados sujetos a mediciones, modelamiento y cálculos.

Instrumentos de recolección

Así mismo, los instrumentos de investigación son un conjunto de mecanismos que permiten extraer y recolectar información utilizando hojas de campo, dispositivos electrónicos y otros tipos de herramientas.

En proyectos de ingeniería civil relacionados a la investigación científica por lo general se utilizan formatos e instrumentos normalizados para los diversos procedimientos de campo y ensayos en el laboratorio. Se realizan en laboratorio la granulometría, límites de consistencia, Proctor y CBR, y adicionalmente ensayos químicos para suelo y roca, ensayo de abrasión y ensayo de carga puntual para roca basalto. Por eso mismos los instrumentos de investigación permiten obtener información relevante para cuantificar y caracterizar las variables, las dimensiones y los indicadores de investigación. Cada variable de la investigación tiene sus propios instrumentos de recolección de datos.

Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación

También en la presente investigación se utilizó la validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación tienen que ser exactos y seguros. Por eso mismo para esta investigación los instrumentos serán validados a juicio de expertos ingenieros Civiles y los experimentos en laboratorio certificado. De esta manera se contará con instrumentos que aseguren la ausencia de errores.

3.5. Procedimiento

En este punto se realizó la amplitud y profundidad de la presente investigación requiere de un conjunto de procedimientos que aseguren el cumplimiento de los objetivos, en ese sentido comprende la siguiente secuencia: el paso 1, la extracción de la roca basalto, de las playas de Lima y una vez extraiga la cantidad necesaria, se llevará a laboratorio para determinar sus propiedades físicas y químicas para posteriormente triturarlas y de esa forma obtener el material grueso del tamaño apropiado para estabilizar la subrasante; también se realizó el paso 2, hacer calicatas en los puntos georreferenciados en la Av. Las Torres, para la obtención

de muestras representativas que permitan hacer la caracterización del suelo en laboratorio; además el Paso 3, se hará la preparación correspondiente de mezclas con las dosificaciones del basalto: 10%, 20%, 30%, 40% Y 50%. Tras estos resultados se obtendrá el porcentaje óptimo del agregado grueso (roca basalto), para estabilizar el suelo SM para suelo de subrasante de la Avenida las Torres, finalmente el paso 4, hacer la validación de la hipótesis.

Materiales usados

Consecuentemente, en términos generales los materiales que se van utilizar se sintetizan en la disponibilidad de la roca basalto y del suelo del lugar de estudio sujeto mejoramiento; todo empieza recogiendo muestra de roca basalto en las playas de Trujillo. En simultaneo también se tomarán muestras de la subrasante en la zona de estudio que corresponde a la Av. Las Torres- Lurigancho.

A continuación, se va definir los parámetros que se van evaluar en laboratorio por cada tipo de material: roca basalto y muestra de suelo subrasante. Se seguirán con los siguientes procedimientos tales como: Proceso de filtración, proceso de decantación, proceso de reducción de humedad lo que implica hacer tamizados, verificación de los límites de Atterberg considerando los métodos SUCS, AASHTO, y los lineamientos del MTC.

Otro proceso importante es la prueba o ensayo de laboratorio, Proctor Modificado, que permitirá definir los valores de MDS y OCH, para luego realizar el CBR y especificar el porcentaje de la resistencia para el suelo en estado natural. esto servirá para establecer los índices de dosificaciones del basalto en el contenido del nuevo diseño de mezcla en los siguientes porcentajes: 10%, 20%, 30%, 40% Y 50%.

Recopilación de información

Trabajos de Campo

Primero se destaca que la vía en cuestión, representa una vía local, y de acuerdo con la Norma CE0.10 Pavimentos Urbanos se requiere un número mínimo de puntos de investigación o calicatas “1 cada 3600 m²”. La avenida Las Torres en el distrito de Lurigancho, tiene una longitud a investigar de 3Km, y, ya que la vía tiene un ancho de 7.2m, se realizaron 6 calicatas cada 500m.

Tabla 6. *Número de calicatas realizadas para la investigación*

# Calicata	Ubicación de Calicata	ancho de calzada	Calicata cada:
Calicata 1	500 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 2	1000 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 3	1500 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 4	2000 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 5	2500 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 6	3000 m	7.2 m	3600 m ²

Fuente: Elaboración propia

Muestreo

Previo a la determinación y realización de los experimentos del suelo, se realizaron 6 calicatas en la Av. Las Torres, y a parte, también se recogieron las rocas basalto, y se llevaron al laboratorio.

Figura 8. Calicatas en la Av. Las torres, Lurigancho



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Calicatas manuales en la Av. Las torres, Lurigancho



Fuente: Elaboración propia

Se recogieron roca basalto de las playas y se trituraron para adicionarlo al suelo

Figura 10. *Recolección de rocas basalto*



Fuente: *Elaboración propia*

Propiedades físicas del suelo

En laboratorio se hizo el cuarteo de la muestra homogenizada, para luego proceder con los ensayos de granulometría, contenido de humedad y el IP.

Figura 11. *Cuarteo del material de suelo*



Fuente: *Elaboración propia*

También se trituró la roca basalto, con la finalidad de agregarlo al suelo en proporciones de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% y determinar el MDS y OCH del ensayo Proctor para suelo natural y suelo con roca basalto, y también la capacidad portante del suelo del ensayo CBR para suelo natural y suelo con roca basalto.

Figura 12. *Muestreo de rocas basalto*



Fuente. Elaboración propia

Previamente a los ensayos para los objetivos respectivos, se realizaron los ensayos químicos para suelos y rocas. Se menciona que, ni el Manual del MTC EG – 2013 ni tampoco la norma técnica para pavimentos urbanos CE.010 tienen ninguna exigencia sobre ensayos químicos o adicionales para suelo y roca en caso de subrasantes, puntualmente indican estos ensayos para capas superiores a la subrasante como subbase o base del pavimento. Sin embargo, por temas de investigación, se han hecho las pruebas para sales totales solubles, sulfatos y cloruros para suelo de la Avenida Las Torres y para la roca basalto. Adicionalmente se realizaron los ensayos de abrasión de los Ángeles y carga puntual para la roca basalto.

Además, todos los ensayos se hicieron bajo las normas del MTC, ASTM o NTP. A continuación, se especifica cada ensayo con su respectiva normativa:

Tabla 7. *Ensayos de laboratorio y normativa correspondiente*

Ensayo	Norma
Análisis granulométrico	MTC E 107
Contenido de humedad	MTC E 108
Límites de Atterberg	MTC E 111
Clasificación de suelos SUCS	ASTM D 2487
Ensayo Proctor Modificado	MTC E 115
Ensayo CBR Ensayo Sales totales solubles	MTC E 132 NTP 339.152
Ensayo sulfatos solubles	NTP 339.178
Ensayo de contenido de cloruros solubles	NTP 339.177
Ensayo de abrasión de los Ángeles	MTC E 207
Ensayo de carga puntual	ASTM D 5731

Fuente. Elaboración Propia

Ensayos Químicos para suelo natural y Roca Basalto

Ensayo de sales totales Solubles

Respecto al ensayo de contenido de sales totales solubles, realizado bajo la norma NTP 339.152, para la roca se han tomado muestras trituradas, con una cantidad apropiada se ha colocado en un matraz, y se ha añadido agua sin minerales con la finalidad de disolver las sales. Luego de 24 horas de disolución, se a filtrado la solución hacia otro recipiente, y se ha medido la conductividad con el conductímetro. Para el caso del suelo de la Avenida Las Torres, se ha realizado de la misma forma.

Ecuación 1. Conductividad específica

$$\sigma = \frac{\sigma_s - \sigma_a}{\left(\frac{100}{P}\right)}$$

Donde:

σ : Conductividad específica

σ_s : Conductividad de la muestra

σ_a : Conductividad del agua pura

P: Peso de la muestra

Ensayo de contenido de sulfatos

También esta prueba de contenido de sulfatos, realizado bajo la norma NTP 339.178, se han determinado la cantidad de sulfatos solubles mediante el método gravimétrico, con muestras de suelo y roca de 100 mg.

Ensayo de cloruros solubles

Además, para el ensayo de cloruros solubles, realizado bajo la norma NTP 339.177, se ha determinado la cantidad total de iones de cloruros solubles en el agua, mediante el método volumétrico de Mohr. Se ha analizado tomando muestras de 150 mg.

Adicionalmente se analizó el ph en la roca basalto, puesto que fueron extraídos muy cerca del mar.

Ensayo de carga puntual para roca

Realizado bajo la norma ASTM D 5731, se han aplicado cargas sobre 6 muestras de roca basalto, hasta la rotura de estos, obteniendo el $I_s(50)$ mediante la ecuación:

Ecuación 2. Índice de carga

$$I_{s(50)} = \left(\frac{P}{D}\right)^2 \times F_c$$

Donde:

D: Diámetro del testigo

P: Carga puntual registrada

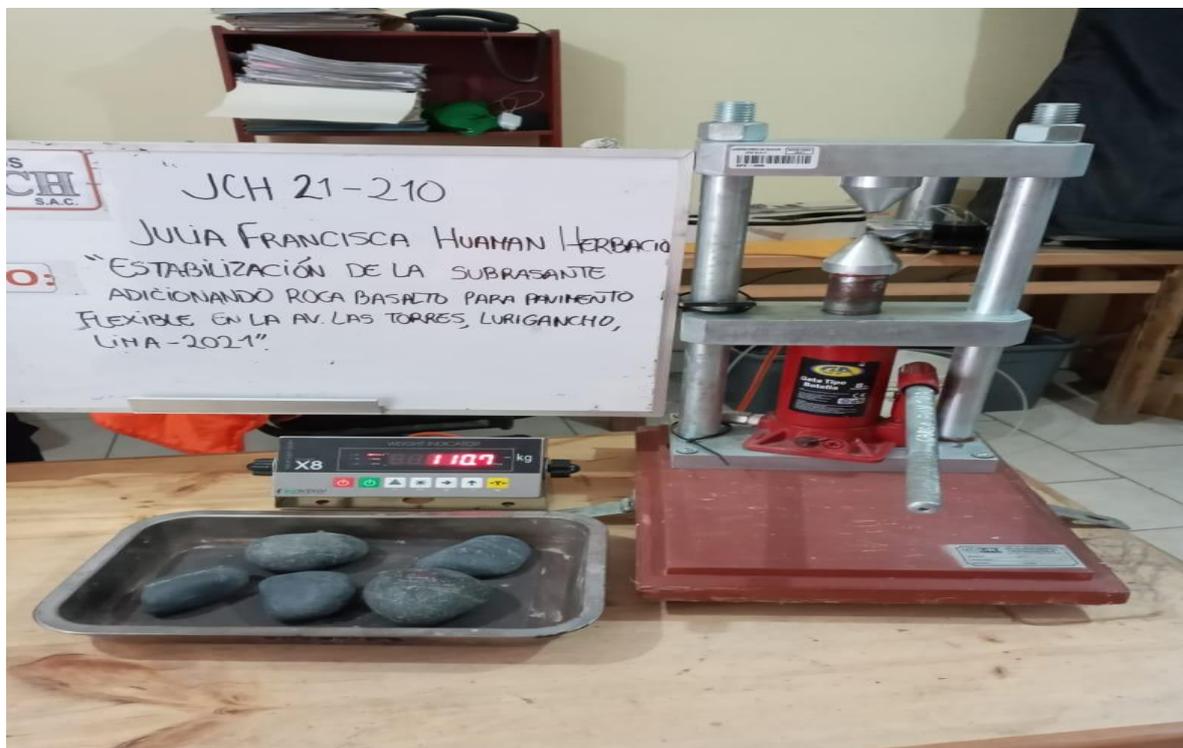
Fc: factor de corrección

Figura 13. Ensayo de carga puntual en roca basalto



Fuente. Elaboración propia

Figura 14. Ensayo de carga puntual en roca basalto



Fuente. Elaboración propia

En consecuencia, mide la resistencia de carga puntual para rocas, puede realizarse con bloques de roca o fragmentos del mismo. Mediante este ensayo se aplica una carga de forma perpendicular, donde la carga se incrementa hasta que se produzca la rotura.

Ensayo de abrasión de los ángeles

Se ha realizado este ensayo con la norma MTC E 207, bajo el método A, colocándose una muestra de 5000g, pasantes la malla 1 ½", 1", ¾" y ½". Luego de la aplicación de cargas, el desgaste registrado fue de 556g.

Ecuación 3. Desgaste por abrasión

$$\text{Desgaste} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100\%$$

Clasificación de suelos – Método SUCS

Como resultado tenemos que la granulometría, es el ensayo de granulometría consistió en tamizar el suelo y anotar el peso retenido (%PR) del material en gravas en las mallas ordenadas de mayor a menor abertura: 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", N°4. Luego, se tomó una muestra de arenas pasante malla N°4 aproximada de 1000g que fue pasado por la malla N°200, secado en horno a 100°C± 5°C durante 24 horas, luego de este tiempo se volvió a tamizar el material por las mallas N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°140, N°200.

Luego se procedió con el cálculo de porcentaje retenido, acumulado y pasante de gravas, arenas y finos para graficar la curva granulométrica y también de los coeficientes curvatura "Cc" y uniformidad "Cu"

Ecuación 4. Porcentaje de Peso retenido

$$\% PR = \frac{W_r}{W_s} \times 100\%$$

Donde:

Wr: Peso retenido

Ws: Peso seco de la muestra

Ecuación 5. Coeficiente de uniformidad

$$\% CU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \times 100\%$$

Donde:

D10: Diámetro por el que debajo queda 10% del peso total

D60: Diámetro por el que debajo queda 60% del peso total

D30: Diámetro por el que debajo queda 30% del peso total

Ecuación 6. Coeficiente de Curvatura

$$\% PR = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \times 100\%$$

Ecuación 7. Cálculo de D10, D30 y D60

$$D_x = \frac{(D_2 - D_1)}{\text{Log}\%_2 - \text{Log}\%_1} \times \text{Log}\%_x - \text{Log}\%_1 + D_1$$

Donde:

D2: Diámetro o abertura superior

D1: Diámetro o abertura inferior

%2: Porcentaje pasante al diámetro superior

%1: Porcentaje pasante al diámetro inferior

Los materiales y equipos usados en este ensayo son:

- Muestra de suelo
- Juego de tamices gruesos y finos
- Balanza con precisión 0.1g

- Horno de laboratorio
- Taras

Contenido de Humedad

Además, se tomó una muestra del material en estado natural (W) no mayor a 500g y se coloca en el horno a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Una vez retirado del horno, se pesa la muestra seca (S) y se determina el contenido de humedad (%w) con la siguiente ecuación.

Ecuación 8. Cálculo del contenido de humedad

$$w\% = \left[\frac{W - S}{S} \right] \times 100$$

Donde:

W: Peso natural del suelo

S: Peso seco del suelo

Los materiales y equipos usados en este ensayo son:

- Muestra de suelo
- Balanza con aproximación de 0.01g
- Horno para ensayos de laboratorio
- Taras o platos.

Límites de Consistencia

También, se procedió a tomar una muestra seca pasante malla N°40, para el límite líquido se humedece el material con agua destilada hasta que se obtiene una mezcla trabajable, se pone después en la copa de Casagrande, y se realiza una ranura perpendicular en la parte media del material húmedo en la copa. Se dan 2 golpes por segundo, anotando el número de golpes hasta que la ranura de separación quede unida hasta 10mm. A continuación, la muestra se lleva al horno para calcular su contenido de humedad. Luego se grafica el contenido de humedad vs el número de golpes para obtener el "límite líquido LL" y "límite plástico LP".

Finalmente se determina el “índice de plasticidad IP” mediante la ecuación.

Ecuación 9. Índice de Plasticidad

$$IP = L_L - L_P$$

Los materiales y equipos usados en este ensayo son:

- Muestra de suelo pasante malla N°40
- Tamiz N° 40
- Copa de Casagrande
- Ranurador
- Balanza de precisión 0.01g
- Horno de laboratorio
- Espátulas
- probeta para agua
- Placa de vidrio
- Taras.

Se clasificó el suelo, tomando como primer criterio que si el material pasante la malla #200 es más del 50% se considera un suelo fino, y en caso pase menos del 50% se considera un suelo grueso. También se analizan los datos CC, CU y IP previamente calculados. Se vuelve a repetir el ensayo de clasificación SUCS, agregando 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de roca basalto.

Figura 15. *Mezcla de suelo con roca basalto*



Fuente. Elaboración Propia

Ensayo Proctor modificado

Después de determinarse las características físicas del suelo, se ha realizado el ensayo de Proctor modificado bajo el estándar ASTM D1557 y la norma MTC E 115, de donde se obtuvo la máxima densidad seca (g/cm^3) y el contenido de humedad óptimo (%), datos que también sirven para los ensayos de CBR.

Los materiales y equipos usados en este ensayo son:

- Muestra de suelo 25Kg
- Papel filtro
- 1 molde cilíndrico para Proctor, placa base y anillo del Proctor
- Pisón de Proctor Modificado
- Balanza con una precisión de 0.1g
- Horno de laboratorio
- Probetas de 500ml y 1000ml
- Recipientes
- Espátulas
- Taras previamente marcadas.

Además, se realizó el ensayo bajo el método (A, B o C) dependiendo de la cantidad de suelo retenido en la malla N°4.

También, se secó el material a temperatura ambiental y se toma 5 muestras de 6Kg de suelo seco. Se humedece cada muestra con porcentajes distintos de agua, variando desde 6% hasta 12% en incrementos de 2%, seguidamente hacer la gráfica de compactación Proctor y, obtener el MDS y OCH. Además, se toma en consideración el tiempo mínimo de reposo requerido antes de humectar lo suelos dependiendo del tipo de suelo.

Tabla 8. *Tiempo mínimo requerido de reposo de suelos*

Clasificación SUCS	Tiempo mínimo requerido de reposo (h)
SW, SP, GW, GP	No se requiere
SM, GM	3
Otros suelos	16

Fuente. *Elaboración Propia*

Figura 16. *Realización del ensayo Proctor*



Fuente. *Elaboración Propia*

Por tal razón, se ensambló el molde cilíndrico, collar de extensión y papel filtro y luego de humedecer el material, se coloca dentro del molde, y se va compactando en capas. Se compactó el material en 5 capas apisonadas con 25 golpes, luego se retiró el collar del molde y se enrasó con espátula para volver a pesar la muestra.

Finalmente se determina la densidad húmeda (D_w). También se determina el contenido de humedad ($w\%$) utilizando muestras representativas y a partir de ello, se calcula la densidad seca (D_s).

Ecuación 10. Densidad Seca

$$D_s = \frac{D_w}{1 + w\%}$$

Así también, con estos resultados se realiza se grafica la curva de compactación, ingresando las densidades secas versus el contenido de agua añadido para cada muestra, a partir de esta gráfica se obtiene la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptima. **(Ver Anexo 19. Ensayos de Laboratorio – Proctor Modificado)**

Figura 17. *Ensayo Proctor en laboratorio*



Fuente. *Elaboración Propia*

Ensayo California Bearing Ratio “CBR”

Luego de que se haya determinado los resultados del Proctor, se realizó el ensayo CBR bajo el estándar ASTM D 1883 y la norma MTC E 132, donde se mide el comportamiento al esfuerzo cortante del suelo bajo las condiciones de densidad y humedad determinadas en el ensayo previo. Los materiales y equipos usados en este ensayo son:

- Muestra de suelo 6Kg
- Papel filtro
- 3 moldes cilíndricos con placa base y anillo de extensión para CBR
- 3 discos espaciadores
- Pisón de Proctor modificado
- Balanza de precisión de 0.1g
- 3 diales de expansión
- Horno de laboratorio
- Probetas de 500ml y 1000ml
- Recipientes
- Espátulas
- Taras marcadas.

Además, como de forma primigenia, se procedió añadiendo al suelo, el OCH determinado en el ensayo Proctor, se compacta la muestra para cada uno de los 3 moldes CBR nuevamente en 5 capas, el primer molde con 10 golpes, el segundo con 25 golpes y el último con 56. Para cada molde se vuelve a determinar la densidad húmeda y el contenido de humedad, y se vuelve a calcular la densidad seca en cada uno de ellos, también se determina la expansividad del material, se invierte la parte superior del cilindro por la placa de base, se pone el papel filtro, luego la placa de expansión, la sobrecarga, trípode y el dial de expansión en cada una de las muestras para sumergirse los 3 moldes en un recipiente de agua durante 4 días. También se determina la expansión en cada molde, de manera final, una vez pasados los 4 días, se retiran los materiales del molde de CBR y se dejan que se drene durante 20 minutos. Se coloca la sobrecarga en cada uno de los moldes y se aplica un pisón a razón de 0.05” por minuto en la prensa hidráulica. Con los

datos registrados se determina la densidad humedad y el contenido de humedad en los 3 moldes.

Figura 18. *Realización del ensayo CBR*



Fuente. *Elaboración Propia*

Se calculó el esfuerzo en cada carga bajo la siguiente ecuación:

Ecuación 11. Cálculo del esfuerzo de corte

$$\text{Esfuerzo de ensayo} = \frac{\text{Carga Aplicada}}{\text{Area}}$$

Además, con estos datos se realizan las curvas de esfuerzo versus deformación para cada uno de los 3 moldes, y se determinan los esfuerzos que corresponden a cada curva de esfuerzo versus deformación. Con estos nuevos datos se determina el CBR de penetración bajo la siguiente ecuación:

Ecuación 12. Cálculo de la capacidad de soporte CBR (%)

$$\text{CBR} = \frac{\text{Esfuerzo de ensayo}}{\text{Esfuerzo patrón}} * 100$$

También, se graficó la curva densidad seca versus CBR para 0.1 pulg y 0.2pulg de penetración, tomando como consideración que si el CBR (0.2pulg) es menor que el CBR (0.1 pulg) este valor se tomará como resultado final de CBR

Finalmente, se vuelve a repetir el ensayo, en esta ocasión agregando roca basalto en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, se usa las siguientes ecuaciones

Ecuación 13. Cálculo del esfuerzo de corte del suelo con roca basalto

$$\text{Esfuerzo de ensayo (\% roca basalto)} = \frac{\text{Carga Aplicada}}{\text{Area}}$$

Consecuentemente, estos datos se realizan las curvas de esfuerzo versus deformación para cada uno de los 3 moldes y para cada porcentaje de fibra metálica, y se determinan los esfuerzos correspondientes a cada curva de esfuerzo versus deformación. Con estos nuevos datos se determina el CBR de penetración bajo la siguiente ecuación:

Ecuación 14. Cálculo de la capacidad de soporte CBR (%) del suelo con roca basalto

$$CBR(\% \text{ roca basalto}) = \frac{\text{Esfuerzo de ensayo}(\% \text{ de roca basalto})}{\text{Esfuerzo patrón}} * 100$$

Finalmente se grafica la curva densidad seca versus CBR para 0.1 pulg y 0.2pulg de penetración, tomando como consideración que si el CBR (0.2pulg) es menor que el CBR (0.1 pulg) este valor se tomará como resultado final de CBR.

Figura 19. *Culminación del ensayo CBR*



Fuente. *Elaboración Propia*

3.6. Método de análisis de datos

Para la presente investigación, el método de análisis de datos, se va a realizar en torno al análisis descriptivo e inferencial. También el primero tiene que ver con la acumulación y la interpretación de la información generada a partir de las observaciones y la segunda es el procesamiento de esa información siguiendo los principios de la estadística inferencial. Además, en la etapa descriptiva se va a analizar múltiples parámetros e indicadores, tales como: Clasificación SUCS, el que incluye granulometría, límites, y humedad compactación del suelo en laboratorio mediante el ensayo Proctor Modificado y finalmente el CBR. Adicionalmente se realizan los ensayos para determinar el esfuerzo cortante del suelo. Acumulada y sistematizada esta información se va a sacar conclusiones sobre la base de los objetivos e hipótesis de investigación: esto implica hacer por ejemplo pruebas de correlación paramétrica, así como la validez de la hipótesis, finalmente se usará el software IBM SPSS V.25, para el análisis estadístico.

3.7. Aspectos éticos

En este acápite, esta tesis científica es un acto noble de mucha responsabilidad y alto compromiso con la ciencia, el conocimiento y con la solución de problemas. La investigación debe girar en torno a la búsqueda del bienestar y progreso material de los pueblos, así como a la mejora de la calidad ambiental y también contribuyendo a las metodologías técnicas y descubrimientos científicos. Por eso mismo la presente investigación empodera el compromiso de contribuir a la solución de un problema concreto que afecta a la población en el área de estudio. Por eso es importante, como investigador ser honesto transparente y original en cuanto a la producción académica e intelectual me corresponde cómo autora de esta tesis.

Entonces, en toda investigación siempre se debe tomar en cuenta al ser humano, lo que implica el respeto, la justicia y la búsqueda del bien común, que se traduzca en máximos beneficios y procurando evitar al mínimo los errores o daños que se

puede generar debido a una situación o circunstancias imprevistas. Por eso en esta investigación el respeto tiene que ver primero con reconocer los autores que han contribuido a enriquecer mi proyecto de investigación. Por otro lado, también se busca en esta investigación llevar el progreso material a través de la mejora del sistema urbano con pavimentación flexibles sobre una subrasante reforzada que garantizar una mejor calidad de vida durante más años.

IV. RESULTADOS

Generalidades

En la siguiente tesis ha sido desarrollada con la finalidad de cuantificar la influencia de la dosificación de roca basalto en las propiedades físicas, compactación y resistencia del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, de la cuál, primero se tomaron las muestras respectivas en la AV. Las Torres, Distrito de Lurigancho, en la ciudad de Lima.

Ubicación del proyecto

Se tiene por objeto de estudio la adición de roca basalto triturada, sobre un suelo de subrasante en la Avenida Las Torres, ubicado en el distrito de Lurigancho, en Lima. Se muestra la zona de influencia de la presente tesis.

- Departamento : Lima
- Provincia : Lima
- Distrito : Lurigancho
- Lugar : Av. Las Torres

Figura 20. Mapa de Ubicación geográfica



Fuente. Elaboración propia

Descripción del proyecto

A partir de este documento se pretende la estabilización de la subrasante mediante la adición de roca basalto triturada, sobre un suelo de subrasante para pavimento flexible en la Avenida Las Torres. Esto se realiza en base a ensayos con normativa Norma NTP, norma ASTM, según el manual de ensayos de materiales de MTC del año 2016, y otras normas que respaldan la realización de esta investigación, como la CE.010 Pavimentos Urbanos, para determinar la clasificación SUCS, límites, Proctor y CBR a partir de la adición de roca basalto triturada en proporciones de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%.

Trabajos de Campo

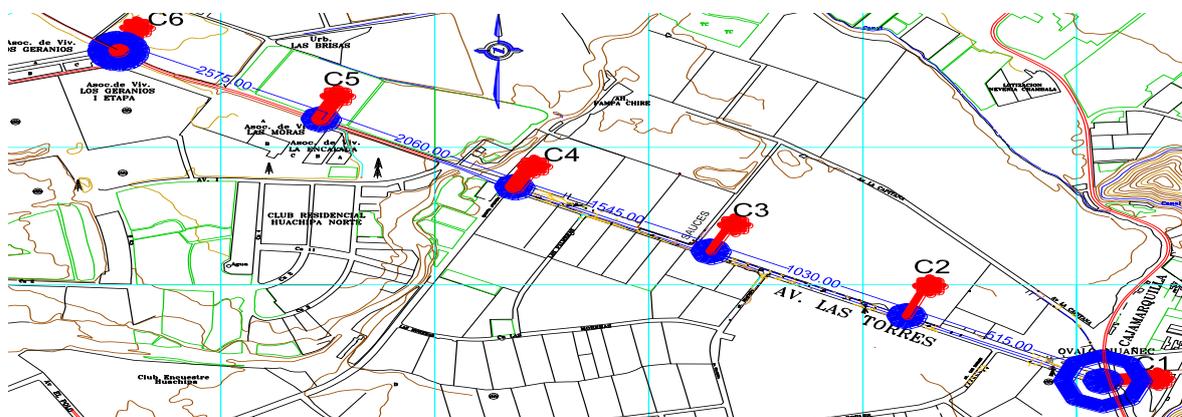
De acuerdo con la Norma CE0.10 Pavimentos Urbanos se realizaron 6 calicatas cada 500m, en la avenida las Torres del distrito de Lurigancho.

Tabla 9. Número de calicatas realizadas para la investigación

# Calicata	Ubicación de Calicata	ancho de calzada	Calicata cada:
Calicata 1	500 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 2	1000 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 3	1500 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 4	2000 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 5	2500 m	7.2 m	3600 m ²
Calicata 6	3000 m	7.2 m	3600 m ²

Fuente. Elaboración propia

Figura 21. Ubicación de la vía en estudio



Fuente. Elaboración propia

Objetivo específico 1: Determinar cómo influye la dosificación de roca basalto en las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho.

Ensayos Químicos

Para la presente tesis previamente a la realización de los ensayos sobre las propiedades físicas del suelo, se realizaron ensayos químicos para suelo y roca. Siendo los ensayos de sales solubles totales (norma NTP 339.152), sulfatos solubles (norma NTP 339.178), contenido de cloruros solubles (norma NTP 339.177) y pH (MTC E 718), los cuales se muestran a continuación:

Tabla 10. *Ensayos Químicos para suelo natural y Roca Basalto*

Ensayo / Material	Suelo Natural	Roca Basalto
Sales solubles Totales	0.197 %	0.024 %
Sulfatos Solubles	0.018 %	0.003 %
Cloruros Solubles	0.029 %	0.010 %
pH	-	7.93 pH

Fuente: *Elaboración Propia*

Interpretación: Se resalta primero que, ni el propio Manual de carreteras del MTC EG – 2013 ni tampoco la norma técnica para pavimentos urbanos CE.010 tienen ninguna exigencia sobre ensayos químicos o adicionales para suelo y roca en caso de subrasantes, puntualmente indican estos ensayos para capas superiores a la subrasante como subbase o base del pavimento. Sin embargo, por temas de investigación, se han realizado los ensayos de sales, y cloruros totales tanto para suelo y la roca basalto. En la tabla anterior, se aprecia un contenido de sales solubles, sulfatos solubles, cloruros solubles bastante bajos, tanto para el suelo natural como para la roca basalto. Como ya se ha mencionado, la subrasante no

tiene ninguna especificación respecto a estos ensayos, inclusive para base granular el requerimiento es 0.5% como máximo, por lo que los materiales son adecuados. Con respecto al pH para la roca basalto, según resultados se observa que tiene un pH neutro, por lo que la roca muestreada es óptima para la estabilización de la subrasante.

Ensayo de carga puntual para roca

Adicionalmente se realizaron los ensayos de abrasión de los Ángeles (MTC E 207) y carga puntual para la roca basalto (ASTM D 5731). El resultado de desgaste por abrasión para la roca basalto resulto de 11.1%.

Tabla 11. *Ensayo de carga puntual para roca Basalto*

N° Muestra	Resistencia de la roca Basalto	Categoría
1	350 Mpa	R6
2	363 Mpa	R6
3	283 Mpa	R6
4	255 Mpa	R6
5	201 Mpa	R5
6	235 Mpa	R5

Fuente. *Elaboración Propia*

Interpretación: Según muestra el cuadro anterior se tiene un promedio de resistencia de la roca basalto de 281 Mpa, lo cual se categoriza como una roca tipo R6 o roca extremadamente dura.

Figura 22. Resultado del ensayo de carga puntual para roca basalto



Fuente. Elaboración propia

Propiedades físicas del suelo adicionando roca basalto

El resultado de la clasificación del suelo natural, **realizado en laboratorio** indica que se trata de un suelo areno limoso, además a continuación, se muestran en resumen las variaciones de las propiedades físicas del suelo con la adición de roca basalto en los porcentajes establecidos para el análisis granulométrico, contenido de humedad y límite de consistencia.

Tabla 12. Material pasante según la adición de roca basalto

Ensayo de granulometría	Suelo natural + % Roca Basalto (Material pasante %)					
	+0%	+10%	+20%	+30%	+40%	+50%
Malla						
1"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	100.0	100.0	95.3	87.8	83.2	81.3
3/8"	98.8	91.8	87.9	77.5	70.4	63.3
N° 4	97.9	88.5	79.0	70.0	59.8	49.2
N° 10	96.3	86.5	71.1	61.3	51.4	41.9
N° 20	89.4	79.0	63.3	50.9	43.3	35.9
N° 40	79.6	69.5	56.3	43.5	37.1	30.7
N° 60	70.3	63.0	50.0	37.0	32.3	25.7
N° 140	52.2	51.1	40.1	33.5	28.6	21.3
N° 200	46.1	45.0	37.3	28.4	26.7	20.5
% grava	2.1	11.5	21.0	30.0	40.2	50.8
% arena	51.8	43.5	41.7	41.6	33.1	28.7
% finos	46.1	45.0	37.3	28.4	26.7	20.5

Fuente. Elaboración Propia

Interpretación: De acuerdo con la tabla anterior, se observa un aumento en el porcentaje de gravas conforme se agrega mayor cantidad de roca basalto, y una disminución en el porcentaje de arenas y finos.

Figura 23. Mezcla de materiales para el ensayo de propiedades físicas



Fuente. Elaboración propia

Se realizaron los ensayos de análisis granulométrico (MTC E 107), contenido de humedad (MTC E 108), Límites de Atterberg (MTC E 111) y clasificación de suelos SUCS (ASTM D 2487)

Tabla 13. Resumen de las propiedades físicas adicionando roca basalto

Muestra Suelo	SUCS	AASHTO	Humedad (%)	Límites de Atterberg		
				(LL)	(LP)	(IP)
Suelo natural	SM	A - 4	11.1	23.8	20.3	3.5
Suelo + 10% roca basalto	SM	A - 4	10.3	23.0	21.2	1.8
Suelo + 20% roca basalto	SM	A - 4	7.8	22.8	19.7	3.1
Suelo + 30% roca basalto	SM	A - 2 - 4	8.6	21.1	18.7	2.4
Suelo + 40% roca basalto	GM	A - 2 - 4	8.2	20.7	18.5	2.2
Suelo + 50% roca basalto	GM	A - 2 - 4	7.9	20.2	18.3	1.9

Fuente: Elaborado por la autora Julia Huamán, 2021

Interpretación: Según se muestra en el cuadro las propiedades físicas del suelo mejoran conforme se van adicionando mayor cantidad de roca basalto, el suelo va pasando de ser un tipo areno limoso SM hasta lograr ser una grava limosa GM (un suelo de mejor calidad y resistencia), con menos índice de plasticidad IP que el suelo natural, y sobre todo con un menor contenido de humedad, lo cual favorece en temas de compactación y absorción de líquidos. Visto desde el punto de la clasificación de suelos según AASHTO también se observa que pasa de ser un suelo pobre (A-4) un suelo bueno (A-2-4). Por otra parte, también se observa una disminución en los límites se disminuye el $LL = 23.8$ hasta $LL = 20.2$ y en la humedad que baja de 11.1% a 7.9%.

Objetivo específico 2: Determinar la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho.

Para determinar esto, se evaluó el ensayo Proctor modificado, para suelo natural y suelo con 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de roca basalto, a partir de este se obtuvieron los resultados sobre MDS y OCH, los cuales posteriormente sirven para la realización del último ensayo (CBR).

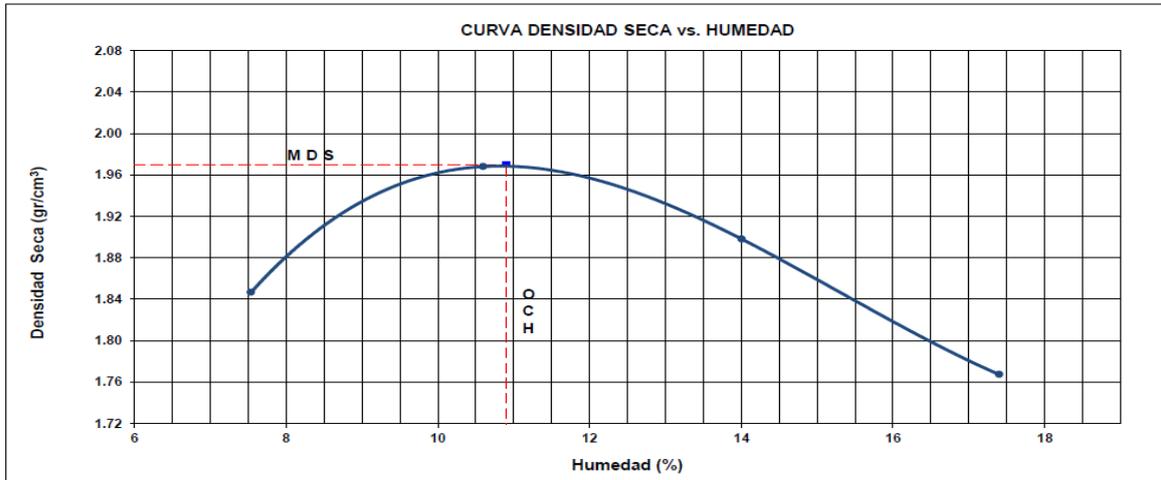
Ensayo Proctor modificado

Después de determinarse los experimentos sobre las propiedades del suelo, se ha realizado el ensayo de Proctor modificado bajo el estándar ASTM D1557, de donde se obtuvo la máxima densidad seca MDS expresado en "g/cm³" y la cantidad óptima de humedad OCH (%), datos que también sirven para los ensayos de CBR.

Los resultados de la curva de densidad seca vs humedad se muestran a continuación, (Ver Anexo 19. Ensayos de Laboratorio – Proctor Modificado).

Figura 24. Curva Proctor para suelo natural

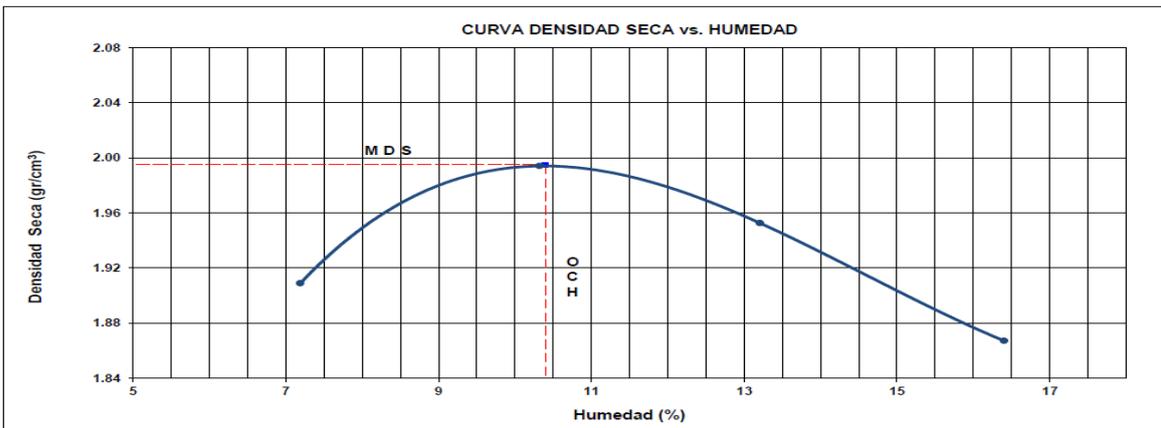
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.970 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) 10.9 (%)



Fuente. Elaboración propia

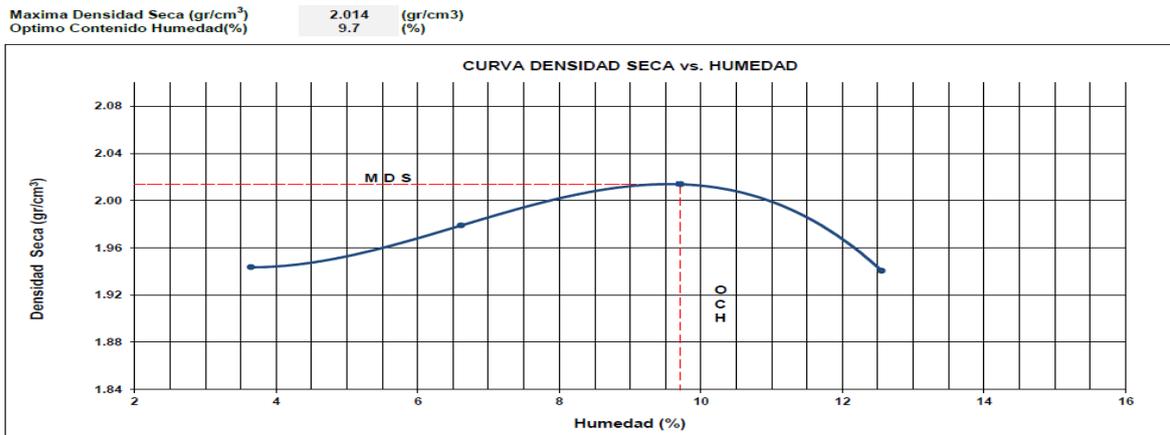
Figura 25. Curva Proctor para suelo con 10% de roca basalto

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.995 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) 10.4 (%)



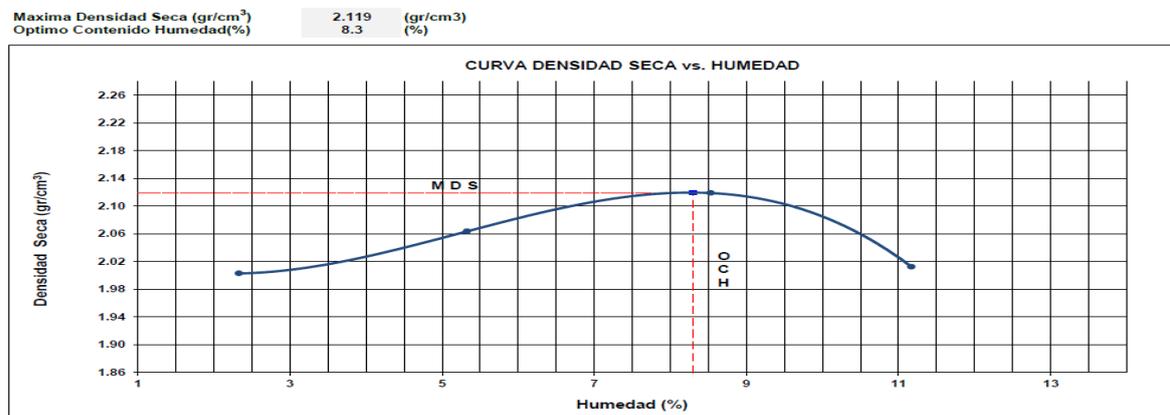
Fuente. Elaboración propia

Figura 26. Curva Proctor para suelo con 20% de roca basalto



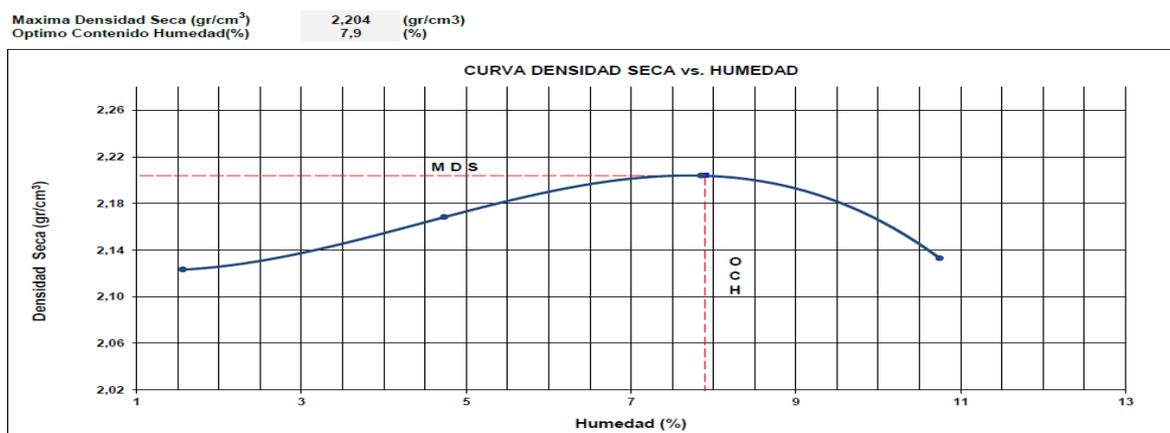
Fuente. Elaboración propia

Figura 27. Curva Proctor para suelo con 30% de roca basalto



Fuente. Elaboración propia

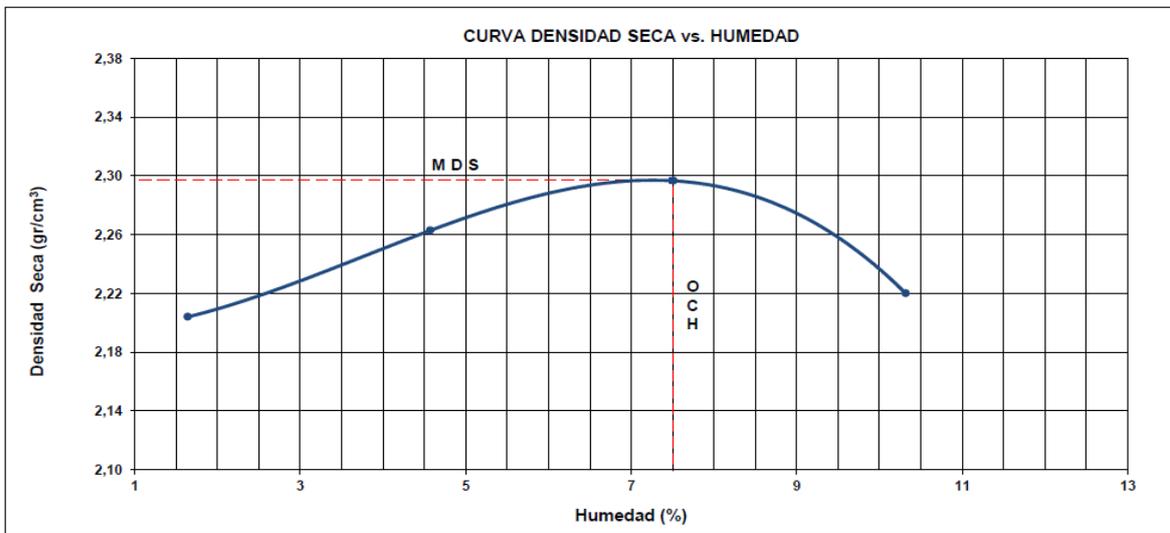
Figura 28. Curva Proctor para suelo con 40% de roca basalto



Fuente. Elaboración propia

Figura 29. Curva Proctor para suelo con 50% de roca basalto

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) 2,297 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) 7,5 (%)



Fuente. Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo con las figuras mostradas anteriormente se observa que conforme se va adicionando mayor contenido de roca basalto triturada, se incrementa la máxima densidad seca desde un valor inicial de 1.970g/cm³ hasta alcanzar un máximo de 2.297 g/cm³ para una dosificación de 50% de basalto, y también se va disminuyendo la cantidad óptima de humedad desde un valor inicial de 10.9% hasta un 7.5% para la máxima dosificación de basalto.

Figura 30. Resultado del ensayo Proctor



Fuente. Elaboración propia

Figura 31. Resultado del ensayo Proctor luego del apisonado



Fuente. Elaboración propia

Tabla 14. Resumen de resultados del ensayo Proctor

Proctor Modificado	Suelo natural	Suelo + 10% de roca basalto	Suelo + 20% de roca basalto	Suelo + 30% de roca basalto	Suelo + 40% de roca basalto	Suelo + 50% de roca basalto
Máxima densidad seca (g/cm ³)	1.970	1.995	2.014	2.119	2.204	2.297
Óptimo contenido de humedad (%)	10.9	10.4	9.7	8.3	7.9	7.5

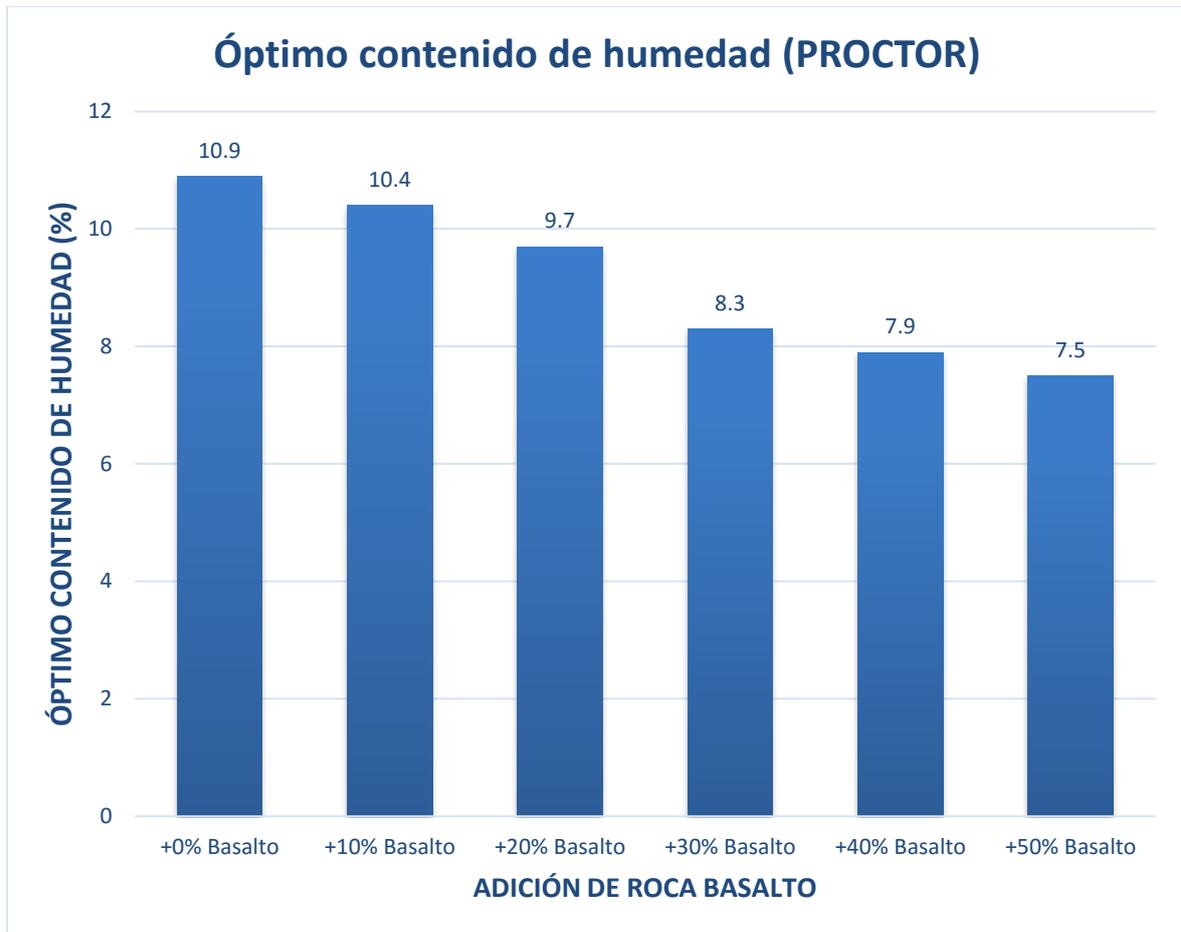
Fuente. Elaboración Propia

Figura 32. *Máxima densidad seca con adición de roca basalto*



Fuente. Elaboración propia

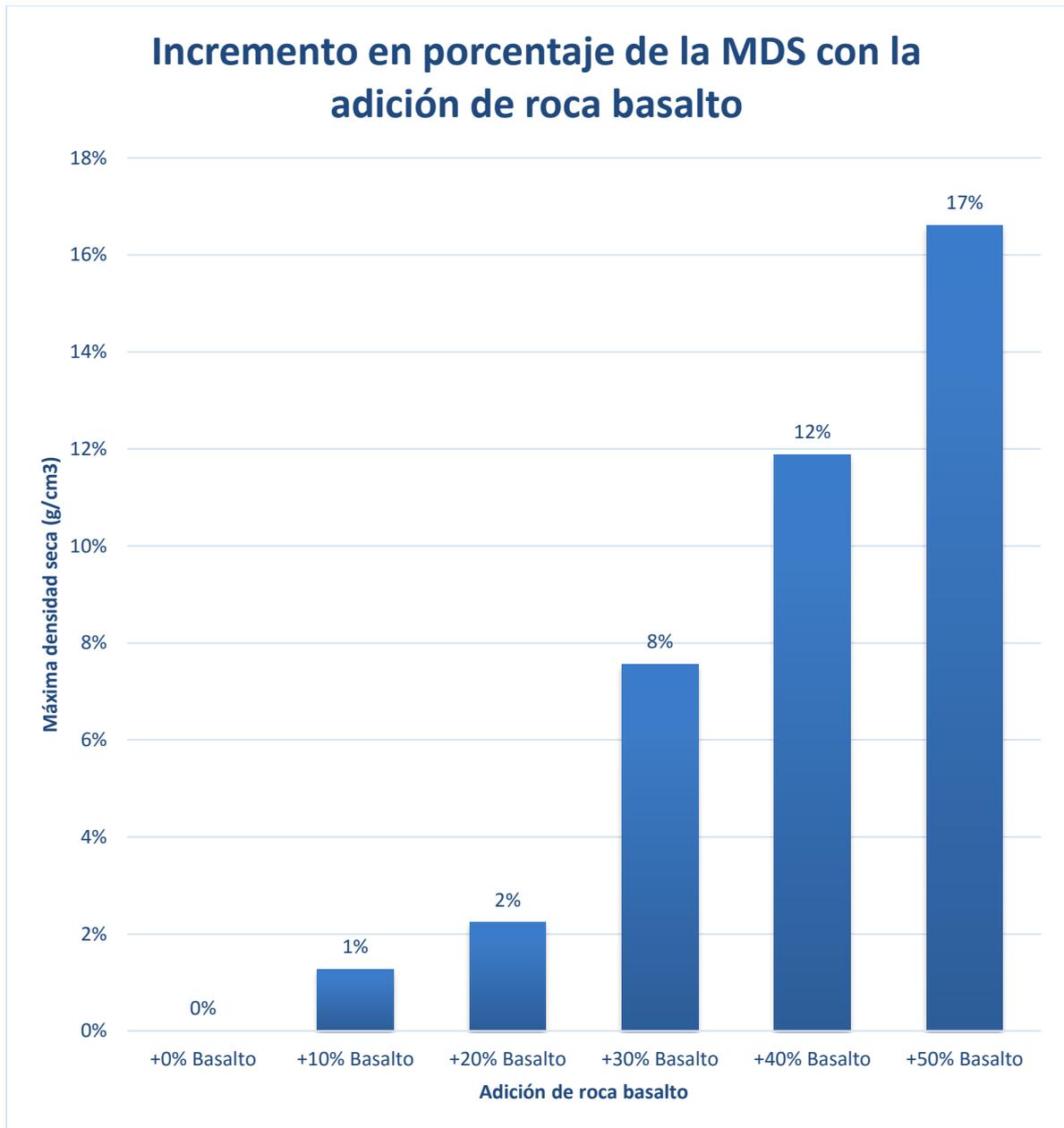
Figura 33. Óptimo contenido de humedad con adición de roca basalto



Fuente. Elaborado por la autora Julia Huamán, 2021

Interpretación: La tabla 14, y las figuras 32 y 33, se aprecia un incremento considerable en el MDS del suelo conforme se adiciona roca basalto triturada, incrementándose desde un punto inicial de MDS = 1.970 g/cm³ para el suelo natural a un valor de MDS = 2.297 g/cm³ para suelo con adición de 50% de roca basalto, esto representa un aumento total de 17% en el MDS. En la imagen seguida se observa el incremento porcentual del MDS con cada porcentaje de adición de roca basalto. Y se observa una reducción en el óptimo contenido de humedad desde un valor OCH = 10.9% para suelo natural hasta un OCH = 7.5% para el suelo con la adición del 50% de roca basalto, esto representa una reducción del 31% en el OCH.

Figura 34. Incremento en porcentaje de la MDS



Fuente. Elaboración propia

Interpretación: En la figura 34, se nota que el MDS se incrementa en 1% con 10% de basalto, en 2% con 20% de basalto, y sufre un cambio drástico a partir de aquí, incrementándose en 8% con 30% de basalto, 12% con 40% de basalto y hasta en un 17% con la adición de 50% de roca basalto, esto representa un incremento muy significativo, sobre todo para mejorar la capacidad de soporte de este material, se verá en los resultados del CBR

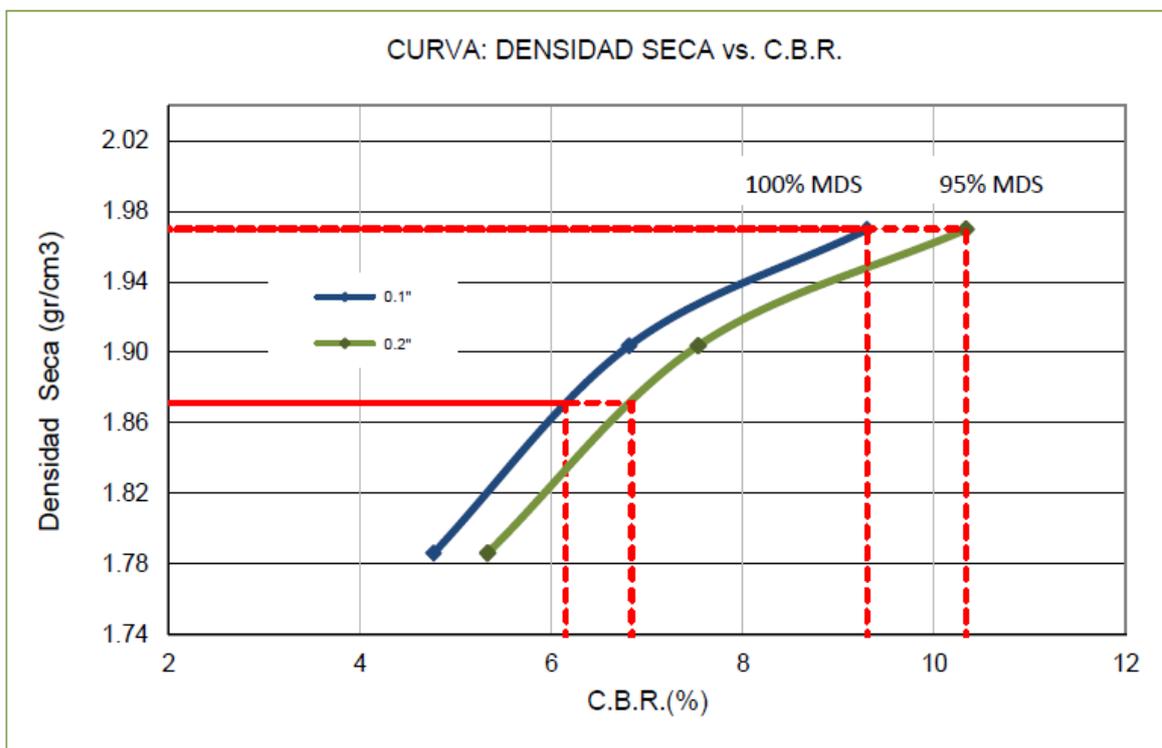
Objetivo específico 3: Determinar la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho.

Para lograr la medición de esta influencia, se realizó el ensayo CBR para suelo natural, y suelo con la adición de roca basalto en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%.

Ensayo CBR

Luego de que se haya determinado los valores de MDS y OCH del ensayo Proctor, se realizó el ensayo CBR bajo el estándar ASTM D 1883. Los resultados del ensayo CBR pueden verse gráficamente:

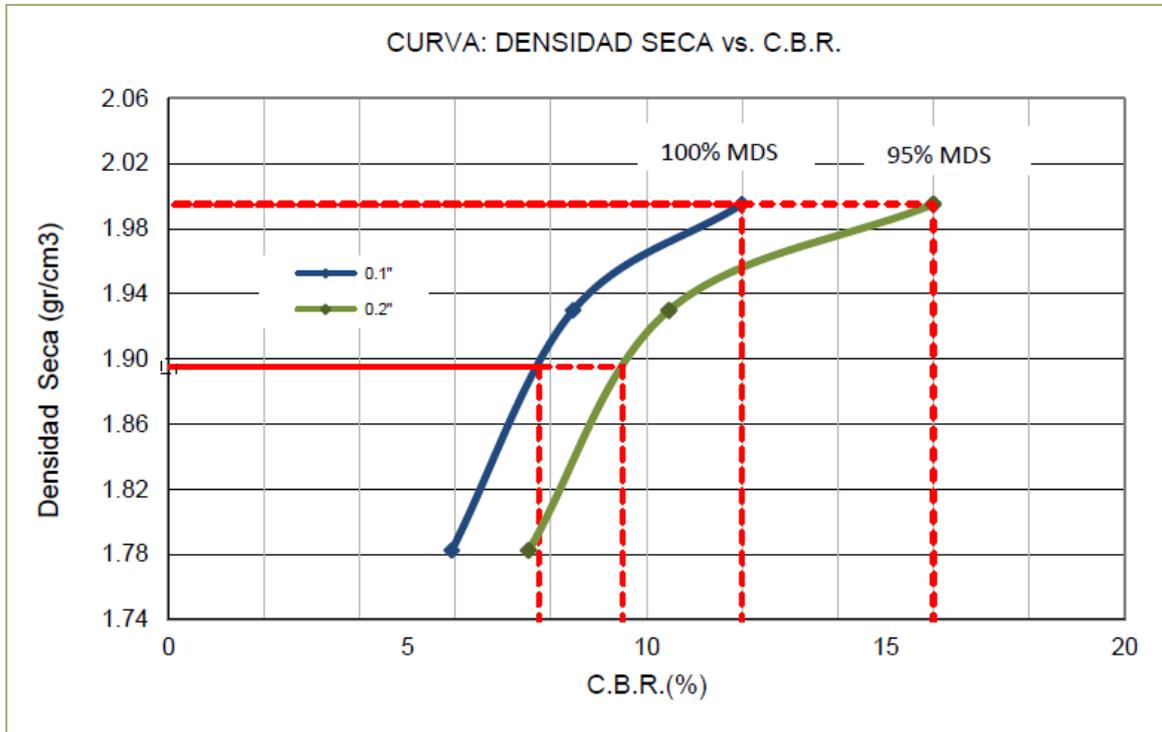
Figura 35. *Grafica CBR suelo natural*



C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	9.3	0.2"	10.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	6.2	0.2"	6.8

Fuente. *Elaboración propia*

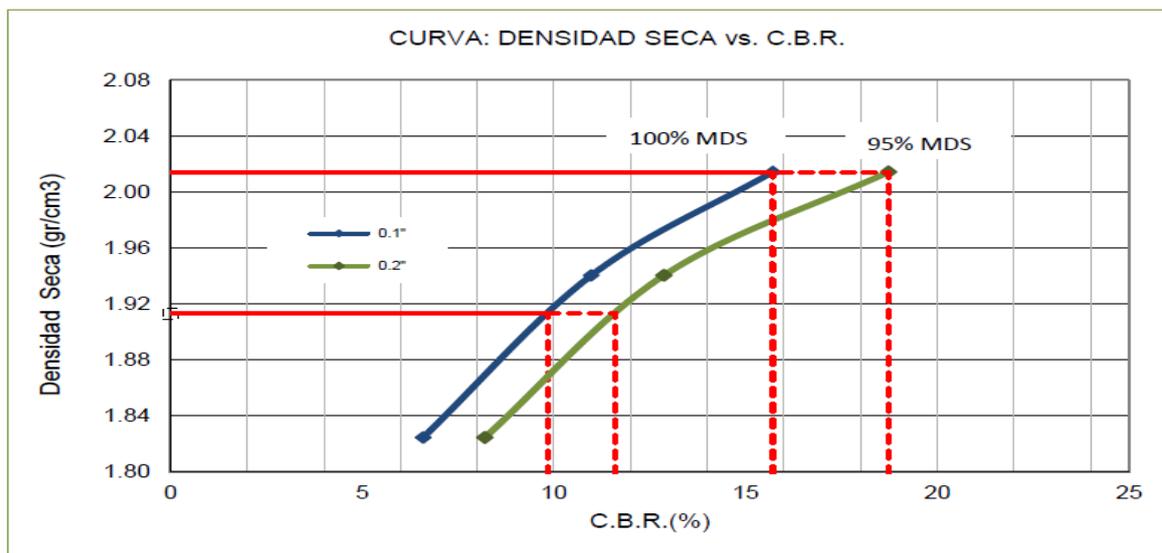
Figura 36. Grafica CBR suelo con 10% de roca basalto



C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	12.0	0.2"	16.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	7.8	0.2"	9.5

Fuente. Elaboración propia

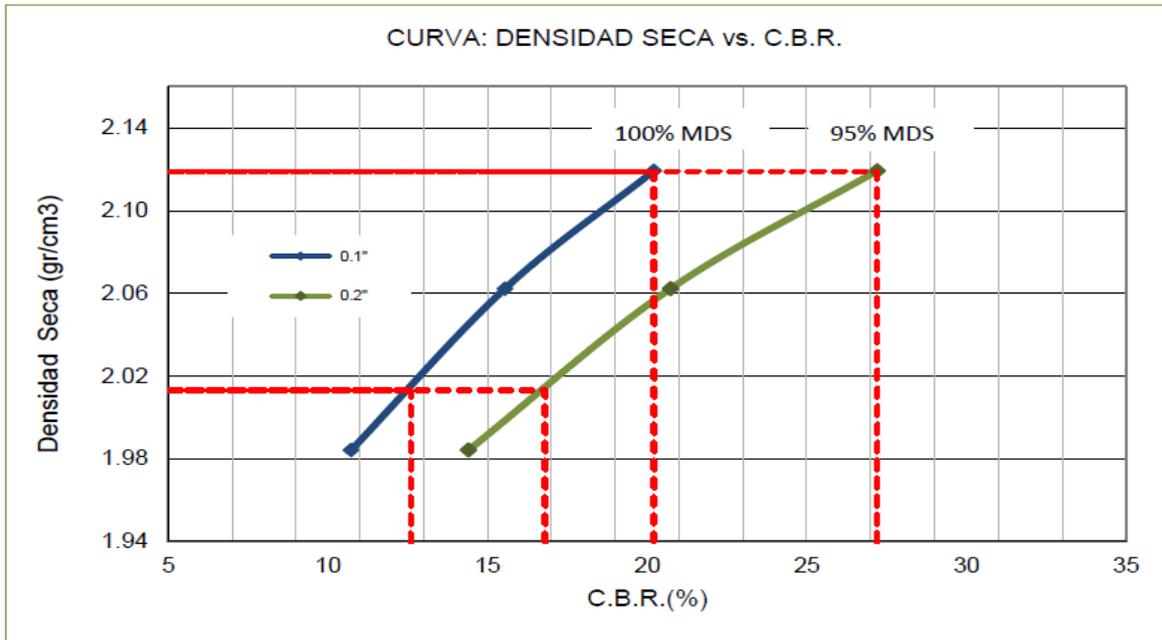
Figura 37. Grafica CBR suelo con 20% de roca basalto



C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	15.7	0.2"	18.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	9.9	0.2"	11.6

Fuente. Elaboración propia

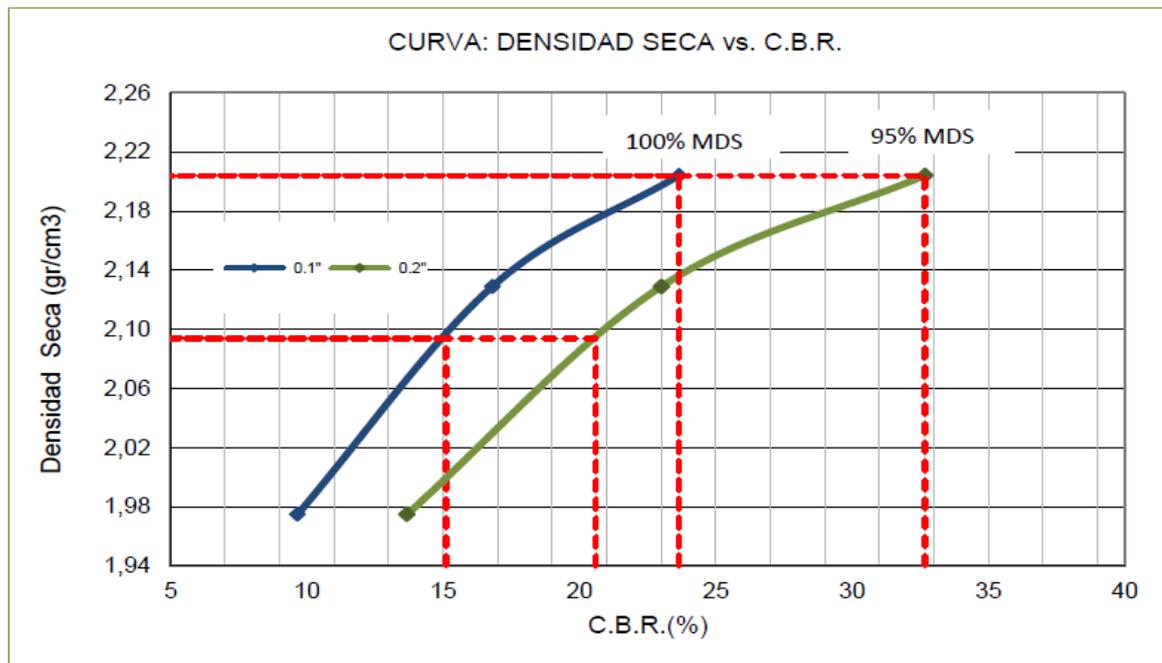
Figura 38. Grafica CBR suelo con 30% de roca basalto



C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" :	20.2	0.2" :	27.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" :	12.6	0.2" :	16.8

Fuente. Elaboración propia

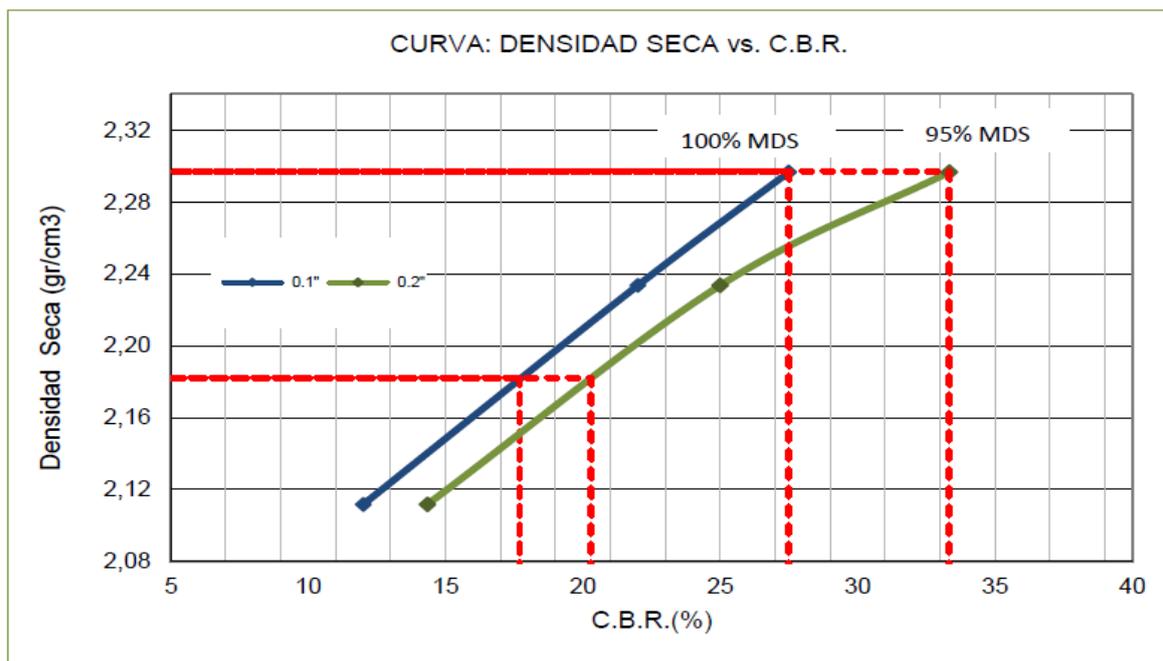
Figura 39. Grafica CBR suelo con 40% de roca basalto



C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" :	23,6	0.2" :	32,7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" :	15,1	0.2" :	20,6

Fuente. Elaboración propia

Figura 40. Grafica CBR suelo con 50% de roca basalto



C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	27,5	0.2"	33,3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	17,7	0.2"	20,3

Fuente. Elaboración propia

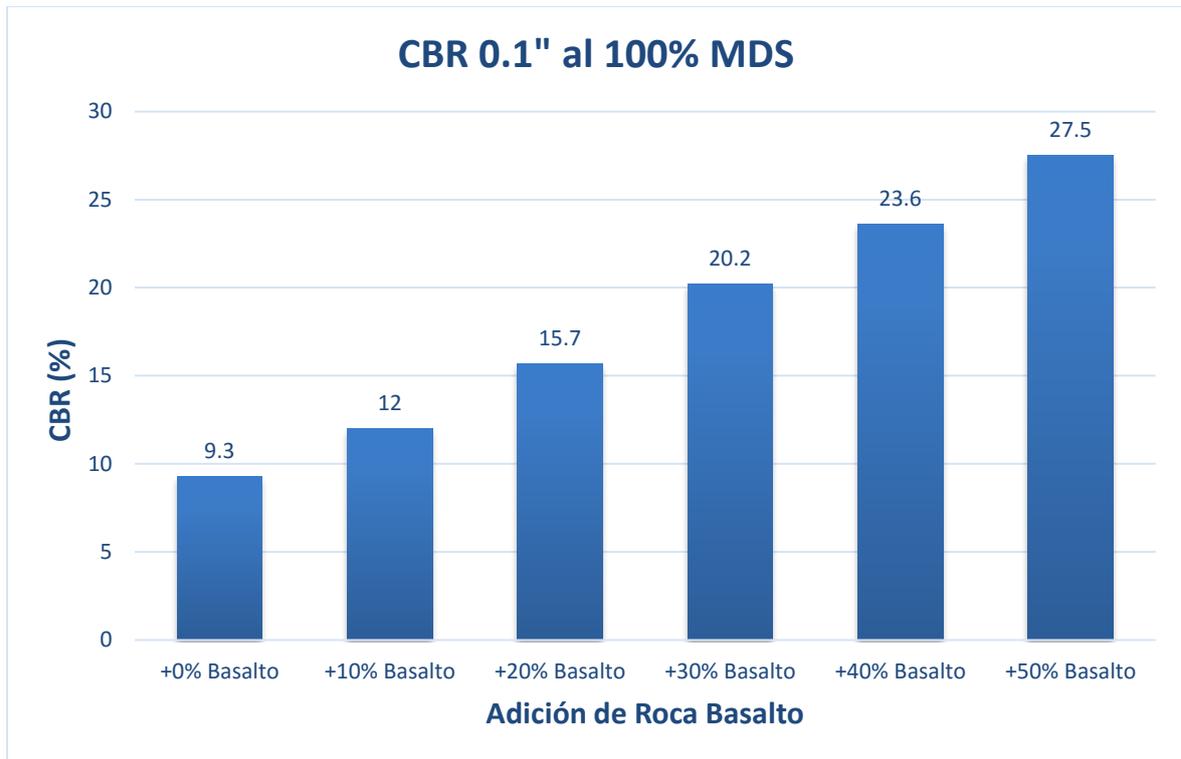
Interpretación: De acuerdo con las figuras 35 – 40, se puede observar que el CBR al 100% de la máxima densidad seca se incrementa también, conforme se adiciona mayor contenido de roca basalto, incrementándose de CBR = 9.7% (suelo de subrasante regular) a un CBR = 27.5% (Suelo de subrasante muy buena)

Tabla 15. Resultados del ensayo CBR

CBR	Suelo natural	Suelo + 10% de roca basalto	Suelo + 20% de roca basalto	Suelo + 30% de roca basalto	Suelo + 40% de roca basalto	Suelo + 50% de roca basalto
CBR 0.1" 100% MDS (%)	9.3	12.0	15.7	20.2	23.6	27.5
CBR 0.1" 95% MDS (%)	6.2	7.8	9.9	12.6	15.1	17.7

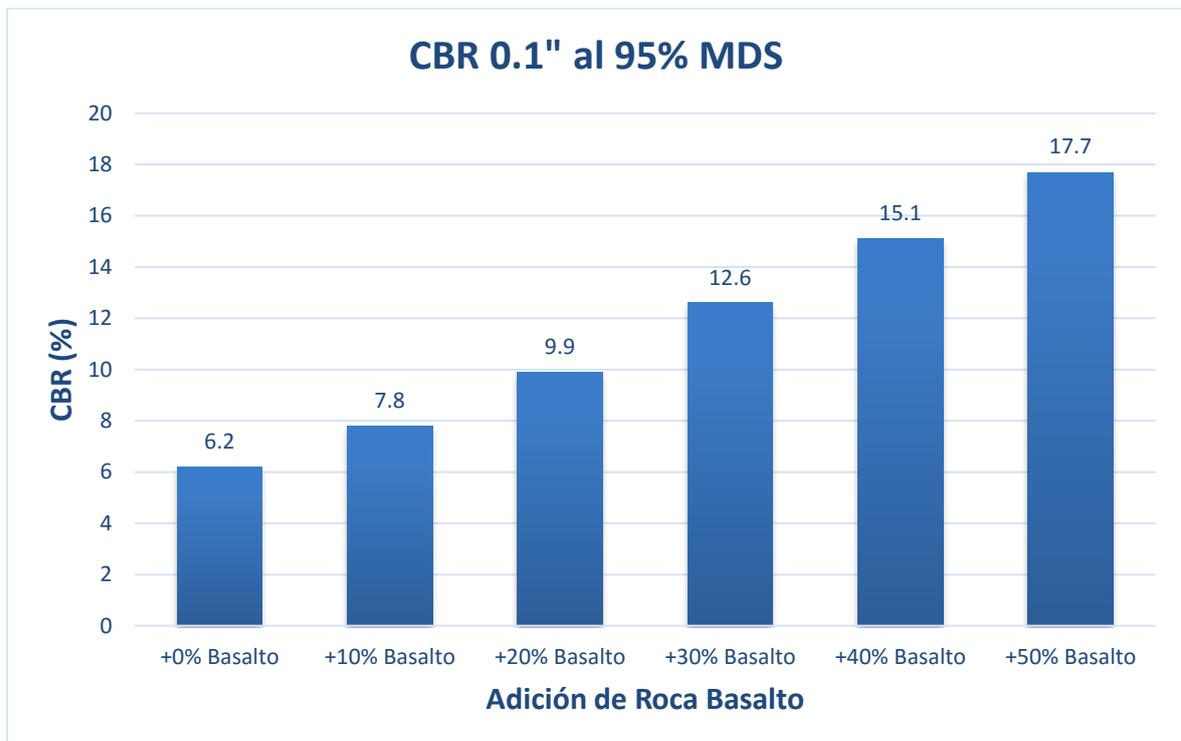
Fuente. Elaboración Propia

Figura 41. "CBR" al 100% MDS" con adición de roca basalto



Fuente. Elaboración propia

Figura 42. "CBR al 95% MDS" con adición de roca basalto



Fuente. Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 15 y en las Figuras 41 y 42, se aprecia un incremento considerable en el CBR al 100% de la máxima densidad seca del suelo, conforme se adiciona roca basalto triturada, incrementándose el CBR desde 9.3% para suelo natural, hasta un valor de 27.5% para el suelo con la adición del 50% de roca basalto, esto representa un aumento total de 66% de incremento en el CBR, lo cual es un valor bastante grande. Además, se nota también que el suelo pasa a ser de un suelo regular (CBR = 9.3%) a ser una subrasante de suelo muy bueno (CBR = 27.5%). En la siguiente figura se observa el incremento en porcentaje del CBR con cada porcentaje de adición de roca basalto.

Figura 43. *Incremento en porcentaje del CBR con la adición de roca basalto*



Fuente. Elaboración propia

Interpretación: En la Figura 43 se observa incrementos muy significativos con la adición de roca basalto a partir de 20% de este material, logrando incrementar el CBR en 117% para una adición de 30% de roca basalto, CBR en 154% para una adición de 40% de roca basalto y un 196% de incremento en el CBR para la adición de 50% de roca basalto. Estos resultados en definitiva significan un aumento muy grande para mejorar la calidad del suelo areno limoso para subrasante.

Figura 44. Resultado del Ensayo CBR



Fuente. Elaboración propia

Figura 45. Carga aplicada para el ensayo CBR



Fuente: *Elaboración propia*

Contrastación de hipótesis

Consecuentemente, teniendo presentes los resultados del laboratorio donde el:

Planteamiento de la hipótesis estadística 1. *Propiedades Físicas*

Hipótesis nula Ho: La dosificación de roca basalto NO mejora las propiedades físicas del suelo de subrasante de pavimento flexible, en la Avenida las Torres

$$\mu \text{ IP (sin roca basalto)} \leq \mu \text{ IP (con roca basalto)}$$

Hipótesis alterna Ha: La dosificación de roca basalto SI mejora las propiedades físicas del suelo de subrasante de pavimento flexible, en la Av. Las Torres

$$\mu \text{ IP (sin roca basalto)} \geq \mu \text{ IP (con roca basalto)}$$

Donde: μ IP (patrón) = 3.5

Tabla 16. *Prueba estadística para las propiedades físicas*

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
IP	5	2,2800	,51672	,23108

Fuente: Elaboración en software IBM SPSS V25.0 de prueba

Tabla 17. *Prueba T- Student para las propiedades físicas*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 3.5						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Propiedades físicas	-5,279	4	,006	-1,22000	-1,8616	-,5784

Fuente: Elaboración en software IBM SPSS V25.0 de prueba

Criterio de decisión

Si $t > 0$ y el $p\text{-valor}/2 > \alpha = 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula Ho

Si $t < 0$, entonces se rechaza la hipótesis nula H_0

Por tanto:

De la prueba, $t < 0$, entonces debe rechazarse la “hipótesis nula H_0 ”, y aceptarse la hipótesis alterna H_a , la cual menciona que la incorporación de roca basalto, SI mejora las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, en la Avenida Las Torres.

Planteamiento de la hipótesis estadística 2. Compactación

Hipótesis nula H_0 : La incorporación de roca basalto, NO modifica significativamente el MDS y OCH que tiene subrasante para un pavimento flexible, en la Avenida Las Torres.

$$\mu_{\text{MDS}} (\text{sin roca basalto}) \geq \mu_{\text{MDS}} (\text{con roca basalto})$$

Hipótesis alterna H_a : La incorporación de roca basalto, SI modifica significativamente el MDS y OCH que tiene subrasante para un pavimento flexible, en la Avenida Las Torres.

$$\mu_{\text{MDS}} (\text{sin roca basalto}) \leq \mu_{\text{MDS}} (\text{con roca basalto})$$

Donde: $\mu_{\text{MDS}} (\text{patrón}) = 1.970 \text{ g/cm}^3$

Tabla 18. Prueba estadística para la máxima densidad seca Proctor

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desy. Desviación	Desy. Error promedio
Proctor	5	2,1258	,12755	,05704

Fuente: Elaboración en software IBM SPSS V25.0 de prueba

Tabla 19. Prueba T- Student para la máxima densidad seca Proctor

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 1.970						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Proctor	2,731	4	,052	,15580	-,0026	,3142

Fuente: Elaboración en software IBM SPSS V25.0 de prueba

Criterio de decisión

Si $t > 0$ y el $p\text{-valor}/2 > \alpha = 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0

Si $t > 0$ y el $p\text{-valor}/2 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula H_0

Si $t < 0$, entonces no se rechaza la hipótesis nula H_0

Por tanto:

De la prueba, $t > 0$ y $p\text{-valor}/2 = 0.026 < 0.05$, entonces debe rechazarse la hipótesis nula H_0 , y aceptarse la hipótesis alterna H_a , la cual menciona que la incorporación de roca basalto, SI modifica significativamente el MDS y OCH del suelo de subrasante de la Avenida Las Torres.

Planteamiento de la hipótesis estadística 3. Resistencia

Hipótesis nula H_0 : La incorporación de roca basalto, NO mejora la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho

$$\mu\text{CBR (sin roca basalto)} \geq \mu\text{CBR (con roca basalto)}$$

Hipótesis alterna Ha: La incorporación de roca basalto, SI mejora la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho

$$\mu\text{CBR (sin roca basalto)} \leq \mu\text{CBR (con roca basalto)}$$

Donde: $\mu\text{CBR (patrón)} = 9.3\% = 0.093$

Tabla 20. Prueba estadística para el CBR

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desy. Desviación	Desy. Error promedio
CBR	5	19,8000	6,15508	2,75264

Fuente: Elaboración en software IBM SPSS V25.0 de prueba

Tabla 21. Prueba T-Student para el CBR

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 9.3						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CBR	3,815	4	,019	10,50000	2,8575	18,1425

Fuente: Elaboración en software IBM SPSS V25.0 de prueba

Criterio de decisión

Si $t > 0$ y el $p\text{-valor}/2 > \alpha = 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0

Si $t > 0$ y el $p\text{-valor}/2 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula H_0

Si $t < 0$, entonces no se rechaza la hipótesis nula H_0

Por tanto:

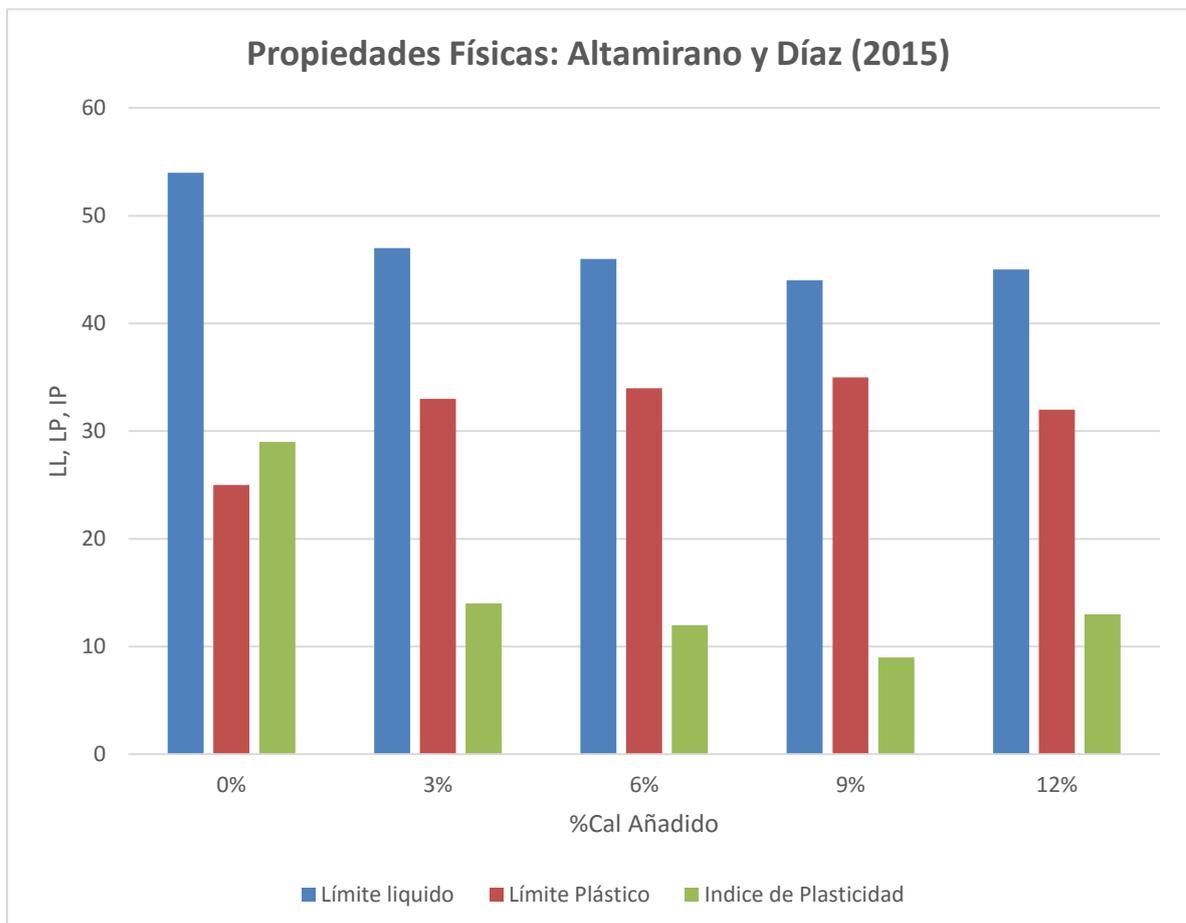
De la prueba, $t > 0$ y $p\text{-valor}/2 = 0.009 < 0.05$, por tanto, rechazarse la hipótesis nula H_0 , y aceptarse la hipótesis alterna H_a , mismo que menciona que la incorporación de roca basalto, SI mejora la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante en pavimento en la avenida Las Torres.

V. DISCUSIÓN

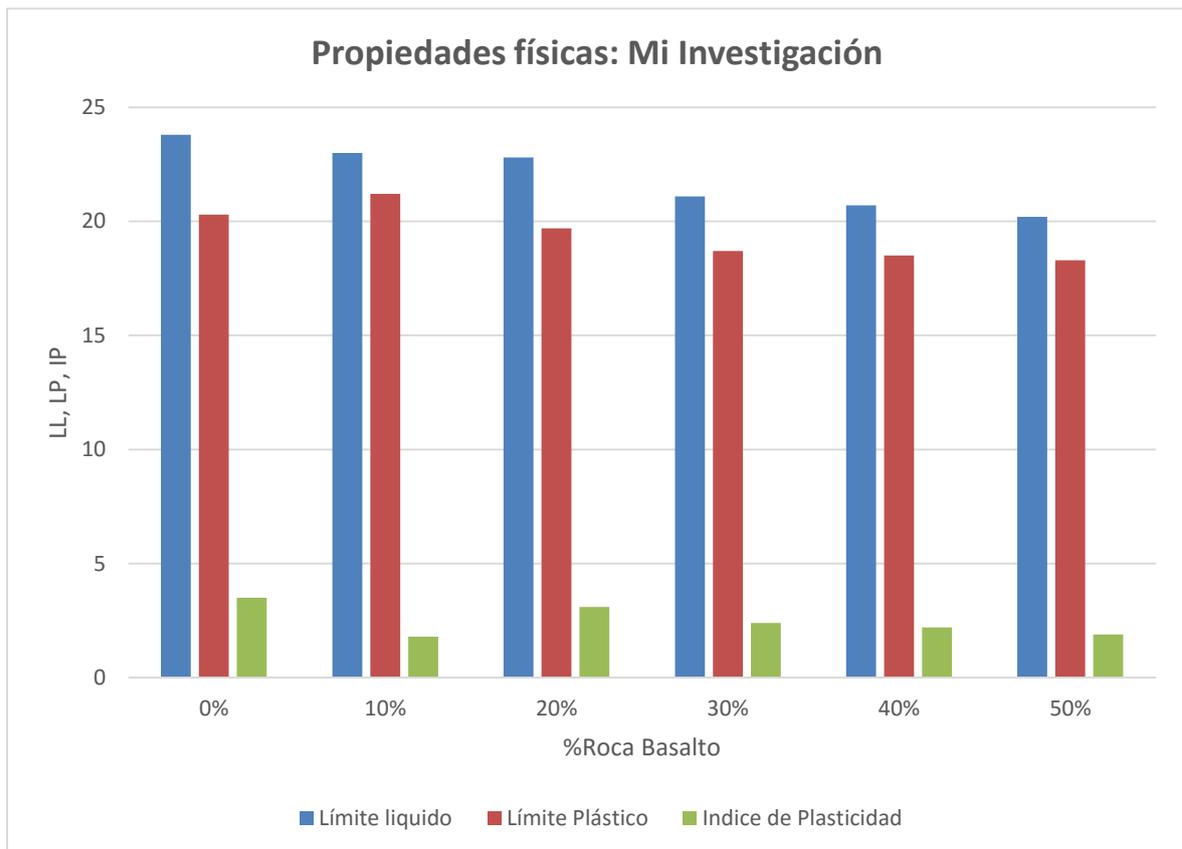
Objetivo específico 1: Determinar cómo influye la dosificación de roca basalto en las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho

Propiedades físicas

Altamirano y Díaz (2015), sobre la estabilización para suelos cohesivos mediante el empleo de la Cal, caracteriza el suelo y clasifica al suelo como un suelo arcilloso que tiene un alto $IP = 29$, con un comportamiento para subrasante de regular a pobre, disminuye el IP en gran proporción respecto del suelo patrón, agregando Cal en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12%. Sin embargo no se observa una relación proporcional en sus resultados, porque con 3% de cal disminuye del suelo patrón $IP = 26.0$ A $IP = 14.0$, con 6% de cal disminuye a un $IP = 12$, para 9% de cal logra disminuir hasta un $IP = 9$, pero para 12% de cal el IP vuelve a subir $IP = 13$, y logra también disminuir el contenido de humedad de 31% a 21%. Por otra parte Castro (2020), indica que su material en estudio no presenta índice de plasticidad “NP”



En la presente investigación se tiene un $IP = 3.5$, lo cual indica una baja plasticidad por tratarse de limos, a partir de la adición de roca basalto esta propiedad disminuye en 46%, alcanzando un $IP = 1.9$ con la adición de 50% de roca basalto, además en esta investigación se ve que el contenido de humedad disminuye significativamente de un valor de 11.1% para suelo natural, a un valor de 7.9% para suelo con 50% de roca basalto. También se observa una disminución en los límites e IP conforme se va adicionando mayor cantidad de roca basalto.



La presente investigación **diffiere** con Altamirano y Díaz (2015), ya que en nuestro caso estamos tratando con un suelo areno limoso y le estamos adicionando un material no absorbente de líquidos como es la roca basalto triturada, mientras que en el caso de los autores citados, añaden CAL, que es un material absorbente de agua, y por ello logran una mayor disminución en el IP del suelo. Además que el suelo que tratan son arcillas a diferencia de esta investigación que es suelo areno limoso.

Objetivo específico 2: Determinar la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho.

Compactación. Máxima densidad Seca

Guerra, K. (2020), en la ciudad de Cajamarca en su investigación de grado denominada “Análisis de Capacidad de carga (CBR) de tres suelos arcillosos mediante la incorporación de fibras de pseudotallo de plátano”. En su investigación utiliza pseudotallo de plátano en medidas de 25mm, y en porcentajes de 0.25%, 0.50% y 0.75%. Luego de realizar los ensayos, determina que se mejora la máxima densidad seca de 1.336 g/cm³ a los siguientes valores: con 0.25% se incrementa a 1.505 g/cm³, pero con 0.50% de fibra solo se incrementa a 1.368g/cm³ y con 0.75% de fibra a 1.413%, como se muestra a continuación:

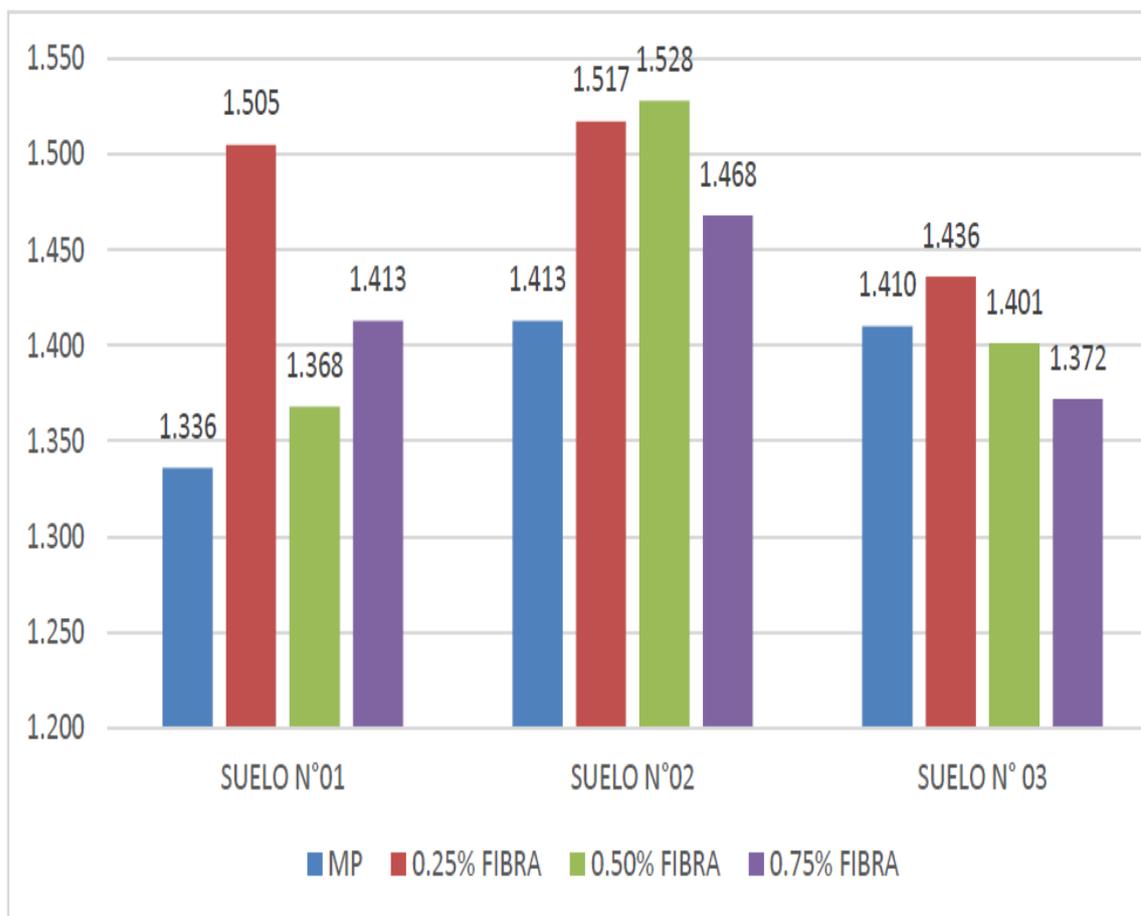
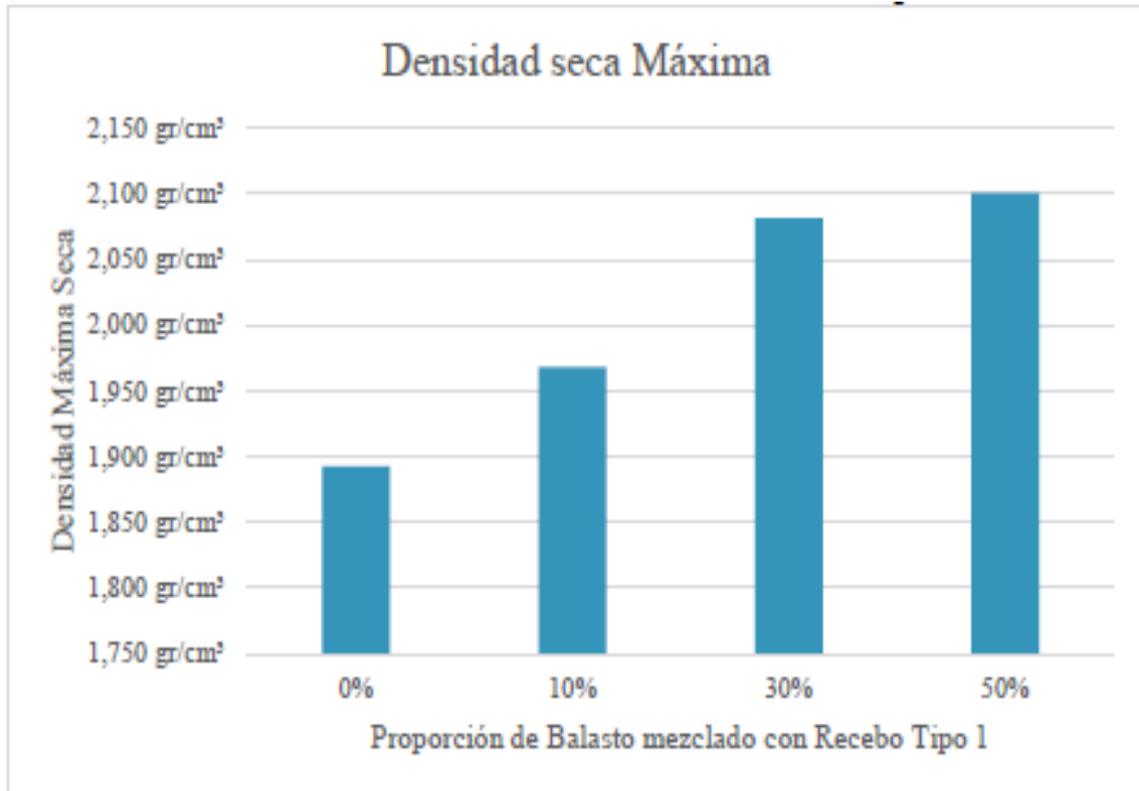
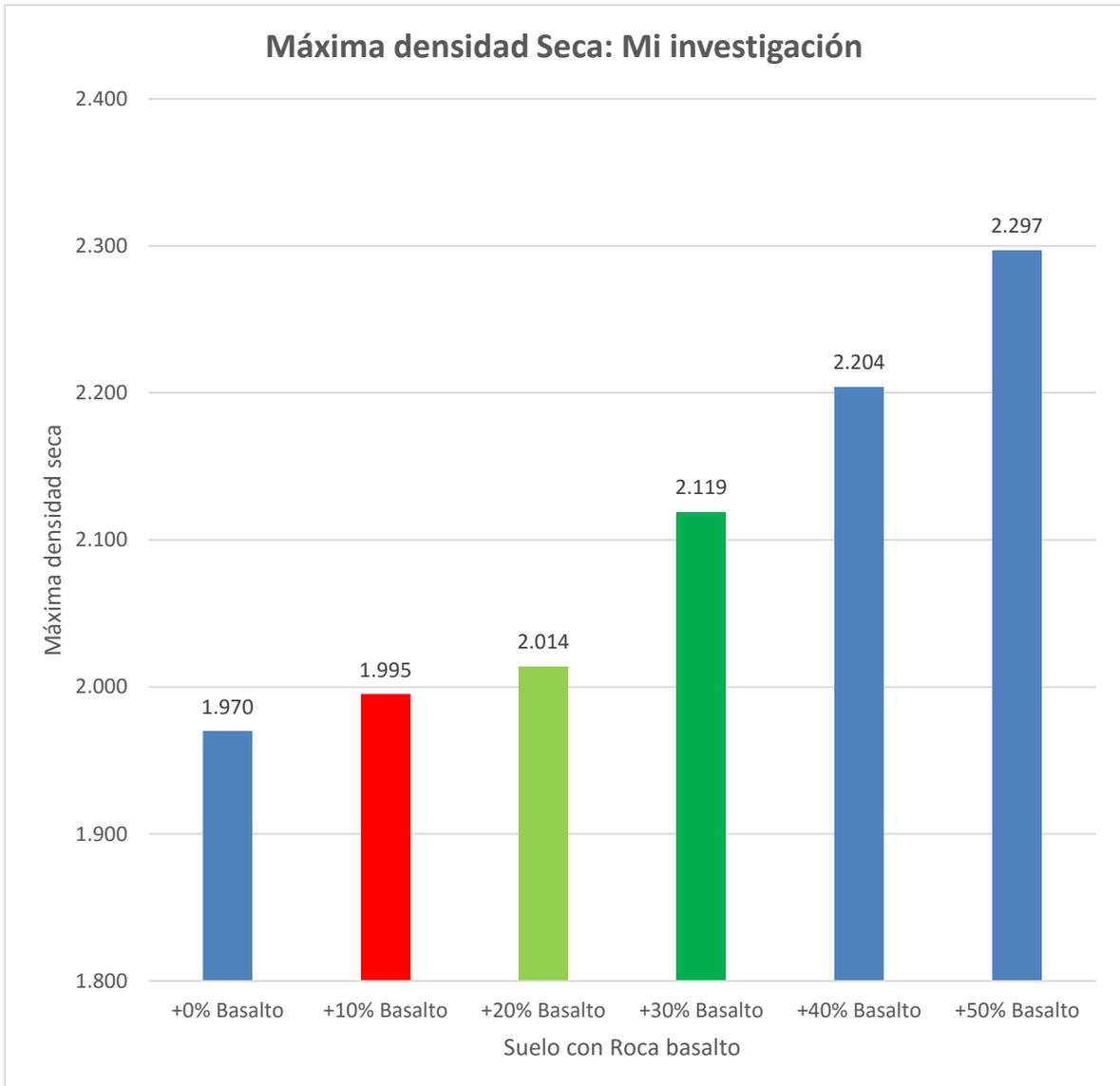


Figura 8. Densidad máxima seca (gr/cm³).

Por otro lado, Castro (2020), en su investigación añade roca basalto en proporciones de 10%, 30% y 50% sobre suelo tipo Recebo I, logrando mejorar la máxima densidad seca de 1.892 g/cm³ para suelo patrón, a 1.97g/cm³, 2.08 g/cm³ y 2.1g/cm³ en los porcentajes respectivos añadidos, tal y como se muestra en la siguiente figura.



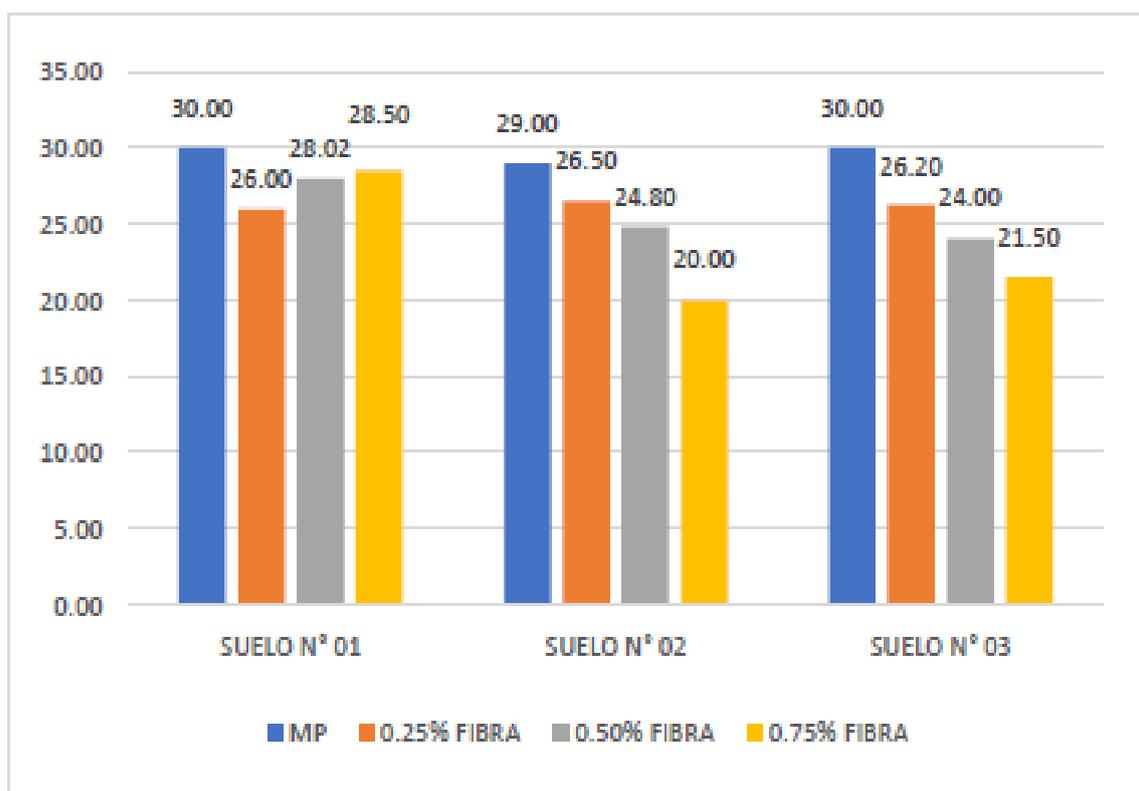
En esta investigación adicionando roca basalto sobre un suelo para subrasante, incrementa significativamente la máxima densidad seca del suelo aumentando desde un MDS = 1.970 g/cm³ para el suelo natural areno limoso, a un MDS = 1.995 g/cm³ para 10% de roca basalto, un MDS = 2.119 g/cm³ para 30% de roca basalto, y un máximo de MDS = 2.297 g/cm³ para el suelo con 50% de roca basalto. El incremento llega a ser de 17%.



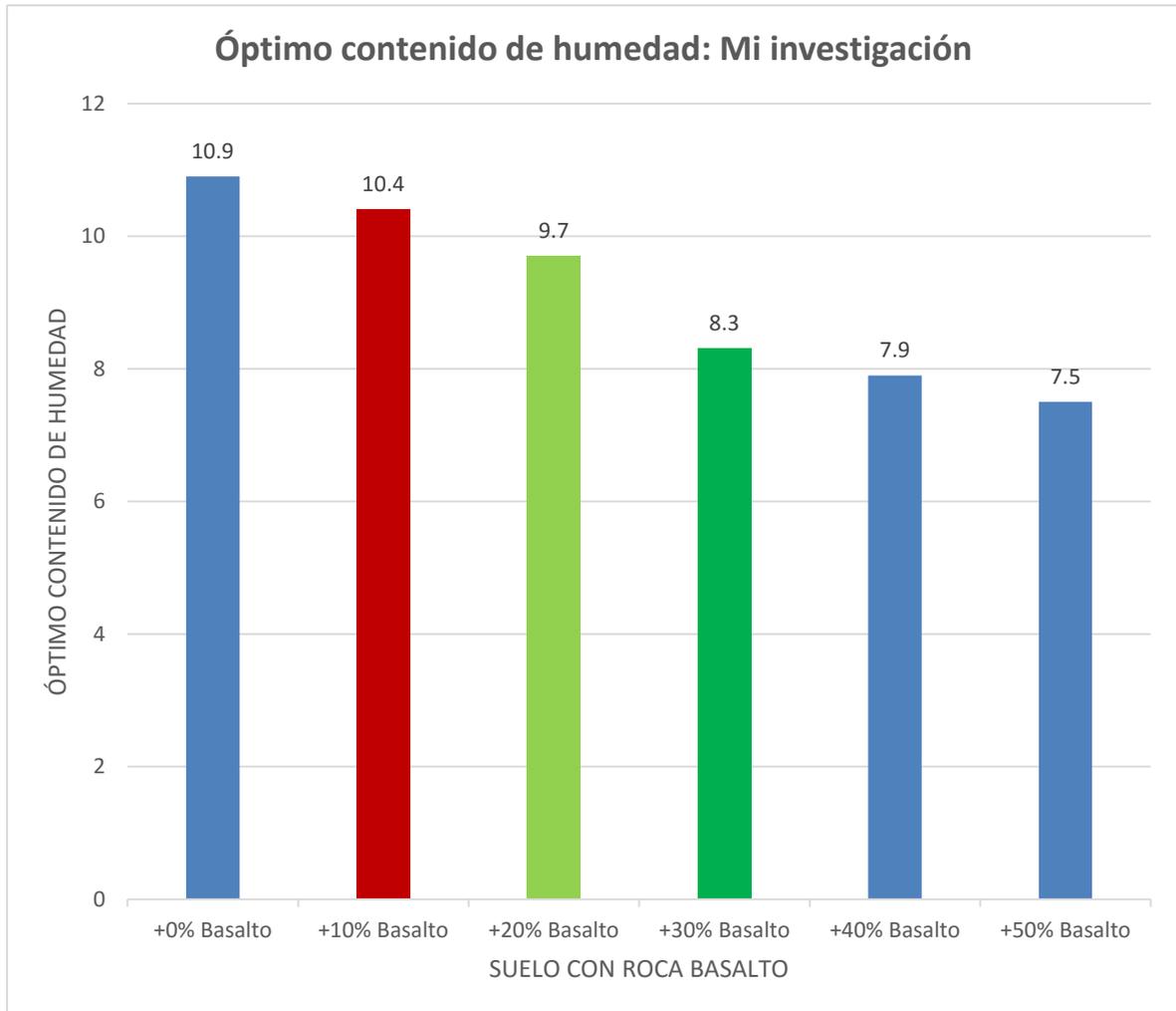
Los resultados obtenidos en esta investigación discrepan mucho de Guerra (2020) puesto que la roca basalto incremento drásticamente la máxima densidad seca, y, por otra parte coinciden con Castro (2020), ya que según se incrementa mayor cantidad de roca basalto, también se incrementa el MDS, sin embargo en esta investigación se observa un incremento mayor al que lo el autor citado, porque con 50% de roca basalto se logra un MDS = 2.297 g/cm³ a diferencia del autor que logra un MDS = 2.119 g/cm³, esto debido a la alta resistencia que posee el basalto usado en esta tesis.

Compactación. Óptimo contenido de humedad

Por otra parte, Guerra, K. (2020), en su investigación utilizando pseudotallos de plátano en 0.25%, 0.50% y 0.75%, disminuye el óptimo contenido de humedad de 30% para suelo natural, a 26.5%, 24.8% y 20.0% respectivamente.



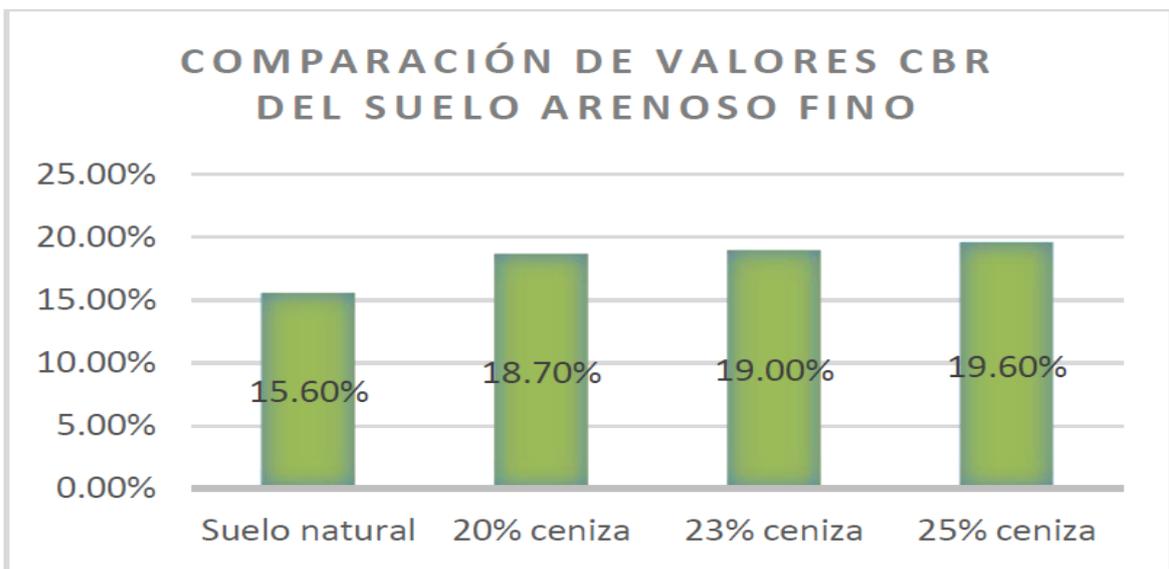
En esta investigación adicionando roca basalto sobre un suelo areno limoso se disminuye el óptimo contenido de humedad de un OCH = 10.9% para suelo natural, a OCH = 10.4% para 10% de roca basalto, a OCH = 9.7% para 20% de roca basalto, a OCH = 8.3% para 30% de roca basalto, a OCH = 7.9% para 40% de roca basalto, a OCH = 7.5% para 50% de roca basalto, este último representa un máximo de 45% de reducción en el óptimo contenido de humedad respecto del suelo natural areno limoso. A continuación, se observan la gráfica.



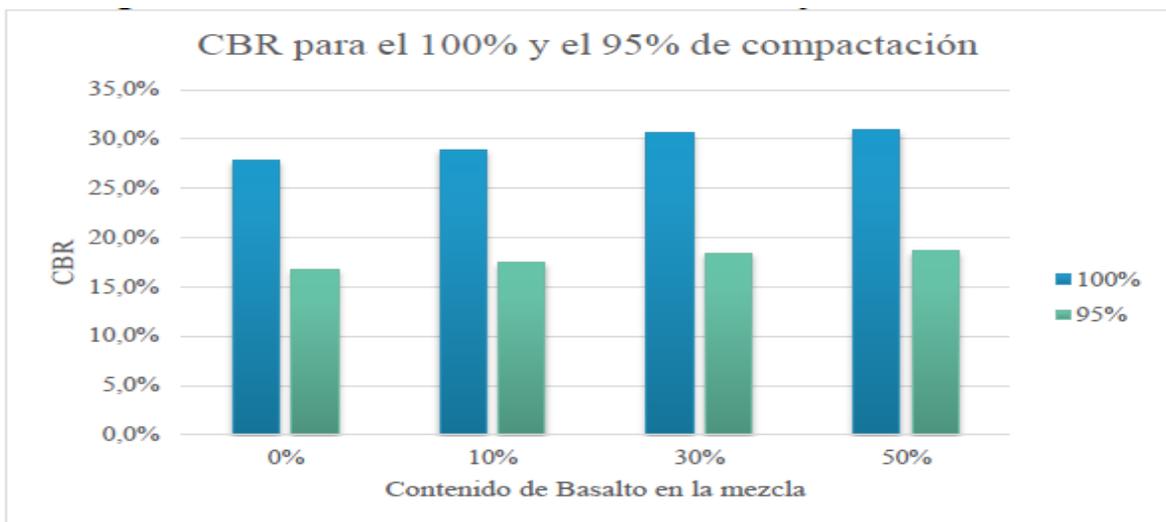
En este caso, esta tesis **concuerta** con Guerra (2020), ya que a medida que se van incrementando los porcentajes de material adicional, se va reduciendo el óptimo contenido de humedad, aunque desde otro punto de vista se tratan suelos distintos, el autor trata con suelos arcillosos, mientras que esta tesis trata con suelo areno limoso.

Objetivo específico 3: Determinar la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho.

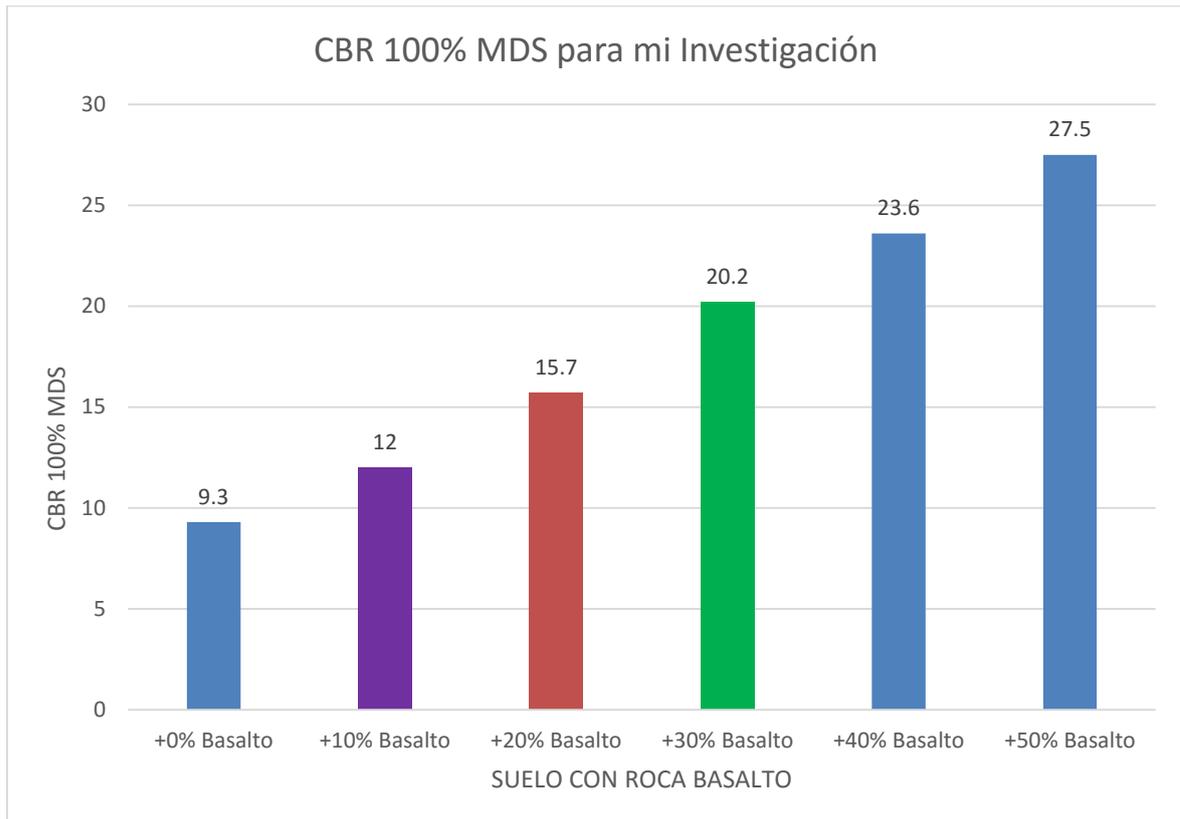
Cañar (2017) en su tesis añade cenizas de carbón en proporciones de 20%, 23% y 25% con la finalidad de mejorar la capacidad portante de un suelo arenoso fino, obteniendo un CBR = 15.6% para suelo natural, e incrementando a CBR = 18.7%, CBR = 19.0% y CBR = 19.6% para los porcentajes de cenizas de carbón añadidos respectivamente.



Por otra parte Castro (2020), en su tesis adiciona roca ignea basalto en proporciones de 10%, 30% y 50% sobre material recebo, y solamente incrementa el CBR en +1.1%, 2.8% y 3.1% respectivamente.



En este estudio se observa que el CBR se incrementa desde un valor de CBR = 9.3% de suelo natural, a un CBR = 12.0% para 10% de roca basalto, un CBR = 15.7% para 20% de roca basalto, un CBR = 20.2% para 30% de roca basalto, un CBR = 23.6% para 40% de roca basalto y un CBR = 27.5% para 50% de roca basalto, siendo este último valor, un incremento del 196% respecto del CBR del suelo natural.



La investigación **discrepa** de los autores citados, puesto que la adición de roca basalto incrementa la resistencia del suelo areno limoso en una medida muy significativa. Basta con la adición de 30% de roca basalto donde resulta el CBR = 20.2% (un incremento del 117%) lo cual es bastante comparado con otras investigaciones, principalmente debido a la alta resistencia que tiene la Roca Basalto utilizada en el mejoramiento del suelo de la Av. Las Torres, Lurigancho. Además, según la clasificación de subrasantes según su CBR, el 30% de adición de roca basalto logra mejorar un suelo regular (CBR patrón = 9.3%) en un suelo muy bueno (CBR = 20.2% \geq 20%), y este valor se consideraría el óptimo puesto que se adiciona menos cantidad de roca basalto triturada para obtener un suelo de categoría muy buena para subrasante.

VI. CONCLUSIONES

En consecuencia, de los resultados obtenidos, se concluye que:

1. La dosificación de roca basalto mejora las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, reduciendo el IP en 46% (de un IP = 3.5 para suelo natural a un IP = 1.9 para suelo con la adición de 50% de roca basalto, también influye en la clasificación del material, ya que pasa de ser un suelo pobre (Suelo areno limoso SM para suelo natural) a ser un suelo muy bueno (suelo grava limosa GM para suelo con 50% de roca basalto), además se mejora la humedad natural del suelo de 11.1% a 7.9%, finalmente se concluye que el suelo presenta mínimo contenido de sales (0.197%), sulfatos (0.018%), cloruros (0.029%) y de la misma forma la roca presentan mínimo contenido de sales (0.024%), sulfatos (0.003%) y cloruros (0.010%), además que esta roca basalto posee una resistencia promedio de 281Mpa, clasificándose como roca extremadamente dura.
2. Se concluye que la incorporación de roca basalto, modifica significativamente el MDS y OCH del suelo en estudio, en la Avenida Las Torres, incrementando la máxima densidad seca en 17% (de una MDS = 1.970 g/cm³ para un suelo natural a un MDS = 2.297 g/cm³ para el suelo en combinación con el 50% de roca basalto) y disminuyendo el óptimo contenido de humedad en 31% (de un OCH = 10.9 % para suelo natural areno limoso a un OCH = 7.5% para suelo en combinación con el 50% de roca basalto).
3. Se concluye que la incorporación de roca basalto, mejora significativamente la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, El óptimo contenido de basalto es del 50% ya que incrementa de forma muy amplia, un CBR = 9.3% para el suelo natural (según su CBR clasificado como suelo para subrasante pobre) a un CBR = 27.5% para suelo en combinación con el 50% de roca basalto (según su CBR clasificado como suelo para subrasante muy buena), este resultado representa un incremento total del 196% en el CBR de un suelo areno limoso, lo que, a diferencia de cualquier otra investigación, es un valor muy significativo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda en primer lugar, sea para suelo o sea para roca, hacer ensayos químicos para garantizar que la presencia de sales, sulfatos y cloruros sea mínima, pues de lo contrario, este podría significar una disminución principalmente en la resistencia de la roca, y para la combinación con el suelo, se tendría un material que podría disminuir su resistencia. Para el análisis de las propiedades físicas, tal como se hizo en esta investigación, se recomienda hacer ensayos adicionales como el de abrasión, y sobre todo medir la carga puntual de la roca, esto con la finalidad de determinar el nivel de resistencia de la roca, ya que, si es de buena resistencia, también producirá mejoras en la resistencia en combinación con el suelo (CBR). Por otra parte, se recomienda hacer los ensayos, siempre en laboratorios que cuenten con certificado de calibración de sus equipos, con la finalidad de que los resultados sean confiables.
2. Sobre la compactación del suelo, se recomienda primero mantener una similitud en los golpes realizados en el ensayo Proctor, ya que esto significa obtener muy buenos resultados. Se recomienda también, a partir de esta investigación, que como dosificación se use 30% o 40% de la roca basalto, ya que, con éstos, se tiene incrementos de 9.9% - 12% del MDS, y estos representan un incremento significativo sin utilizar exceso de roca basalto.
3. Se recomienda también, antes de realizar el ensayo CBR, medir la expansividad del suelo, ya que esta característica si afecta la resistencia del suelo para subrasante, por otra parte, se debe tomar el CBR para el 100% del MDS, particularmente en zonas urbanas, donde no existe mucho control de calidad al momento de compactar el terreno. Éste mal control se refleja en muchas avenidas de Lima con fallas prematuras, hundimientos o ahuellamiento, debido a la falta de control. Por último, se recomienda realizar en próximas investigaciones ensayos Proctor y CBR con rocas basaltos de zonas de la sierra del Perú. Finalmente, se recomienda usar la roca basalto como material para estabilizar suelo de subrasante.

REFERENCIAS

ALDA y MUDIGONDA. Experimental Study on the Suitability of Basalt Fiber Reinforced Red Soil for Highway Construction. Noviembre 2020. (Fecha de consulta: 23 de junio 2021). Disponible en: <https://ijrti.org/papers/IJRTI2001008.pdf>

ALARCON ET ALL. Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. Rev. ing. constr. vol.35 no.1 Santiago abr. 2020. (Fecha de consulta: 20 de mayo de 2021). Disponible en: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000100005_

ALVAREZ, Jorge. Estabilización de subrasantes. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2021]. Disponible en:

https://www.academia.edu/28762676/Subrasantes_Subrasantes_PREPARACI%C3%93N_PREPARACI%C3%93N_DE_SUBRASANTES_DE_SUBRASANTES

ALTAMIRANO, Díaz. Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas. Tesis (ingeniero civil). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua, 2015.

BABU & CHOUKSEY. Stress–strain response of plastic waste mixed soil - Waste management, Agosto 2011. (Fecha de consulta: 25 de mayo 2021).

Disponible en:

[https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Babu,+%26+Chouksey+\(2011\),+%E2%80%9CSTRESSSTRAIN+RESPONSE+OF+PLASTIC+WASTE+MIXED+SOIL%E2%80%9D&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=](https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Babu,+%26+Chouksey+(2011),+%E2%80%9CSTRESSSTRAIN+RESPONSE+OF+PLASTIC+WASTE+MIXED+SOIL%E2%80%9D&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=)

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ª. México: Editorial Patria, 2017. [Fecha de consulta: 14 de mayo 2020].

Disponible en:
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

CABEZAS y SERRATO. Evaluación de la resistencia de un suelo grueso reforzado con fibras de coco. Tesis (ingeniero civil). Magdalena, Colombia: Universidad Piloto de Colombia Seleccional del alto Magdalena, 2019.

CAÑAR, Edwin. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. Tesis (ingeniero civil). Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato, 2017.

CHUMAN, Jorge. Reutilización de pavimento flexible envejecido mediante el empleo de una planta procesadora de mezcla asfáltica en caliente para pavimentos en Huancayo 2016. Tesis (ingeniería civil). Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2016. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/267>

DELGADO y LEON. Mejoramiento De La Subrasante Mediante La Mezcla De Grava- Arcilla Para Optimizar Su Capacidad Portante En La Calle Los Nogales, Piura-2019. Tesis (ingeniería civil). Piura: universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/41352>

FARFAN y HUAQUÍA. Análisis de la influencia de las fibras de basalto y lignina en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente de pavimentos flexibles. Febrero 2021. [Fecha de consulta: 28 de junio 2021].
Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654546>

GUERRA, Khela. Analisis de Capacidad de carga (CBR) de tres suelos arcillosos mediante la incorporación de fibras de pseudotallo de plátano. 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, 2020.

HERNÁNDEZ y FERNÁNDEZ y BAPTISTA. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ª ed. México: Interamericana editores, 2014. (Fecha de consulta: 13 de mayo 2021). Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf> ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERNÁNDEZ y CASTRO. Mejoramientos de subrasantes con roca ígnea basalto tomado de la mina San Pedro, Armero Guayabal [en línea], junio de 2020. [Fecha de consulta: 22 de abril 2021).

Disponible en:

<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7770?show=full>

KRAYUSHKINA ET ALL. Perspectives on using basalt fiber filaments in the construction and rehabilitation of highway pavements and airport runways. Abril 2016. (Fecha de consulta: 27 de junio 2021).

LAICA, Juan. Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base. Trabajo experimental (Ingeniero Civil). Ámbato: Universidad Técnica de Ambato, 2016.

Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24440/1/Tesis%201074%20-%20Laica%20Mopocita%20Gabriel.pdf>

Mamani, Fausto. Fibra sintética en vías a nivel de afirmado y su efecto en sus propiedades mecánicas, región Puno. Tesis (título de Grado). Tacna, Perú: Universidad Privada de Tacna, 2018

MTC. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, Perú: MTC. 2016. Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf.

MTC. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección general de caminos y ferrocarriles, Manual de Carreteras, Diseño geométrico DG 2018. Lima, Perú: MTC, 2018. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf.

MTC. Ministerio de transportes y comunicaciones (Perú). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima: 2013. 29pp.

MTC. Ministerio de transportes y comunicaciones (Perú). Manual de Ensayo de Materiales. 2016. 45pp

PÉREZ ET ALL. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. Tesis (ingeniero civil). Fecha de Publicación 2018. (Fecha de consulta: 24 de junio 2020). Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25266>

PATIÑO, Juan. Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado. Trabajo de titulación (ingeniero Civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9159/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-219.pdf>

RAMIREZ, Casagrande. Behavior of granular rubber waste tire reinforced soil for application in geosynthetic reinforced soil wall octubre 2015 [Fecha de consulta: 12 de junio 2021]. Disponible en: https://www.lareferencia.info/vufind/Record/BR_80306dd32cc502e0fa5e1a76fc6a3612

SHENG y AIHONG. Investigating the Effects of Chopped Basalt Fiber on the Performance of Porous Asphalt Mixture. Abril 2019. (Fecha de consulta: 27 de junio 2021).

Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2019/2323761/>

VIDAL ET ALL. Análisis y evaluación del uso de fibra de basalto en el concreto para mejorar la resistencia a la corrosión de estructuras sumergidas en las zonas marinas de Pisco. Noviembre 2020. (Fecha de consulta: 27 de junio 2021).

Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653691>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cómo influye la adición de roca basalto en las propiedades de la subrasante para un pavimento flexible en una zona como la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho?	Evaluar cómo influye la adición de roca basalto en las propiedades de la subrasante en un pavimento flexible en Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho	La adición de roca basalto mejora las propiedades de la subrasante para un pavimento flexible en Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho	INDEPENDIENTE	ADICION DE ROCA BASALTO	DOSIFICACIÓN	10% RB	Balanza de medición
						20% RB	
						30% RB	
						40% RB	
						50% RB	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS					
¿Cómo influye la dosificación de roca basalto en las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible en una zona como la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho?	Determinar cómo influye la dosificación de roca basalto en las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho	La dosificación de roca basalto mejora las propiedades físicas del suelo de la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho	DEPENDIENTE	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE	PROPIEDADES FÍSICAS	Clasificación de suelos	Fichas técnicas
						Límite plástico	
						Límite Líquido	
						Índice de plasticidad "IP"	
¿Cómo es la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad que tiene subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho?	Determinar la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho	La incorporación de roca basalto, modifica significativamente la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que tiene subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho	DEPENDIENTE	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE	PROCTOR	Óptimo contenido de humedad "OCH"	Fichas técnicas
						Máxima densidad seca "MDS"	
¿Cómo es la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho?	Determinar la influencia de la incorporación de roca basalto, sobre la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho	La incorporación de roca basalto, mejora la capacidad admisible del suelo que tiene la subrasante para un pavimento flexible, en la Av. Las Torres, Distrito de Lurigancho			RESISTENCIA	Capacidad al esfuerzo cortante suelo "CBR"	Fichas técnicas

Anexo 2. Matriz de operacionalización de las variables

Variable de la investigación	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	Metodología
Roca Basalto	El basalto es una roca ígnea de color oscuro, de grano fino, compuesta esencialmente de minerales plagioclasa y piroxeno (Saboia, 2020)	La adición de roca basalto triturada tiene por finalidad mejorar las propiedades del suelo de subrasante	Dosificación	10% RB	Razón	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo Enfoque: Cuantitativo Diseño de investigación: Experimental Población: Av. Las Torres, San Juan de Lurigancho
				20% RB		
				30% RB		
				40% RB		
				50% RB		
Estabilización de suelo para subrasante	Es el proceso mediante el cual los suelos naturales son manipulados y tratados con otros componentes de modo que podemos mejorar sus cualidades (Valle, 2020)	La estabilización de suelo para pavimento flexible, mejora las condiciones iniciales del suelo natural	Propiedades físicas	Clasificación de suelos	Razón	Muestra: Suelo de la Av. Las Torres, San Juan de Lurigancho, se realizan 6 calicatas cada 500m Técnicas: Observación, medición, recolección.
				Límite Líquido		
				Límite plástico		
				Índice de plasticidad		
			Compactación	Óptimo contenido de humedad	Razón	Instrumentos: Ensayos de laboratorio
				Máxima densidad Seca		
			Resistencia	CBR	Razón	

Fuente. Elaboración Propia

Anexo 3. Instrumento de recolección de datos

Técnicas	Formatos	Instrumentos
<p>Ensayos de laboratorio para la determinación de las propiedades mecánicas de la subrasante incorporando roca basalto en 10%, 20%, 30%, 40% y 50%.</p>	<p>Formatos de ensayos del laboratorio de suelos según Norma Técnica Peruana</p>	Abrasión de los Ángeles para roca MTC E 207
		Carga Puntual para Roca Basalto ASTM D 5731
		Sales Solubles para suelo y Roca NTP 339.152
		Sulfatos Solubles para suelo y roca NTP 339.178
		Contenido de cloruros solubles NTP 339.177
		Clasificación (SUCS) ASTM D – 2487
		Análisis Granulométrico MTC E 107 - ASTM D 422
		Contenido de agua MTC E 108 – ASTM D 2216
		Límites de Atterberg MTC E 111 - ASTM D4318
		Proctor Modificado MTC E 115 - ASTM D-1557
		CBR MTC 1 132 - ASTM D-1883

Fuente. Elaboración Propia

Anexo 4. Validación de Instrumentos

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Ing. Muñoz Vargas Cesar Pedro

Institución donde labora : Municipalidad de Lurigancho - Chosica

Especialidad : Gerencia de Proyectos de Construcción

Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.

Autor (s) del instrumento (s): Julia Huaman Herbacio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					√
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Roca Basalto en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					√
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Roca Basalto				√	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					√
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					√
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					√
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					√
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Roca Basalto					√
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					√
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				√	
PUNTAJE TOTAL						48

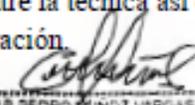
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

La metodología utilizada tiene relación entre la técnica así como con el instrumento esto a su vez respalda a la investigación e innovación.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48


 CESAR PEDRO MUÑOZ VARGAS
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 57632

Lima, 30 de junio de 2021

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

II. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Ing. Muñoz Vargas Cesar Pedro

Institución donde labora : Municipalidad de Lurigancho - Chosica

Especialidad : Gerencia de Proyectos de Construcción

Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.

Autor (s) del instrumento (s): Julia Huaman Herbacio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					√
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Roca Basalto en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				√	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Roca Basalto				√	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				√	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					√
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					√
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					√
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Roca Basalto					√
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					√
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				√	
PUNTAJE TOTAL						42

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

La consistencia de la información que se evidencio a través de los ítems del instrumento, me permitio analizar el objeto de la investigación.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

42


MARTIN AUGUSTO MAGUINA MAGUINA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 48537

Lima, 30 de junio de 2021

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

III. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Ing. Hernán Fernández Quispe
 Institución donde labora : Municipalidad de Lurigancho - Chosica
 Especialidad : Gerencia de Proyectos de Construcción
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado,
 Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.
 Autor (s) del instrumento (s): Julia Huaman Herbacio

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					√
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Roca Basalto en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					√
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Roca Basalto				√	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					√
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					√
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					√
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					√
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Roca Basalto					√
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					√
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				√	
PUNTAJE TOTAL						48

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Al observar las instrucciones así como los ítems del instrumento los cuales evidencian la información objetiva sobre la variable en este instrumento, resulta innovador cumpliendo con su objetivo en todas sus dimensiones

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48


t, 30 de junio de 2021
 HERNÁN FERNÁNDEZ QUISPE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 228356

Anexo 5. Confiabilidad (Ensayos en laboratorio acreditado y calibrado)



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 875 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 226-2021
Fecha de emisión : 2021-06-11

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : FORNEY
Modelo de Copa : LA-3700
Serie de Copa : NO INDICA
Código de Identificación : ELC-003

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. 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

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
10 - JUNIO - 2021

4. Método de Calibración

Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM.
Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

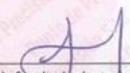
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,3	20,3
Humedad %	80	80

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza 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 - 875 - 2021

Página : 2 de 2

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE										RANURADOR	
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE			EXTREMO CURVADO			
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c	
DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO	
MEDIDA TOMADA	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
MEDIDAS STANDARD	54	2	27	47	50	150	125	10	2	13,5	
TOLERANCIA \pm	0,5	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	2,0	0,05	0,1	0,1	
ERROR	0,86	-0,32	0,46	0,28	0,71	0,07	-0,42	-0,02	0,06	-0,21	

FIN DEL DOCUMENTO



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



LABORATORIO DE
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA:

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement range

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certification

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of Issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages including annexes and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

Téc. **Gilmer A. Huaman Poquioma**

Responsable Laboratorio de Metrología

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

5 000 kgf

G&L LABORATORIO

GLC – 7

501

LAB. DE FUERZA DE G&L LABORATORIO S.A.C

NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)

Del 10% al 100% del Rango

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO
LIMA

Pág. 1 de 3

T71P / DEF – A

5000 kgf

OHAUS / KELI

B504530209 / AGB8505

N° CC – 2046 – 2020

0.062 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades (SI)

2021 – 06 – 11

2021 – 06 – 14

3

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

Téc. **Gilmer A. Huaman Poquioma**

Responsable Laboratorio de Metrología



Teléfono:
(01) 622 – 5814
Celular:
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de **G&L LABORATORIO S.A.C**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **135-2021 GLF**

Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.02 kgf

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kgf	kgf	kgf	No Aplica	kgf	No Aplica
10	500.0	500.1	500.6		501.8	
20	1000.0	1001.2	1000.9		1002.5	
30	1500.0	1508.8	1503.1		1501.6	
40	2000.0	2005.1	2002.2		2003.5	
50	2500.0	2499.9	2499.2	No Aplica	2505.6	No Aplica
60	3000.0	2999.2	2989.9		3002.7	
70	3500.0	3494.9	3499.8		3499.9	
80	4000.0	3993.2	3995.7		3999.2	
90	4500.0	4491.1	4494.2		4492.2	
100	5000.0	4996.2	4991.5		4998.3	
Indicación después de Carga:		0.0	0.0		0.0	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
%	kgf	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)	U± (%) k=2
10	500.0	-0.17	0.34			0.004	0.224
20	1000.0	-0.15	0.16			0.002	0.139
30	1500.0	-0.30	0.48			0.001	0.308
40	2000.0	-0.18	0.14			0.001	0.129
50	2500.0	-0.06	0.26	No Aplica	No Aplica	0.001	0.189
60	3000.0	0.09	0.43			0.001	0.273
70	3500.0	0.05	0.14			0.001	0.136
80	4000.0	0.10	0.15			0.001	0.131
90	4500.0	0.17	0.07			0.000	0.106
100	5000.0	0.09	0.14			0.000	0.127
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Frank Allinson Loja Villanueva

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 20.3 °C
Temperatura Máxima: 20.4 °C

Humedad Mínima: 72.0 %Hr
Humedad Máxima: 72.0 %Hr



Teléfono: (01) 622 - 5814
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 135-2021 GLF

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,30	0,48	No Aplica	No Aplica	0,00	0,002

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 0.5 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S", con N° de Serie: B504530209 / AGB8505, con incertidumbre del orden de 0,062 % con CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC – 2046 – 2020.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 135-2021 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS
SUPERVISOR

Téc. Giner A. Huapán Poquioma
Responsable Técnico de Metrología



Teléfono:
(01) 622 – 5814
Celular:
992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 398 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 331-2021
Fecha de emisión : 2021-08-17

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

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

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : NO INDICA
Modelo de Prensa : NO INDICA
Serie de Prensa : NO INDICA
Código de Identificación : SPE-002

Marca de Celda : KELI
Modelo de Celda : A-FED
Serie de Celda : 5X70860
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : OHAUS
Modelo de Indicador : T32XW
Serie de Indicador : B719098045

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

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
16 - AGOSTO - 2021

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0340 - 005 - 20	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	19,3	19,3
Humedad %	77	77

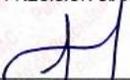
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

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 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° LFP - 398 - 2021

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	497,35	496,15	0,53	0,77	496,75	0,65	0,24
1000	996,20	996,50	0,38	0,35	996,35	0,37	-0,03
1500	1498,70	1498,75	0,09	0,08	1498,73	0,09	0,00
2000	2000,70	2001,60	-0,04	-0,08	2001,15	-0,06	-0,04
2500	2504,10	2504,30	-0,16	-0,17	2504,20	-0,17	-0,01
3000	3009,10	3008,90	-0,30	-0,30	3009,00	-0,30	0,01
3500	3511,95	3512,00	-0,34	-0,34	3511,98	-0,34	0,00
4000	4015,65	4016,90	-0,39	-0,42	4016,28	-0,41	-0,03

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9941x + 8,9694$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

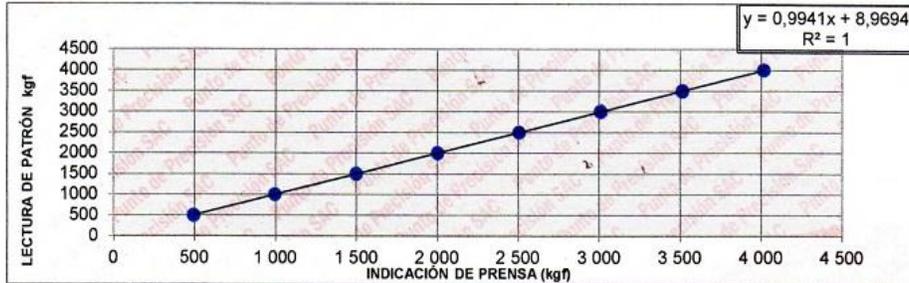
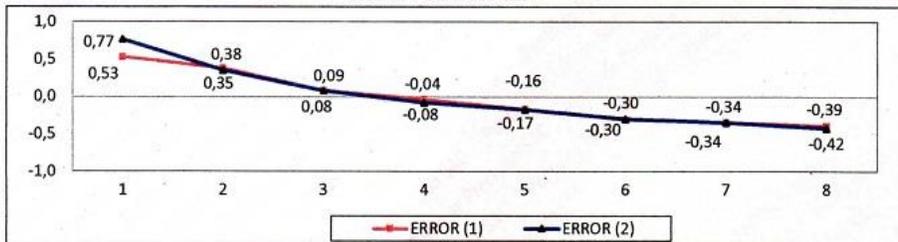


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza 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.

Anexo 6. Dosificación y Análisis de resultados de antecedentes

Estabilización de la subrasante adicionando roca basalto para pavimento flexible en la Av. Las Torres, Distrito Lurigancho, Lima - 2021

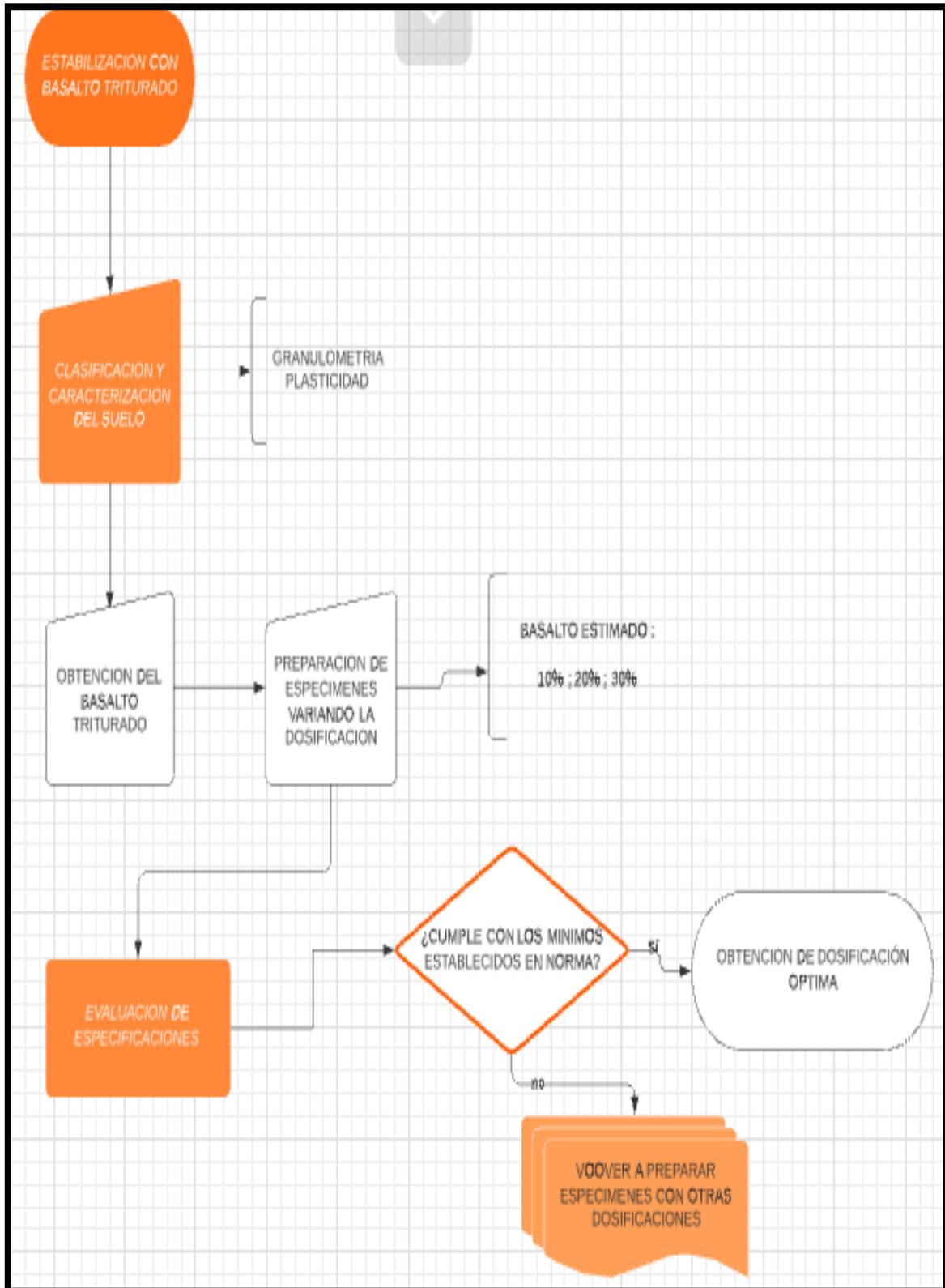
Autor: HUAMAN HERBACIO, Julia Francisca

Autor	Titulo	Año	Tratamiento sobre:	Material adicionado:	Dosificación	Mejora en:
Cañar Tiviano & Pérez Maldonado (Ecuador)	Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con cenizas de carbón	2017	Suelo arenosos finos	Cenizas de Carbón	20% 23% 25%	CBR: +1.5% +2.8% +4%
Castro Merchan, Diego (Ecuador)	Mejoramientos de subrasantes con roca ignea Basalto tomada de la mina San Pedro, Armero Guayabal	2020	Suelo Recebo	Roca Ignea Basalto	10% 30% 50%	CBR: +1.1% +2.8% +3.1%
Medina Arauco Gabriela (Perú)	Estudio del comportamiento del aserrín y la ceniza de carbón para la estabilización de la subrasante, Carabayllo, Lima 2019	2020	Arena Arcillosa	Aserrín (A) y ceniza de carbón (C)	6%A + 20%C 0%A + 25%C 8%A + 0%C	CBR: +75% +45% -10%
Goñas Labajos Olger (Perú)	Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada	2019	Arcilla de alta plasticidad	Cenizas de Carbón	15% 20% 25%	CBR: +2.3% +2.9% +3.5%

ANTECEDENTES OTROS IDIOMAS						
Alda & Mudigonda (EE.UU)	EXPERIMENTAL STUDY ON THE SUITABILITY OF BASALT FIBER REINFORCED RED SOIL FOR HIGHWAY CONSTRUCTION	2015	Concreto	Fibras de basalto	0.2% - 0.4% 0.6% - 0.8% 1.0% - 1.2%	f'c: +40% +50% +83%
Krayushkina & Bieliatynskyi (India)	PERSPECTIVES ON USING BASALT FIBER FILAMENTS IN THE CONSTRUCTION AND REHABILITATION OF HIGHWAY PAVEMENTS AND AIRPORT RUNWAYS	2016	Concreto	Fibras de Basalto	15%	f'c: compresión: +20% flexión: 25%

Fuente. Elaboración Propia

Anexo 7. Procedimiento y fichas de recolección de datos



Fichas de instrumentos para la recolección de datos

Tabla de instrumento para el análisis granulométrico

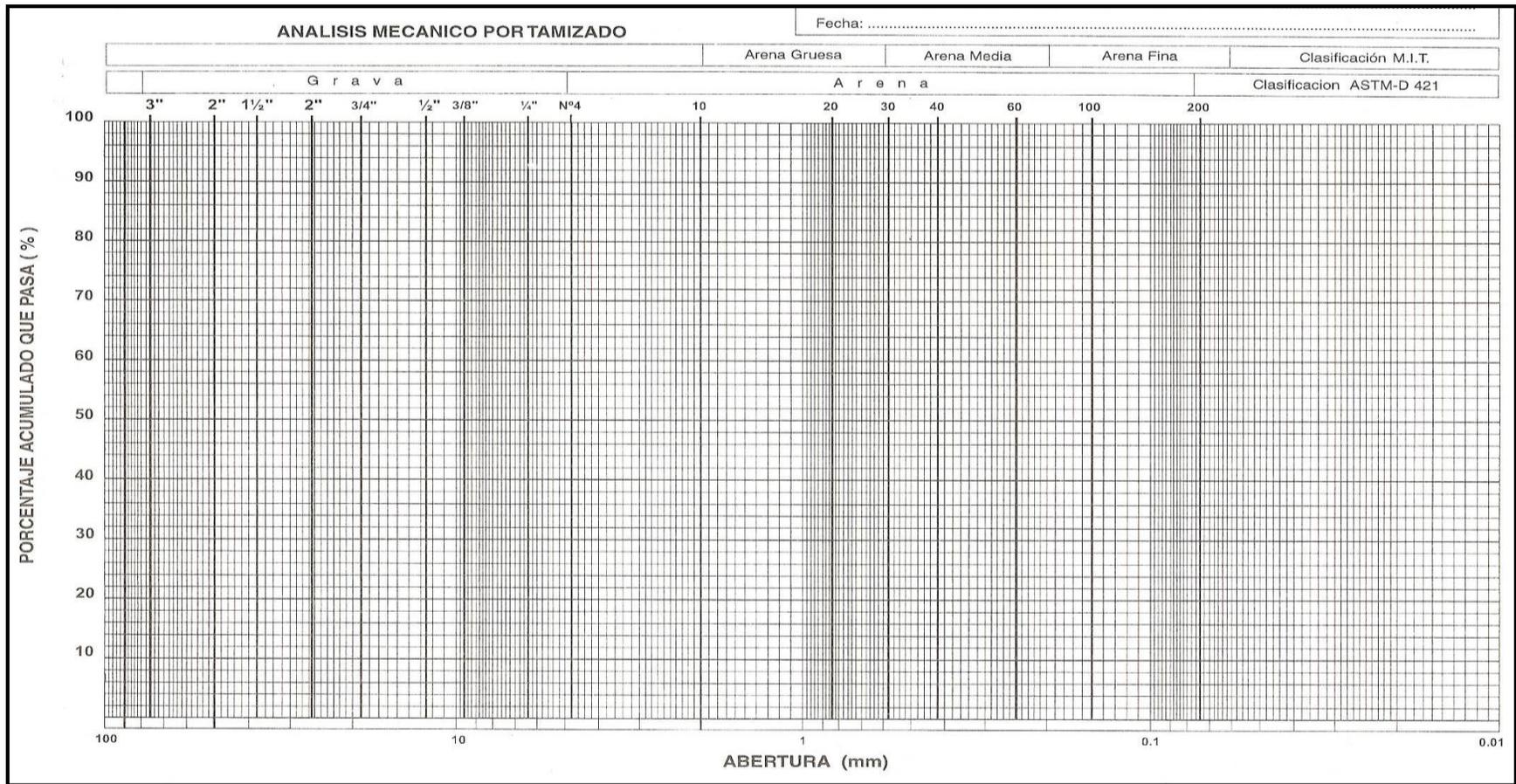


Tabla de Instrumento para medir los límites de Atterberg

	PROYECTO:	
	UBICACIÓN	
	CALICATA:	
	MUESTRA	
	PROFUNDIDAD:	
	FECHA:	

LÍMITE LÍQUIDO (LL)			
Nº tara			
Nº de golpes			
Peso tara (gr)			
Peso tara + suelo húmedo (gr)			
Peso tara + suelo seco (gr)			
Peso del agua (gr)			
Peso del suelo seco (gr)			
Humedad (%)			
LÍMITE PLÁSTICO (LP)			
Nº tara			
Peso tara (gr)			
Peso tara + suelo húmedo (gr)			
Peso tara + suelo seco (gr)			
Peso del agua (gr)			
Peso del suelo seco (gr)			
Humedad (%)			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) = LL - LP			

Gráfico de Fluidez

The graph plots 'Contenido de Humedad' (Moisture Content) on the vertical axis against 'Número de Golpes' (Number of Blows) on the horizontal axis. The vertical axis is linear, with major ticks every 5 units from 0.0 to 45.0. The horizontal axis is logarithmic, with major ticks at 10, 20, 25, 30, 40, 50, and 100. A vertical blue line is drawn at 25 blows, extending from the x-axis to the top of the graph area.

Tabla de Instrumento para medir el ensayo de Proctor modificado

Humedad					
Prueba N°		1	2	3	4
Recipiente N°					
Peso de tara (gr)					
Tara + suelo húmedo (gr)					
Tara + suelo seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso del suelo seco (gr)					
Contenido de humedad (%)					
Densidad					
Prueba N°		1	2	3	4
Peso del molde + suelo húmedo (gr)					
Peso de molde (gr)					
Peso suelo húmedo (gr)					
Volumen del molde (cm ³)					
Densidad húmeda (gr/cm ³)					
Densidad seca (gr/cm ³)					
Densidad seca (gr/cm ³)					
Contenido de humedad (%)					

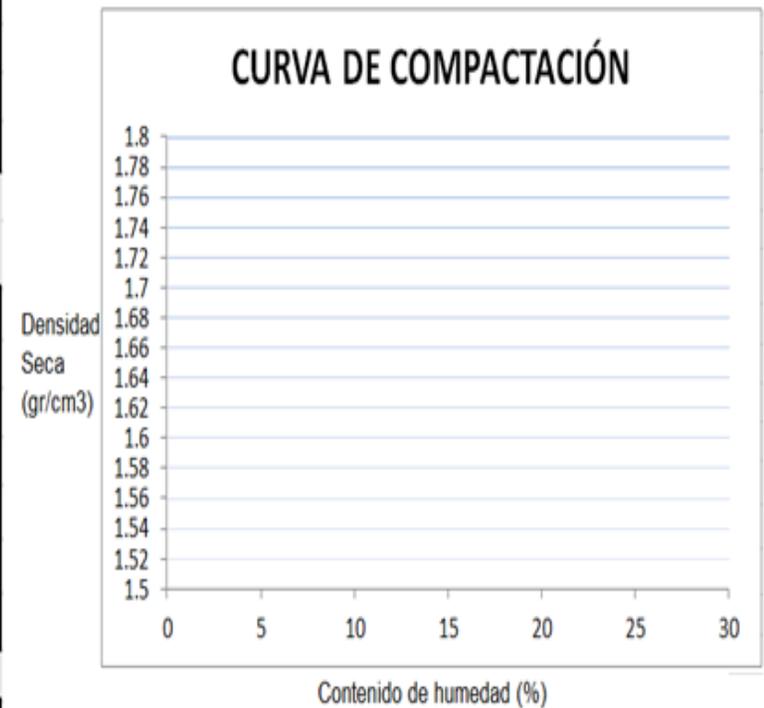


Tabla de Instrumento para medir el ensayo CBR

Anexo 8. Análisis de Costos

ITEM	Descripción	Und	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
1.01	Calicatas para suelo	und	6	110.0	660.0
1.02	Muestreo y Trituración de Roca Basalto	und	1	140.0	140.0
1.03	Movilización de materiales	und	1	125.0	125.0
1.04	Abrasión en roca Maquina de los Ángeles	und	1	200.0	200.0
1.05	Análisis Químico del suelo y ROCA (Sales solubles, Sulfatos, Cloruros)	und	2	180.0	360.0
1.06	Clasificación de Suelos SUCS Y AASHTO (inc. Granulometría, Humedad, límites de consistencia)	und	6	90.0	540.0
1.07	Ensayo Proctor	und	6	105.0	630.0
1.08	Ensayo CBR	und	6	235.0	1440.0
1.09	Ensayo carga puntual Roca Basalto	Und	1	200.0	200.0
COSTO DIRECTO:					4295.0
IGV (18%):					773.1
COSTO TOTAL:					5068.1

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9. TURNITIN

JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO "Estabilización de la subrasante adicionando roca basalto para pavimento fle...

Resumen de coincidencias

12 %

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Estabilización de la subrasante adicionando roca basalto para
pavimento flexible en la Av. Las Torres, Distrito Lurigancho, Lima -
2021"

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	6 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
4	repositorioacademico... Fuente de Internet	1 %
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
6	Entregado a Instituto P... Trabajo del estudiante	<1 %
7	www.hindawi.com	<1 %

Anexo 10. Normativa

Tabla. Normativa de ensayos en la investigación

Ensayo	Normativa
Abrasión de los Ángeles para roca	MTC E 207
Carga Puntual para Roca Basalto	ASTM D 5731
Sales Solubles para suelo y Roca	NTP 339.152
Sulfatos Solubles para suelo y roca	NTP 339.178
Contenido de cloruros solubles	NTP 339.177
Clasificación (SUCS)	ASTM D – 2487
Análisis Granulométrico	MTC E 107 - ASTM D 422
Contenido de agua	MTC E 108 – ASTM D 2216
Límites de Atterberg	MTC E 111 - ASTM D4318
Proctor Modificado	MTC E 115 - ASTM D-1557
CBR	MTC 1 132 - ASTM D-1883

Fuente: Elaboración Propia



MTC E 107

ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

1.0 OBJETO

1.1 Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200).

2.2 Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

4.1.1 Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (Nº 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C.

4.2 MATERIALES

4.2.2 Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
5/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
5/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075

4.2.3 Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.

4.2.4 Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

5.0 MUESTRA

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

5.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

5.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

5.3.1 Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1

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

5.3.2 El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (Nº 4) será aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

5.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral **4.1.1**.

5.4.1 Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (Nº 4).

6.1.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:



TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅝"	9,500
Nº 4	4,760

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

- 6.1.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pesa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual.

- 6.1.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

- 6.2.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- 6.2.2 Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.

- 6.2.3 Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.

- 6.2.4 Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.

- 6.2.5 Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.

- 6.2.6 La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.7 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.8 Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.

- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.

- 6.2.10 Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- 6.2.11 Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.

6.2.12 Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C y se pesa.

6.2.13 Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones [6.1.2](#) y [6.1.3](#).

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº4):

7.1.1.1 Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

7.1.1.2 Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (Nº4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

7.1.1.3 Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

7.1.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.2.1 Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.2 Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.3 Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

7.1.2.4 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire
 W₁ = Peso de suelo secado en el horno

7.2 INFORME

7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- a) El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- b) Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- c) Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprende un ensayo completo de sedimentación.

MTC E 108

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- 2.2 Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ *. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

Nota 1. (*) El secado en horno siguiendo en método (a $110 \text{ }^\circ\text{C}$) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelo contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ o en un desecador a temperatura ambiente.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

4.0 EQUIPOS y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 4.1.2 Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:
De 0,01 g para muestras de menos de 200 g
De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

Nota 2. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

- 4.2.2 Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución (Ver [Sección 6.3.5](#) del presente ensayo).

Nota 3. El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier hite.

- 4.2.3 Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- 4.2.4 Otros utensilios.- Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.



5.0 MUESTRA

- 5.1 Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.
- 5.2 La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles: (tales como: tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ESPECIMEN DEL ENSAYO

- 6.1.1 Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.
- 6.1.2 La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Nota.- * Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Si se usa toda la muestra, ésta no tiene que cumplir los requisitos mínimos dados en la tabla anterior. En el reporte se indicará que se usó la muestra completa.

- 6.1.3 El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.1.2 requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.
- 6.1.4 Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.
- 6.1.5 Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca intacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.
- 6.2 SELECCION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO
- 6.2.1 Cuando el espécimen de ensayo es una porción de una mayor cantidad de material, el espécimen seleccionado será representativo de la condición de humedad de la cantidad total de material. La forma en que se seleccione el espécimen de ensayo depende del propósito y aplicación del ensayo, el tipo de material que se ensaya, la condición de humedad, y el tipo de muestra (de otro ensayo, en bolsa, en bloque, y las demás).

- 6.2.2 Para muestras alteradas tales como las desbastadas, en bolsa, y otras, el espécimen de ensayo se obtiene por uno de los siguientes métodos (listados en orden de preferencia):
- Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
 - Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho ó alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
 - Si no es posible apilar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- 6.2.3 En muestras intactas tales como: bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.
- Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm., o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.
 - Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 6.2.3.c. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

Nota 4. El cambio de humedad en suelos sin cohesión puede requerir que se muestre la sección completa. Si el material está estratificado (o se encuentra más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especímenes individuales, o ambos. Los especímenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.

6.3 PROCEDIMIENTO

- 6.3.1 Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- 6.3.2 Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la [sección 6.2](#) de este ensayo.
- 6.3.3 Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza (véase 4.1.2 de este ensayo) seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

Nota 5. Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los contenedores, y tapas si se usan, deberían ser enumerados y deberían registrarse los números de los contenedores en los formatos del laboratorio. Los números de las tapas deberán ser consistentes con los de los contenedores para evitar confusiones.

Nota 6. Para acelerar el secado en horno de grandes especímenes de ensayo, ellos deberían ser colocados en contenedores que tengan una gran área superficial (tales como ollas) y el material debería ser fragmentado en agregados más pequeños.

- 6.3.4 Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.



MTC E 110

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

1.0 OBJETO

- 1.1 Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Discusión: Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

- 1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte
- 2.2 Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad
- 2.3 Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutitas a la intemperización.
- 2.4 El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.

- 4.1.3 Aparato del límite líquido (o de Casagrande).

De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

- 4.1.4 Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.



- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de $10,00 \pm 0,2$ mm ($0,394 \pm 0,008$ ") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtrós. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para secar la muestra.
- 4.2 MATERIALES
- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"– 4") de longitud y 20 mm ($\frac{3}{4}$ ") de ancho aproximadamente.
- 4.3 INSUMOS
- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz $425 \mu\text{m}$ (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

6.0 PROCEDIMIENTO

Multipunto

- 6.1 Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.

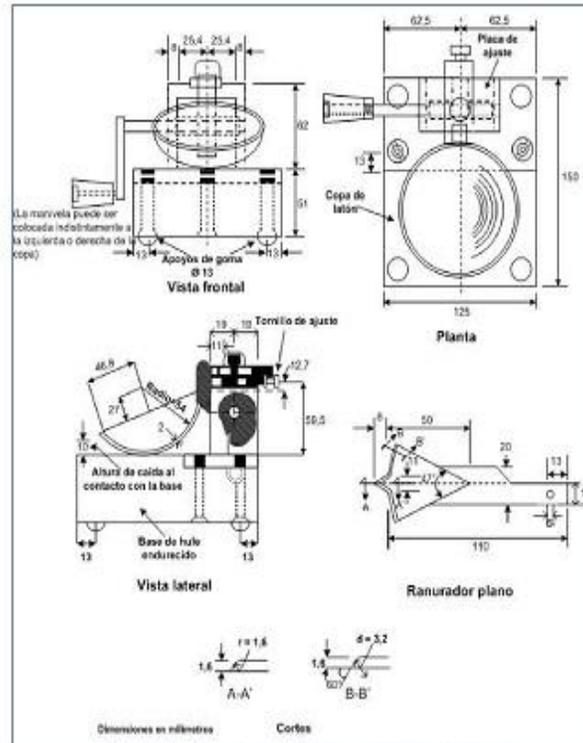


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador las dimensiones finales de la ranura.
- 6.2 Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).

Nota1. Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con



la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

- 6.4 Registrar el número de golpes, N , necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- 6.5 Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- 6.6 Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- 6.7 Determinar el contenido de humedad, W^0 , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

Un punto

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

7.0 CALCULOS

(Multipunto)

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad, W^0 , y el número de golpes correspondientes, N , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- 7.2 Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

(Un punto)

- 7.3 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^x \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^x$$

Donde:

- N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,
- W^0 = Contenido de humedad del suelo,
- K = factor dado en la tabla A.1



Tabla A -1

N (Numero de golpes)	K (Factor para limite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3,5	9,9

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

8.2 DISPERSION

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



MTC E 111

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen
- 2.2 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en Ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3 Los plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 426 µm (N° 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 µm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2 El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado

en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

6.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

6.3 Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

6.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

7.2 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido
L.P. = Límite Plástico
L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).



MTC E 115

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

Nota 1. Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

Nota 2. El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado

- 2.2 Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾ pulg).

Nota 3. Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ pulg), ver ensayo ASTM D 4718

- 2.3 Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

2.3.1 METODO "A"

- 2.3.1.1 Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- 2.3.1.2 Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.3 Número de capas: 5
- 2.3.1.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.6 Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

2.3.2 METODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).
- 2.3.2.3 Número de Capas: 5
- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.2.5 Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg).



2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

2.3.3 METODO "C"

2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.3 Número de Capas: 5

2.3.3.4 Golpes por Capa: 56

2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Nota 4. Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 4718.

2.5 Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).

2.6 Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.

2.6.1 En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = M \cdot a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb. m) es por conveniencia de unidades y no intenta establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pe³ no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

2.7 Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2.8 El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

2.9 Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) mediante un ensayo de



compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1.1 NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ($2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ($2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Ensamblaje del Molde.- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de $16,7\text{ mm}/\text{m}$ ($0,200\text{ pulg}/\text{pie}$) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos $50,8\text{ mm}$ ($2,0\text{ pulg}$) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos $19,0\text{ mm}$ ($0,75\text{ pulg}$), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

- 4.1.1.1 Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio $101,6 \pm 0,4\text{ mm}$ ($4,000 \pm 0,016\text{ pulg}$) de diámetro interior, una altura de $116,4 \pm 0,5\text{ mm}$ ($4,584 \pm 0,018\text{ pulg}$) y un volumen de $944 \pm 14\text{ cm}^3$ ($0,0333 \pm 0,0005\text{ pie}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.
- 4.1.1.2 Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio $152,4 \pm 0,7\text{ mm}$ ($6,000 \pm 0,026\text{ pulg}$) de diámetro interior, una altura de: $116,4 \pm 0,5\text{ mm}$ ($4,584 \pm 0,018\text{ pulg}$) y un volumen de $2\,124 \pm 25\text{ cm}^3$ ($0,075 \pm 0,0009\text{ pie}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.
- 4.1.2 Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pisón debe caer libremente a una distancia de $457,2 \pm 1,6\text{ mm}$ ($18 \pm 0,05\text{ pulg}$) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será $4,54 \pm 0,01\text{ kg}$ ($10 \pm 0,02\text{ lb}\cdot\text{m}$), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 2168 (ver Nota 5). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de $50,80 \pm 0,13\text{ mm}$ ($2,000 \pm 0,005\text{ pulg}$), (Figuras 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los $50,800 \pm 0,25\text{ mm}$ ($2,000 \pm 0,01\text{ pulg}$).

Nota 5. Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó $0,4536\text{ kg}$ ó 1 N es igual a $0,2248\text{ libras}\cdot\text{masa}$ ó $0,1020\text{ kg}$.

- 4.1.2.1 Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de $19,0 \pm 1,6\text{ mm}$



($\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$ pulg) y espaciados a 90°. Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

- 4.1.2.2 Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber 2,5 ± 0,8 mm (0,10 ± 0,03 pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.
- 4.1.2.3 Pisón Mecánico.- Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a 73,7±0,5mm (2,90±0,02 pulg). El pisón se operará de tal manera que los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.
- 4.1.3 Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- 4.1.4 Balanza.- Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.
- 4.1.5 Horno de Secado.- Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C a través de la cámara de secado.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Regla.- Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de ± 0,1 mm (± 0,005 pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg).
- 4.2.2 Tamices ó Mallas.- De 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.
- 4.2.3 Herramientas de Mezcla.- Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

5.0 MUESTRA

- 5.1 La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- 5.2 Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (Nº 4), 9,5mm ($\frac{3}{8}$ pulg) ó 19,0mm ($\frac{3}{4}$ pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 PREPARACION DE APARATOS

- 6.1.1 Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.
- 6.1.2 Revise que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.



MTC E 132

CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

1.0 OBJETO

- 1.1 Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2 Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4 Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- 4.1.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0,66 mm (6 \pm 0,026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0,46 mm (7 \pm 0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")

de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm ($3/8''$) de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm ($28/16''$) las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- 4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm ($5\ 15/16''$) de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005''$) de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- 4.1.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

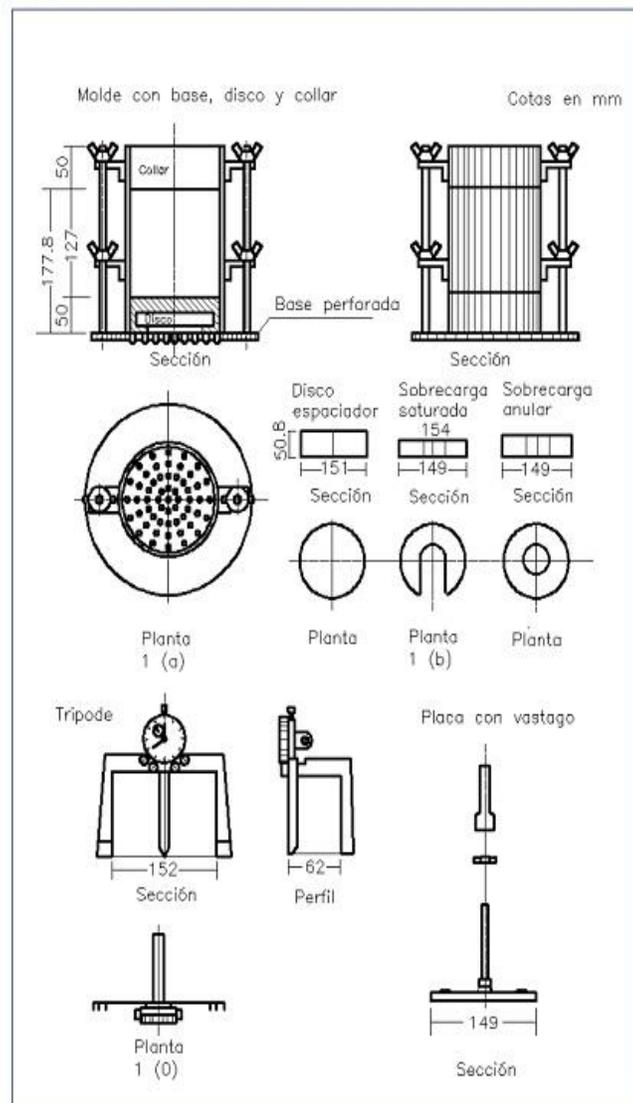


Figura 1.



4.1.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

4.1.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

4.1.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13$ mm (1,954 \pm 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

4.1.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

4.1.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

4.1.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

4.1.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

4.1.12 Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

4.1.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

5.0 MUESTRA

5.1 La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:

- Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de 3/4 de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

6.2 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea



superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

- 6.3 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1. En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellena con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

- 6.4 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que



se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (véase Figura 2b).

Nota 2. A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

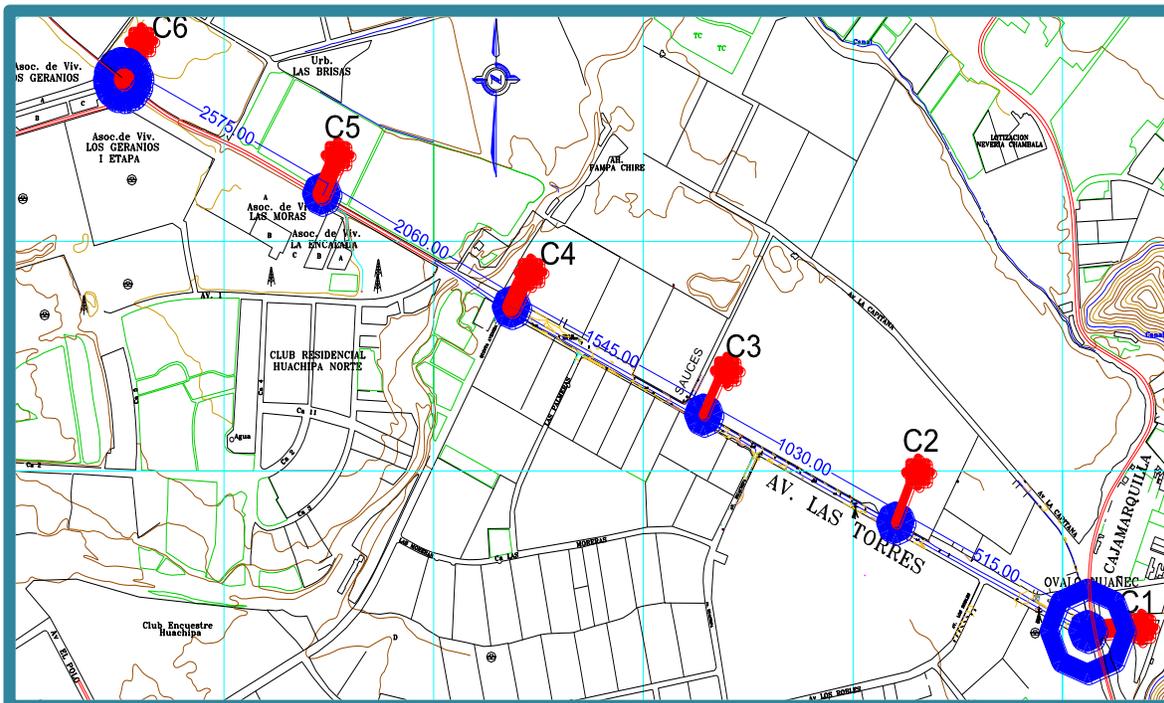
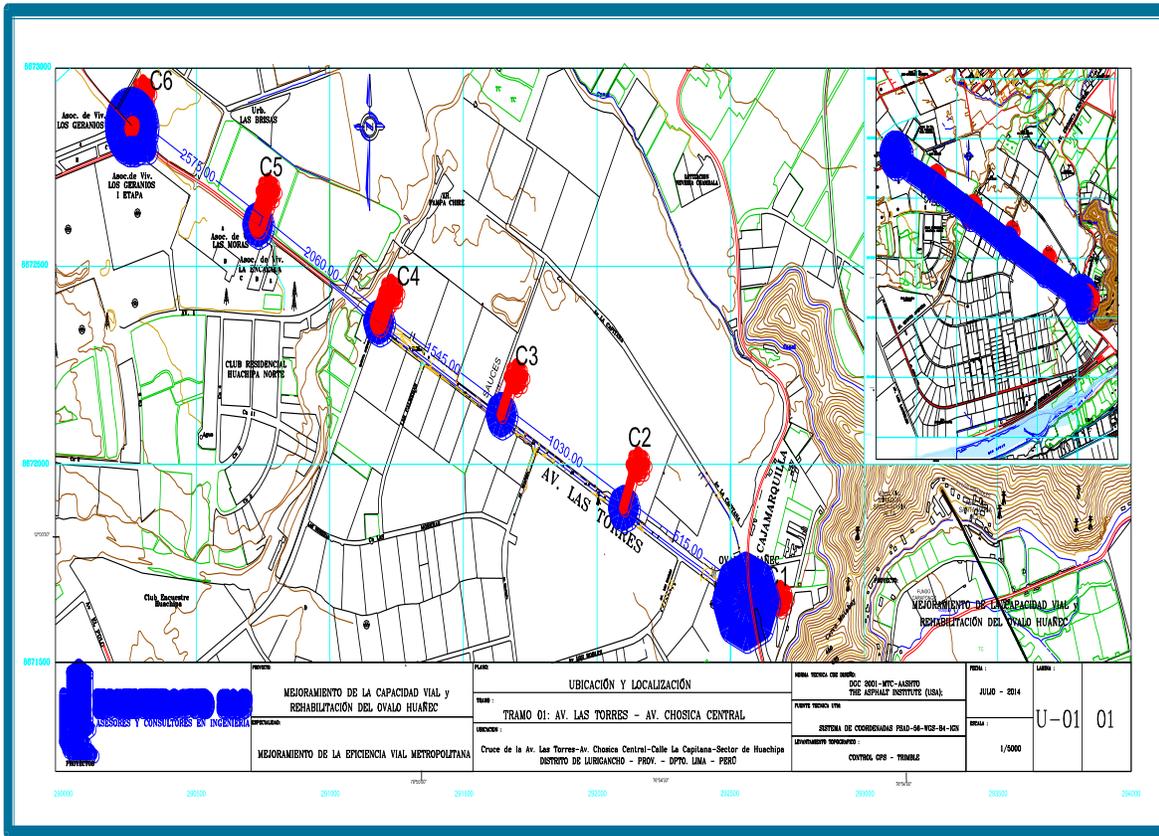
Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 2c).

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

Anexo 11. Mapas y planos



Anexo 12. Panel fotográfico







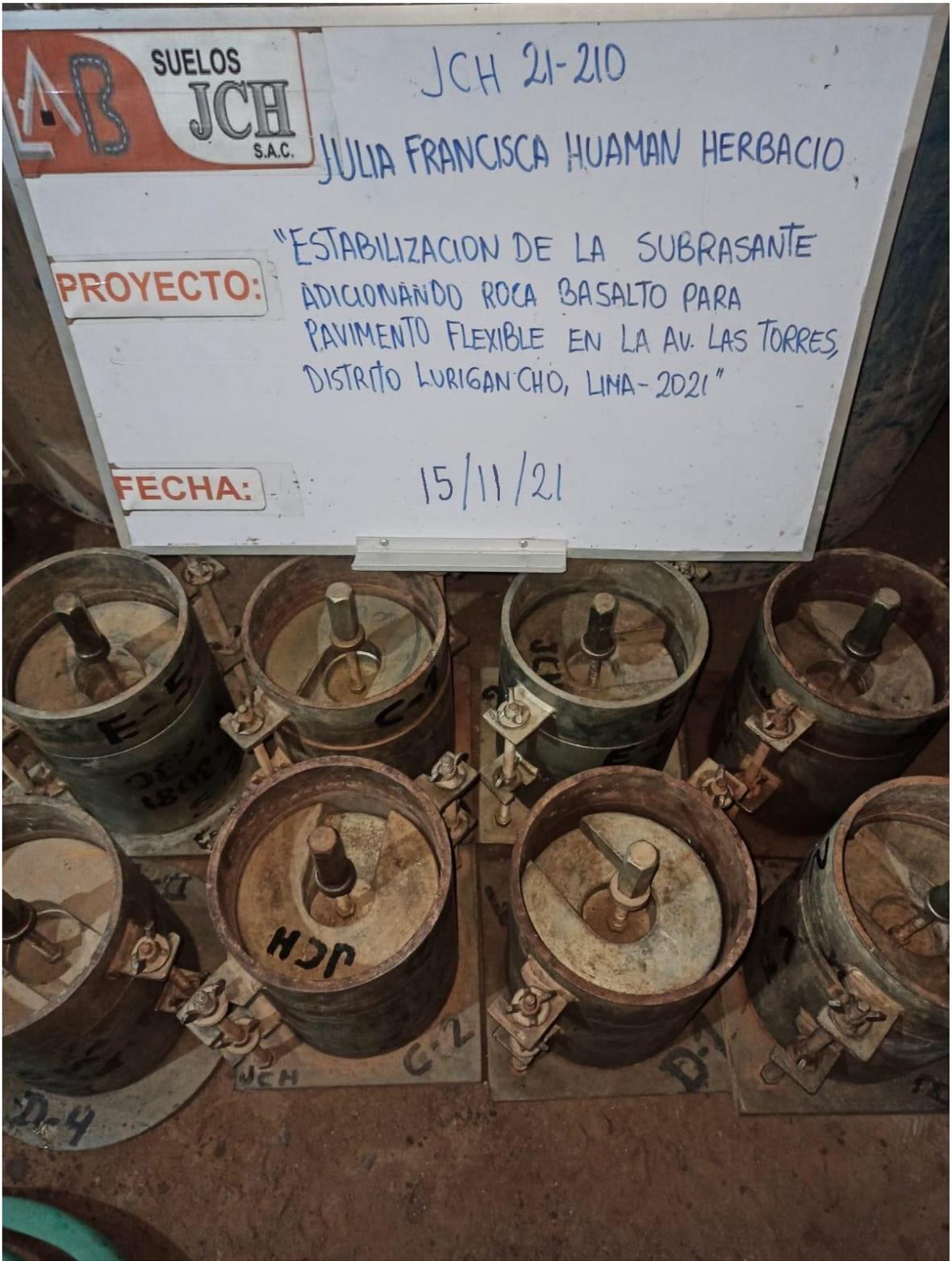












Anexo 13. Solicitud y Autorización de la Empresa de la entidad Pública

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

06 de octubre de 2021

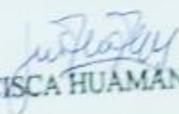
Sr. Victor Arturo Castillo Sánchez
Alcalde de Distrito Lurigancho
Presente. -



Asunto: Solicito realizar dos calicatas en Av. Las Torres

Quien suscribe la presente, JULIA FRANCISCA HUAMÁN HERBACIO identificada con DNI. N° 25730864 soy estudiante del X ciclo de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, con domicilio para estos fines en la JR. NEVADO AUSANGATE NRO. 270 URB. SANTA ELIZABETH distrito SAN JUAN DE LURIGANCHO provincia y departamento Lima. Con el debido respeto acudo a su digna Institución, a fin de solicitar poder realizar calicatas en la Av. Las torres en fecha a dos días hábiles posteriores a la aprobación de la solicitud presentada para realizar trabajos de estudios de tierras para el curso que actualmente llevo de mecánica de suelo así mismo se va a rellenar el sitio donde se realice las calicatas dejándolo de forma original; enviar al siguiente correo: july.hervacio@gmail.com; Sin otro particular quedando de ustedes.

Atentamente


JULIA FRANCISCA HUAMÁN HERBACIO
DNI. N° 25730864

Adjunto

A1.- COPIA DE DNI

A.2.- COPIA DE CARNET UNIVERSITARIO

Anexo 14. Ensayo de Laboratorio para Roca Basalto – Abrasión

	FORMULARIO	Código : C-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2 Fecha : - Página : 1 de 1

ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES ASTM C- 131 - MTC E-207 - NTP 400.019

Informe : JCH 21-210
Solicitante : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
Proyecto : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
Ubicación : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
Fecha : OCTUBRE DEL 2021

Cantera : - **Progresiva** : -
Calicata : - **Coordenadas** : -
Muestra : Roca Basalto
Prof. (m.) : -

Medida del tamiz (apertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")	1250			
25 mm (1")	19.0 mm (3/4")	1252			
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1253			
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1248			
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")				
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N°4)				
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8")				
TOTAL		5003			

Número de Esferas	12			
Masa del a carga (g)	5000			
N° de Revoluciones	500			

Método de ensayo : A
Peso Inicial de la muestra (gr) : 5003
Peso Final de la muestra (gr) : 4447
Peso < malla N°12 (gr) : 556
Desgaste : 11,1%

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
Ejecutado por : Tec. LNR

Equipos Usados
Bal-R31P30-N°3
Hor-01-JCH
Abr-STMH-3




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Anexo 15. Ensayo de Laboratorio para Roca Basalto – Carga Puntual

	FORMULARIO	Código : ---
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL ASTM D 5731

Informe : JCH21-210 **Fecha de recepción :** 18/10/2021
Solicitante : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO **Fecha de ejecución :** 26/10/2021
Proyecto : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA-2021"
Ubicación : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Sondaje : -
Muestra : -
Prof (m) : - **Prensa hidráulica utilizada (50 kN) :** X
Tipo de roca : BASALTO

GEOMETRIA DE LA MUESTRA

Nº	Forma de la muestra	Carga aplicada	L (mm)	D (mm)	W1 (mm)	W2 (mm)
1	I	⊥		32,00	52,10	42,30
2	I	⊥		21,80	51,40	34,50
3	I	⊥		41,20	47,00	61,00
4	I	⊥		40,90	52,40	51,40
5	I	⊥		40,50	55,40	50,20
6	I	⊥		43,80	51,20	46,10
7						
8						
9						
10						

Leyenda
 ⊥ : Carga aplicada de forma perpendicular a la muestra
 // : Carga aplicada de forma paralela a la muestra
Forma de la muestra
 D : Diametral
 A : Axial
 R : Regular
 I : Irregular

Nº	D _s ²	Presión Hidráulica P _{H20} (kN)	Presión Corregida P _{H20} (kN)	I _c Calculado (Mpa)	Factor de corrección F	I _{c,cor} Corregido (Mpa)	σ _c Calculado (Mpa)	Clasificación	Tipo de rotura
1	1923	29,866	29,767	15,48	0,943	14,59	350	R6	C
2	1192	21,385	21,309	17,87	0,847	15,13	363	R6	C
3	2833	32,620	32,514	11,48	1,029	11,81	283	R6	C
4	2703	28,366	28,270	10,46	1,018	10,64	255	R6	C
5	2723	22,398	22,319	8,20	1,019	8,36	201	R5	C
6	2713	26,165	26,075	9,61	1,019	9,79	235	R5	C
7									
8									
9									
10									

Resultados del ensayo

σ_{c,I} (máx) : 363 MPa (R6)
 σ_{c,I} (mín) : 201 MPa (R5)
 σ_{c,I} (prom) : 281 MPa (R6)

Nomenclatura :
 R1 : Roca muy débil 1 - 5 Mpa
 R2 : Roca débil 5 - 25 Mpa
 R3 : Roca media 25 - 50 Mpa
 R4 : Roca dura 50 - 100 Mpa
 R5 : Roca muy dura 100 - 250 Mpa
 R6 : Roca extremadamente dura > 250 Mpa

Tipos de rotura	
A (Diametrales)	
B (Axiales)	
C (Bloque)	
D (No válidos)	

Contenido de humedad al momento del ensayo (ASTM D2216) : 0,1%




 AVILA FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Observaciones :

Anexo 16. Ensayo de Laboratorio para Roca Basalto – Ensayos Químicos

	FORMATO	Código	Q1-Q2-Q3
	ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH21-210
Solicitante : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
Proyecto : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
Ubicación : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
Fecha : NOVIEMBRE DEL 2021

Datos de la muestra		
Calicata	: -	Fecha de Recepción : 18/10/2021
Muestra	: ROCA BASALTO	Fecha de Ejecución : 26/10/2021
Profundidad (mts)	: -	
Cantera	: -	

SALES SOLUBLES TOTALES	240 p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	0,024 %

SULFATOS SOLUBLES	33 p.p.m.
NORMA AASHTO T290 - NTP 339.178	0,003 %

CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES	100 p.p.m.
NORMA AASHTO T291 - NTP 339.177	0,010 %

Ph	7,93 ph
MTC E-129	21,60 °c

Ejecutado Por : D.Crespo

OBSERVACIONES:

* ---
* ---
* ---

Equipos Usados
Bal-T4J4001-Nº1
Bal-PX224/E-Nº4
Hor-01-JCH
Ph-01-JCH
DH-WF21.P03 (Mufla)




JAVIER FRANCISCO
 H. LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Anexo 17. Ensayos de Laboratorio – Ensayos químicos del suelo

	FORMATO	Código	Q1-Q2-Q3
	ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH21-210
Solicitante : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
Proyecto : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
Ubicación : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
Fecha : OCTUBRE DEL 2021

Datos de la muestra		Fecha de Recepción :	18/10/2021
Calicata	: C-1 : 6	Fecha de Ejecución :	26/10/2021
Muestra	: M-1 : 6		
Profundidad (mts)	: 0,00-1,50		
Cantera	:-		

SALES SOLUBLES TOTALES	1968 p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	0,197 %

SULFATOS SOLUBLES	181 p.p.m.
NORMA AASHTO T290 - NTP 339.178	0,018 %

CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES	290 p.p.m.
NORMA AASHTO T291 - NTP 339.177	0,029 %

Ejecutado Por : D.Crespo

OBSERVACIONES:

- * Según procedimiento de ensayo se fraccionó el suelo por el tamiz N°10
- * ---
- * --

Equipos Usados
Bal-T4J4001-N°1
Bal-PX224/E-N°4
Hor-01-JCH
Ph-01-JCH
DH-WF21.P03 (Muffla)




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Anexo 18. Ensayos de Laboratorio – Propiedades físicas del suelo

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACION : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra:
Cantera : -
Calicata : C-1
Muestra : M-1 - Natural
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/2021
Fecha de Ejecución : 19/10/2021
Fecha de Emisión : 21/10/2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 702.1

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	--	--	100.0
2"	50.80	--	--	100.0
1 1/2"	38.10	--	--	100.0
1"	25.40	--	--	100.0
3/4"	19.05	--	--	100.0
3/8"	9.525	8.1	1.2	98.8
N° 4	4.760	6.3	0.9	97.9
N° 10	2.000	11.1	1.6	98.3
N° 20	0.840	48.2	6.9	89.4
N° 40	0.425	68.9	9.8	79.6
N° 60	0.260	65.1	9.3	70.3
N° 140	0.106	127.0	18.1	52.2
N° 200	0.074	42.8	6.1	46.1
-200		323.6	46.1	0.0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	2.1
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	51.8
% Finos [< N° 200]	46.1

LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	23.8
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	20.3
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	3.5

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05

Humedad (%)	11.1
-------------	------

CLASIFICACION

CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(0)
Descripción de la muestra :	ARENA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-IAJ4U01-N°1
 - Hor-U1-jch
 - Equipo de Casagrande ELE
 - Bal-SE402F-N°2




JAVIER FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera	: -		
Calicata	: C-1		
Muestra	: M-1 - Natural		
Prof. (m)	: 0,00-1,50	Fecha de Recepción	: 18/10/21
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 19/10/21
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 21/10/21

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	490.9	416.6
Peso de suelo seco + tara g	450.2	382.0
Peso de tara g	80.6	71.5
Peso de agua g	40.7	34.6
Peso de suelo seco g	369.6	310.5
Contenido de agua %	11.0	11.1
Contenido de Humedad (%)	11.1	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch



Jos. M.
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

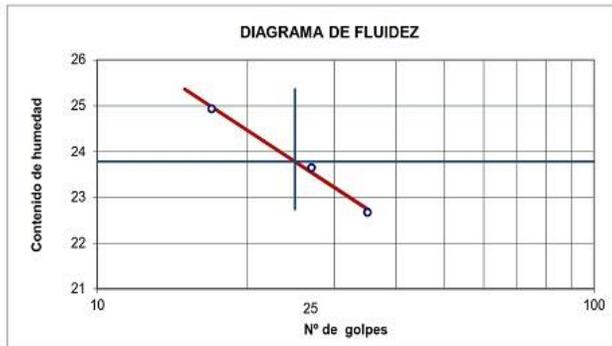
INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra

Cantera : -
Calicata : C-1
Muestra : M-1 - Natural
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
NUMERO DE GOLPES	35	27	17		
PESO DE LA LATA (gr)	21.27	26.70	25.5	26.23	23.01
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	39.83	46.62	49.90	34.25	32.65
PESO LATA + SUELO SECO (g)	36.40	42.81	45.03	32.90	31.02
PESO AGUA (g)	3.43	3.81	4.87	1.35	1.63
PESO SUELO SECO (g)	15.13	16.11	19.53	6.67	8.01
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22.7	23.6	24.9	20.2	20.3



LÍMITE LÍQUIDO (%)	23.8
LÍMITE PLÁSTICO (%)	20.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	3.5

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACION : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra:
Cantera : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1+10% Roca basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/2021
Fecha de Ejecución : 19/10/2021
Fecha de Emisión : 21/10/2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 571,2

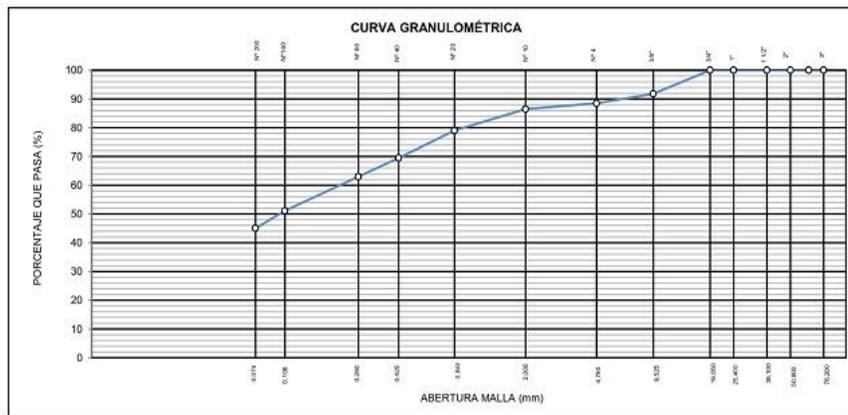
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76,20	--	--	100,0
2"	50,80	--	--	100,0
1 1/2"	38,10	--	--	100,0
1"	25,40	--	--	100,0
3/4"	19,05	--	--	100,0
3/8"	9,525	47,0	8,2	91,8
N° 4	4,760	18,6	3,3	88,5
N° 10	2,000	11,5	2,0	86,5
N° 20	0,840	43,0	7,5	79,0
N° 40	0,425	54,1	9,5	69,5
N° 60	0,260	37,1	6,5	63,0
N° 140	0,106	67,8	11,9	51,1
N° 200	0,074	34,6	6,1	45,0
-200		257,2	45,0	0,0

% Grava [N° 4 < f < 3"]	11,5
% Arena [N° 200 < f < N° 4]	43,5
% Finos [< N° 200]	45,0

LIMITES DE CONSISTENCIA	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	23,0
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	21,2
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	1,8

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	10,3

CLASIFICACION	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(0)
Descripción de la muestra :	ARENA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-TAJ4001-N°1
 - Hor-01-jch
 - Equipo de Casagrande ELE
 - Bal-SE402F-N°2



José María
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1+10% Roca basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	534,8	612,2
Peso de suelo seco + tara g	492,5	560,7
Peso de tara g	78,4	67,1
Peso de agua g	42,3	51,5
Peso de suelo seco g	414,1	493,6
Contenido de agua %	10,2	10,4
Contenido de Humedad (%)	10,3	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch




JAVIER FRANCISCO
 LA LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

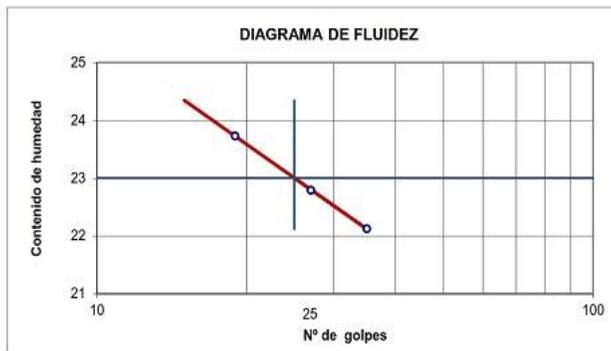
INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra

Cantera : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1+10% Roca basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES	35	27	19		
PESO DE LA LATA (gr)	25,53	26,06	28,45	25,77	23,61
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	44,02	44,54	46,23	34,60	31,54
PESO LATA + SUELO SECO (g)	40,67	41,11	42,82	33,05	30,16
PESO AGUA (g)	3,35	3,43	3,41	1,55	1,38
PESO SUELO SECO (g)	15,14	15,05	14,37	7,28	6,55
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22,1	22,8	23,7	21,3	21,1



LÍMITE LÍQUIDO (%)	23,0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	21,2
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	1,8

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO

Código : D-03
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 3-3

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

INFORME N° : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
 UBICACION : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra:
 Cantera : -
 Calicata : C-3
 Muestra : M-1 + 20% Roca Basalto
 Prof. (m) : 0,00-1,50
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 18/10/2021
 Fecha de Ejecución : 19/10/2021
 Fecha de Emisión : 21/10/2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 1592,8

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76,20	--	--	100,0
2"	50,80	--	--	100,0
1 1/2"	38,10	--	--	100,0
1"	25,40	--	--	100,0
3/4"	19,05	75,0	4,7	95,3
3/8"	9,525	117,2	7,4	87,9
N° 4	4,760	142,0	8,9	79,0
N° 10	2,000	128,0	7,9	71,1
N° 20	0,840	124,5	7,8	63,3
N° 40	0,425	110,9	7,0	56,3
N° 60	0,260	100,0	6,3	50,0
N° 140	0,106	157,5	9,9	40,1
N° 200	0,074	44,4	2,8	37,3
-200		593,8	37,3	0,0

% Grava [N° 4 < 1 < 3"]	21,0
% Arena [N° 200 < 1 < N° 4]	41,7
% Finos [< N° 200]	37,3

LIMITES DE CONSISTENCIA	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	22,8
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	19,7
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	3,1

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	7,8

CLASIFICACION	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-4(0)
Descripción de la muestra :	ARENA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por : Tec. J.CH

- Equipos Usados
- Bal-TAJ4001-N°1
 - Hor-U1-jch
 - Equipo de Casagrande ELE
 - Bal-SE402F-N°2



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 H. LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -
Calicata : C-3
Muestra : M-1 + 20% Roca Basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	742,7	644,6
Peso de suelo seco + tara g	695,3	604,2
Peso de tara g	84,3	90,7
Peso de agua g	47,4	40,4
Peso de suelo seco g	611,0	513,5
Contenido de agua %	7,8	7,9
Contenido de Humedad (%)	7,8	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

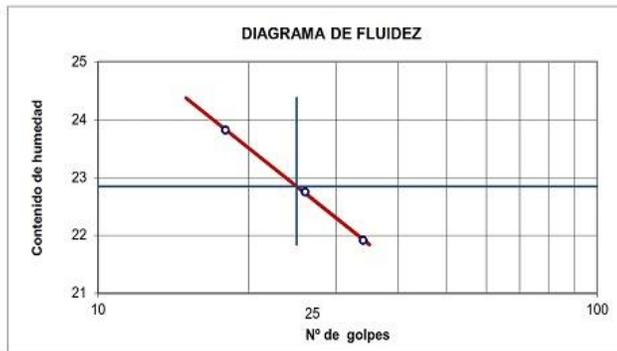
INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra

Cantera : -
Calicata : C-3
Muestra : M-1 + 20% Roca Basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
NÚMERO DE GOLPES	34	26	18		
PESO DE LA LATA (gr)	26,45	24,88	29,21	24,88	25,32
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	43,64	41,93	47,30	32,68	33,48
PESO LATA + SUELO SECO (g)	40,55	38,77	43,82	31,40	32,13
PESO AGUA (g)	3,09	3,16	3,48	1,28	1,35
PESO SUELO SECO (g)	14,10	13,89	14,61	6,52	6,81
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21,9	22,8	23,8	19,6	19,8



LÍMITE LÍQUIDO (%)	22,8
LÍMITE PLÁSTICO (%)	19,7
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	3,1

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE




JAVIER FRANCISCO HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO

Código : D-03
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 3-3

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

INFORME N° : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
 UBICACION : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra:

Cantera : -
 Calicata : C-4
 Muestra : M-1 + 30% Roca Basalto
 Prof. (m) : 0,00-1,50
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 18/10/2021
 Fecha de Ejecución : 19/10/2021
 Fecha de Emisión : 21/10/2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 1339,8

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76,20	--	--	100,0
2"	50,80	--	--	100,0
1 1/2"	38,10	--	--	100,0
1"	25,40	--	--	100,0
3/4"	19,05	163,4	12,2	87,8
3/8"	9,525	138,0	10,3	77,5
N° 4	4,760	101,0	7,5	70,0
N° 10	2,000	116,0	8,7	61,3
N° 20	0,840	139,1	10,4	50,9
N° 40	0,425	98,6	7,4	43,5
N° 60	0,260	87,0	6,5	37,0
N° 140	0,106	47,5	3,5	33,5
N° 200	0,074	68,0	5,1	28,4
-200		380,8	28,4	0,0

% Grava [N° 4 < 1 < 3"]	30,0
% Arena [N° 200 < 1 < N° 4]	41,6
% Finos [< N° 200]	28,4

LIMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	21,1
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	18,7
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	2,4

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05

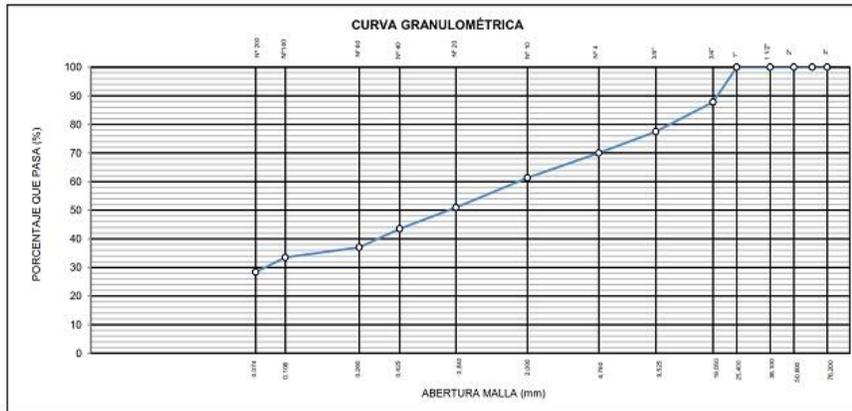
Humedad (%)	8,6
-------------	-----

CLASIFICACION

CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-2-4(0)

Descripción de la muestra :

ARENA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados
 - Bal-1AJ4001-N°1
 - Hor-01-jch
 - Equipo de Casagrande ELE
 - Bal-SE402F-N°2



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193567

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera	: -		
Calicata	: C-4		
Muestra	: M-1 + 30% Roca Basalto		
Prof. (m)	: 0,00-1,50	Fecha de Recepción	: 18/10/21
Progresiva	: -	Fecha de Ejecución	: 19/10/21
Coordenadas	: -	Fecha de Emisión	: 21/10/21

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	661,5	644,6
Peso de suelo seco + tara g	615,4	599,8
Peso de tara g	79,5	82,4
Peso de agua g	46,1	44,8
Peso de suelo seco g	535,9	517,4
Contenido de agua %	8,6	8,7
Contenido de Humedad (%)	8,6	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch




JAVIER FRANCISCO
 H. LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

 LABORATORIO GEOTECNICO	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

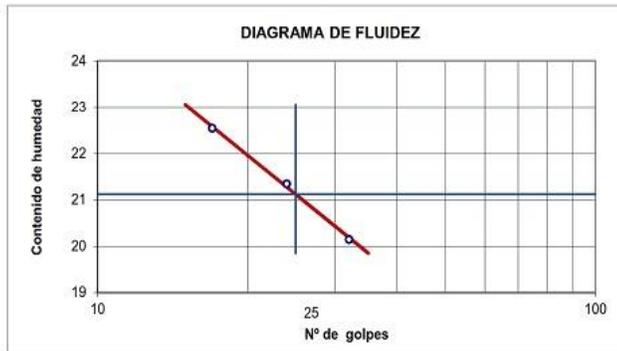
INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra

Cantera : -
Calicata : C-4
Muestra : M-1 + 30% Roca Basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES	32	24	17		
PESO DE LA LATA (gr)	27,01	23,51	25,43	20,33	23,64
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	44,66	40,22	46,30	29,87	31,25
PESO LATA + SUELO SECO (g)	41,70	37,28	42,46	28,38	30,04
PESO AGUA (g)	2,96	2,94	3,84	1,49	1,21
PESO SUELO SECO (g)	14,69	13,77	17,03	8,05	6,4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20,1	21,4	22,5	18,5	18,9



LÍMITE LÍQUIDO (%)	21,1
LÍMITE PLÁSTICO (%)	18,7
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	2,4

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-SE402F-N°2
 - Hor-01-jch
 - Vidrio esmerilado
 - Equipo de Casagrande ELE




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACION : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra:
Cantera : -
Calicata : C-5
Muestra : M-1 + 40% Roca Basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/2021
Fecha de Ejecución : 19/10/2021
Fecha de Emisión : 21/10/2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 1421,4

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76,20	--	--	100,0
2"	50,80	--	--	100,0
1 1/2"	38,10	--	--	100,0
1"	25,40	--	--	100,0
3/4"	19,05	238,5	16,8	83,2
3/8"	9,525	182,0	12,8	70,4
N° 4	4,760	151,0	10,6	59,8
N° 10	2,000	119,9	8,4	51,4
N° 20	0,840	115,0	8,1	43,3
N° 40	0,425	88,0	6,2	37,1
N° 60	0,260	68,9	4,8	32,3
N° 140	0,106	53,0	3,7	26,6
N° 200	0,074	27,0	1,9	26,7
-200		379,4	26,7	0,0

% Grava [N° 4 < 1 < 3"]	40,2
% Arena [N° 200 < 1 < N° 4]	33,1
% Finos [< N° 200]	26,7

LIMITES DE CONSISTENCIA	
Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	20,7
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	18,5
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	2,2

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05	
Humedad (%)	8,2

CLASIFICACION	
CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	GM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-2-4(0)
Descripción de la muestra :	GRAVA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados**
- Bal-1AJ4001-N°1
 - Hor-U1-jch
 - Equipo de Casagrande ELE
 - Bal-SE402F-N°2




JAVIER FRANCISCO VILLA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -
Calicata : C-5
Muestra : M-1 + 40% Roca Basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	874,0	966,0
Peso de suelo seco + tara g	812,5	900,3
Peso de tara g	79,5	85,6
Peso de agua g	61,5	65,7
Peso de suelo seco g	733,0	814,7
Contenido de agua %	8,4	8,1
Contenido de Humedad (%)	8,2	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

 LABORATORIO GEOTECNICO	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

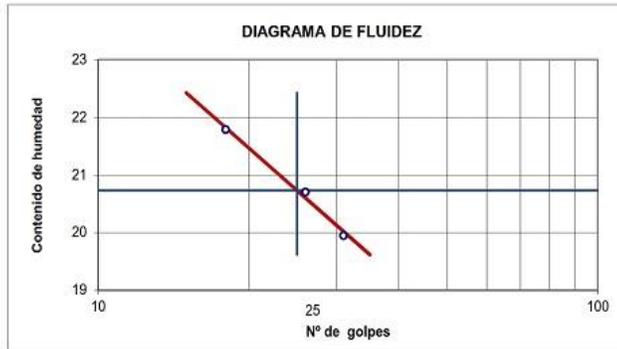
INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra

Cantera : -
Calicata : C-5
Muestra : M-1 + 40% Roca Basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES	31	26	18		
PESO DE LA LATA (gr)	25,22	22,32	21,45	21,11	22,42
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	39,65	41,56	39,84	30,96	30,62
PESO LATA + SUELO SECO (g)	37,25	38,26	36,55	29,42	29,34
PESO AGUA (g)	2,40	3,30	3,29	1,54	1,28
PESO SUELO SECO (g)	12,03	15,94	15,10	8,31	6,92
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20,0	20,7	21,8	18,5	18,5



LÍMITE LÍQUIDO (%)	20,7
LÍMITE PLÁSTICO (%)	18,5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	2,2

Pasante de la malla N°40

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE




JAVIER FRANCISCO
 LA LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO

Código : D-03
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 3-3

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

INFORME N° : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 ENTIDAD : *
 PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
 UBICACION : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra:

Cantera : -
 Calicata : C-6
 Muestra : M-1 + 50% Roca Basalto
 Prof. (m) : 0,00-1,50
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Fecha de Recepción : 18/10/2021
 Fecha de Ejecución : 19/10/2021
 Fecha de Emisión : 21/10/2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 2518,1

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76,20	--	--	100,0
2"	50,80	--	--	100,0
1 1/2"	38,10	--	--	100,0
1"	25,40	--	--	100,0
3/4"	19,05	471,6	18,7	81,3
3/8"	9,525	454,3	18,0	63,3
N° 4	4,760	355,2	14,1	49,2
N° 10	2,000	185,0	7,3	41,9
N° 20	0,840	152,0	6,0	35,9
N° 40	0,425	131,2	5,2	30,7
N° 60	0,260	125,3	5,0	25,7
N° 140	0,106	112,0	4,4	21,3
N° 200	0,074	20,6	0,8	20,5
-200		515,0	20,5	0,0

% Grava (N° 4 < f < 3")	50,8
% Arena (N° 200 < f < N° 4)	28,7
% Finos (< N° 200)	20,5

LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Líquido (%) ASTM D4318-05	20,2
Limite Plástico (%) ASTM D4318-05	18,3
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	1,9

Contenido de Humedad ASTM D-2216-05

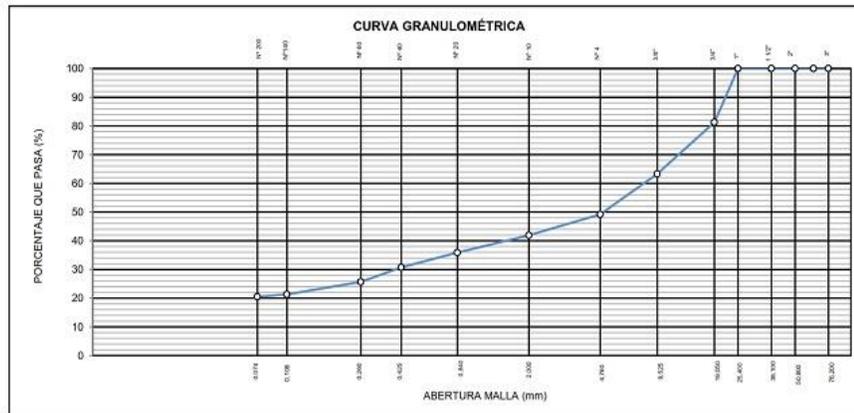
Humedad (%)	7,9
-------------	-----

CLASIFICACION

CLASIFICACION SUCS ASTM D 2487-05	GM
CLASIFICACION AASHTO ASTM D 3282-04	A-2-4(0)

Descripción de la muestra :

GRAVA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.CH

- Equipos Usados
- Bal-1AJ4001-N°1
 - Hor-01-jch
 - Equipo de Casagrande ELE
 - Bal-SE402F-N°2



José Clavijo
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -
Calicata : C-6
Muestra : M-1 + 50% Roca Basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo humedo + tara g	916,6	925,0
Peso de suelo seco + tara g	858,5	863,6
Peso de tara g	101,3	100,5
Peso de agua g	58,1	61,4
Peso de suelo seco g	757,2	763,1
Contenido de agua %	7,7	8,0
Contenido de Humedad (%)	7,9	

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

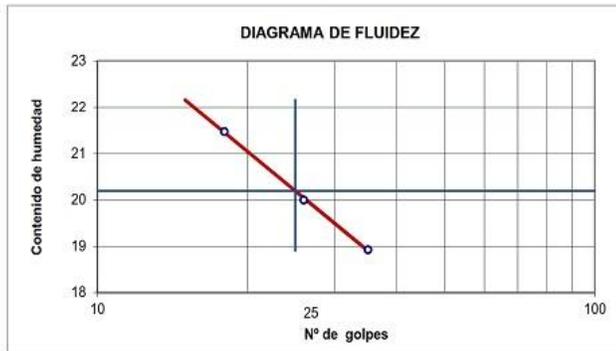
INFORME N° : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
ENTIDAD : -
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO LURIGANCHO, LIMA -2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA

Datos de la Muestra

Cantera : -
Calicata : C-6
Muestra : M-1 + 50% Roca Basalto
Prof. (m) : 0,00-1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 19/10/21
Fecha de Emisión : 21/10/21

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES	35	26	18		
PESO DE LA LATA (gr)	20,12	26,28	23,67	19,60	23,11
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)	36,08	42,30	38,15	28,10	34,65
PESO LATA + SUELO SECO (g)	33,54	39,63	35,59	26,79	32,87
PESO AGUA (g)	2,54	2,67	2,56	1,31	1,79
PESO SUELO SECO (g)	13,42	13,35	11,92	7,19	9,755
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18,9	20,0	21,5	18,2	18,3



LÍMITE LÍQUIDO (%)	20,2
LÍMITE PLÁSTICO (%)	18,3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	1,9

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados

- Bal-SE402F-N°2
- Hor-01-jch
- Vidrio esmerilado
- Equipo de Casagrande ELE




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Anexo 19. Ensayos de Laboratorio – Proctor Modificado

	FORMULARIO	Código : D-19
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

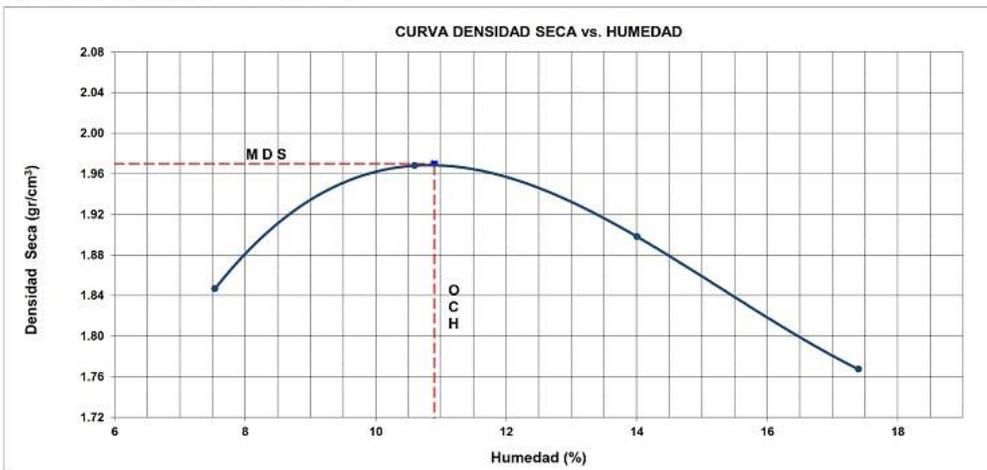
N° INFORME : JCH 21-210	Fecha de Recepción : 18/10/21
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO	Fecha de Ejecución : 20/10/21
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"	
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA	
FECHA : OCTUBRE DEL 2021	

Calicata : C-1	Cantera : -	Clasificación SUCS : SM
Muestra : M-1	Progresiva : -	Clasificación AASHTO : A-4(0)
Prof.(m) : 0.00-1.50	Coordenadas : -	

COMPACTACIÓN					
Prueba N°	1	2	3	4	
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6063	6243	6231	6147	
Peso del Molde (gr)	4190	4190	4190	4190	
Peso suelo compacto (gr)	1873	2053	2041	1957	
Volumen del Molde (cm ³)	943.2	943.2	943.2	943.2	
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.986	2.177	2.164	2.075	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.847	1.968	1.898	1.767	

HUMEDAD					
Tara N°	1	2	3	4	
Tara + suelo humedo (gr)	394.2	452.3	587.4	538.4	
Tara + suelo seco (gr)	378.1	425.0	535.8	488.2	
Peso del agua (gr)	16.1	27.3	51.6	50.2	
Peso de tara (gr)	164.5	167.4	167.4	199.7	
Peso suelo seco (gr)	213.6	257.6	368.4	288.5	
Contenido de humedad(%)	7.5	10.6	14.0	17.4	

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.970 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 10.9 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn




 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-19
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-2
 Muestra : M-2 + 10% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

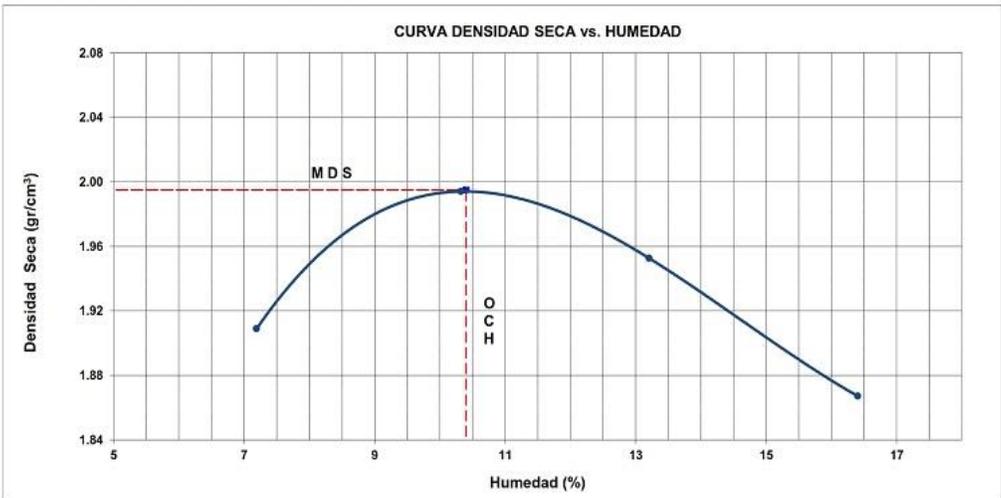
Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-4(0)

Peso específico : -
 Metodo : A

Prueba N°	COMPACTACIÓN			
	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6120	6265	6275	6240
Peso del Molde (gr)	4190	4190	4190	4190
Peso suelo compacto (gr)	1930	2075	2085	2050
Volumen del Molde (cm ³)	943.2	943.2	943.2	943.2
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.046	2.200	2.211	2.173
Densidad seca (gr/cm ³)	1.909	1.994	1.953	1.867

Tara N°	HUMEDAD			
	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	476.6	423.3	523.3	538.4
Tara + suelo seco (gr)	450.0	390.3	469.9	470.5
Peso del agua (gr)	26.6	33.0	53.4	67.9
Peso de tara (gr)	80.1	70.6	65.6	56.6
Peso suelo seco (gr)	369.9	319.7	404.3	413.9
Contenido de humedad(%)	7.2	10.3	13.2	16.4

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.995 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 10.4 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usados
 Bal-R31P30-N°3
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-JCH
 Maq. Ensayo 50Kn



Julia Francisca Huaman Herbacio
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-19
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-3
 Muestra : M-3 + 20% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

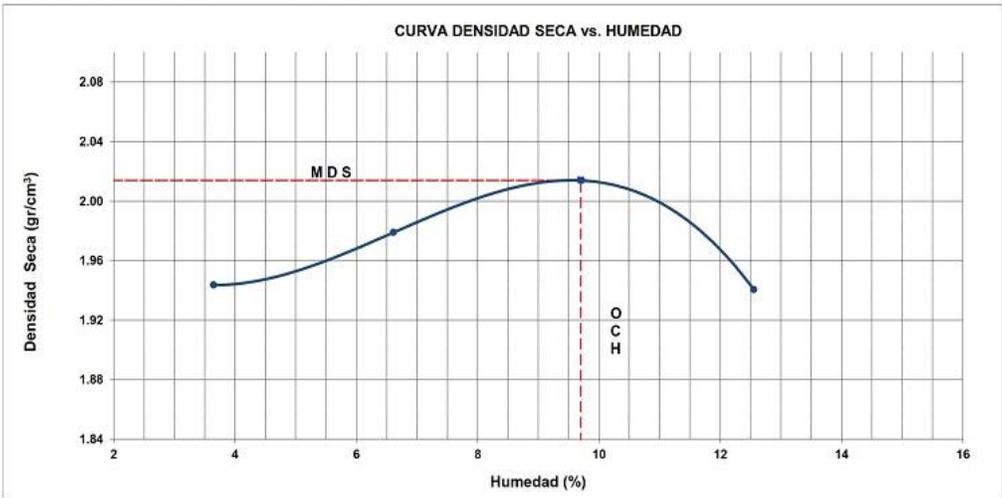
Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-4(0)

Peso específico : -
 Metodo : A

Prueba N°	COMPACTACIÓN			
	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6090	6180	6274	6250
Peso del Molde (gr)	4190	4190	4190	4190
Peso suelo compacto (gr)	1900	1990	2084	2060
Volumen del Molde (cm ³)	943.2	943.2	943.2	943.2
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.014	2.110	2.209	2.184
Densidad seca (gr/cm ³)	1.944	1.979	2.014	1.940

Tara N°	HUMEDAD			
	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	490.2	513.8	469.9	533.3
Tara + suelo seco (gr)	476.0	486.0	433.3	482.6
Peso del agua (gr)	14.2	27.8	36.6	50.7
Peso de tara (gr)	85.4	65.7	56.6	78.8
Peso suelo seco (gr)	390.6	420.3	376.7	403.8
Contenido de humedad(%)	3.6	6.6	9.7	12.6

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.014 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 9.7 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-19
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-4
 Muestra : M-4 + 30% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas :-

Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

Peso específico : -
 Metodo : A

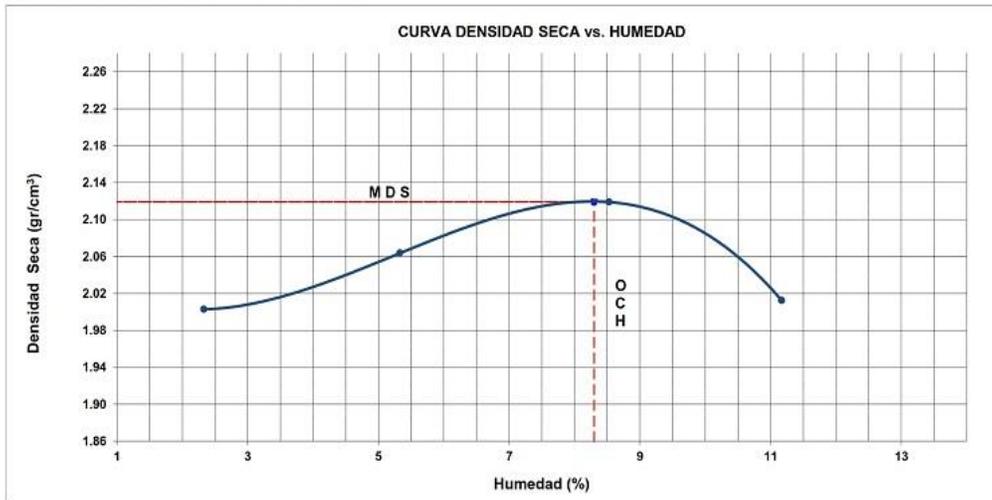
COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6123	6240	6359	6300
Peso del Molde (gr)	4190	4190	4190	4190
Peso suelo compacto (gr)	1933	2050	2169	2110
Volumen del Molde (cm ³)	943.2	943.2	943.2	943.2
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.049	2.173	2.300	2.237
Densidad seca (gr/cm ³)	2.003	2.064	2.119	2.012

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	563.5	476.2	512.3	500.2
Tara + suelo seco (gr)	551.8	455.0	477.2	456.3
Peso del agua (gr)	11.7	21.2	35.1	43.9
Peso de tara (gr)	49.9	57.1	65.8	63.3
Peso suelo seco (gr)	501.9	397.9	411.4	393.0
Contenido de humedad(%)	2.3	5.3	8.5	11.2

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.119 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 8.3 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



J. Loza Clavijo
 JULIA FRANCISCA
 H. LOZA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-19
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-5
 Muestra : M-5 + 40% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

Clasificación SUCS : GM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

Peso específico : -
 Metodo : A

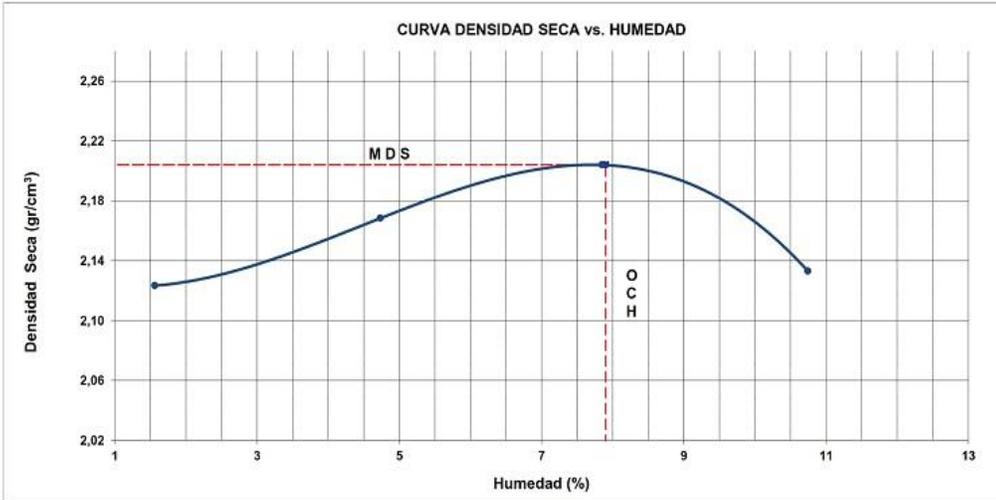
COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6224	6332	6432	6418
Peso del Molde (gr)	4190	4190	4190	4190
Peso suelo compacto (gr)	2034	2142	2242	2228
Volumen del Molde (cm3)	943,2	943,2	943,2	943,2
Densidad Humeda (gr/cm3)	2,156	2,271	2,377	2,362
Densidad seca (gr/cm3)	2,123	2,168	2,204	2,133

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	511,1	580,9	523,3	623,3
Tara + suelo seco (gr)	504,2	556,7	490,0	569,7
Peso del agua (gr)	6,9	24,2	33,3	53,6
Peso de tara (gr)	62,3	45,5	65,9	70,9
Peso suelo seco (gr)	441,9	511,2	424,1	498,8
Contenido de humedad(%)	1,6	4,7	7,9	10,7

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2,204 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 7,9 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



J. Ch
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO

Código : D-19
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 1 de 3

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

PRÓCTOR MODIFICADO
 NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021
 Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

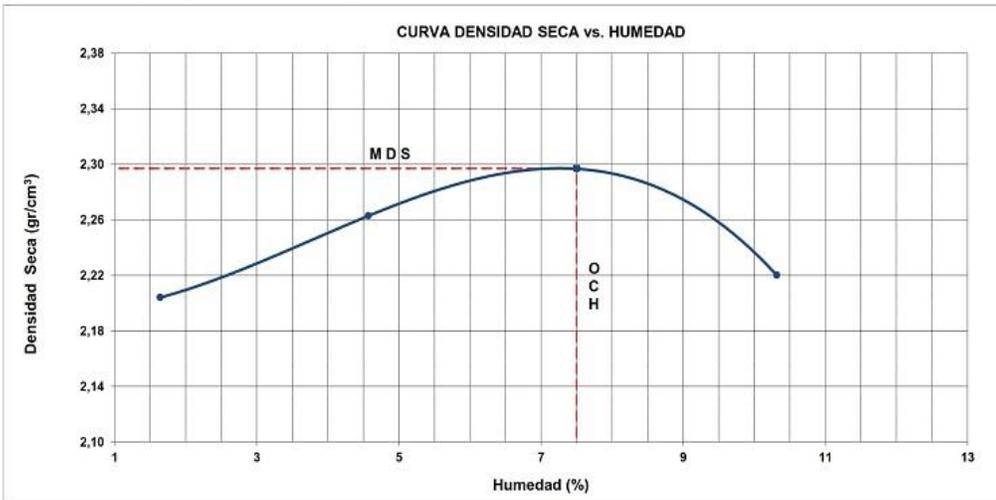
Calicata : C-6
 Muestra : M-6 + 50% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50
 Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Clasificación SUCS : GM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

Peso específico : -
 Metodo : A COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	6303	6422	6519	6500
Peso del Molde (gr)	4190	4190	4190	4190
Peso suelo compacto (gr)	2113	2232	2329	2310
Volumen del Molde (cm ³)	943.2	943.2	943.2	943.2
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.240	2.366	2.469	2.449
Densidad seca (gr/cm ³)	2.204	2.263	2.297	2.220

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	611,1	523,3	486,6	556,9
Tara + suelo seco (gr)	602,0	503,3	457,5	509,7
Peso del agua (gr)	9,1	20,0	29,1	47,2
Peso de tara (gr)	47,7	65,9	70,1	52,2
Peso suelo seco (gr)	554,3	437,4	387,4	457,5
Contenido de humedad(%)	1,6	4,6	7,5	10,3

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2,297 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 7,5 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usados
 Bal-R31P30-N°3
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-JCH
 Maq. Ensayo 50Kn



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 131 LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO

Código : D-20
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 3 de 3

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
 NTP 339.145 / ASTM D-1883

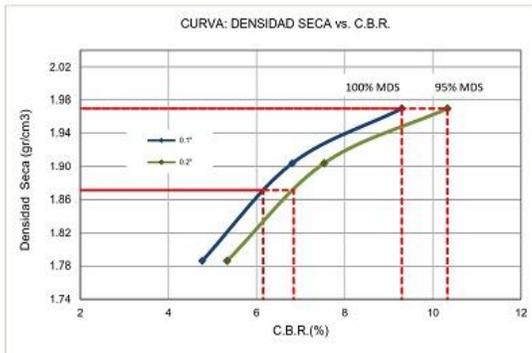
N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 20/10/21

UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Calicata : C-1 Cantera : -
 Muestra : M-1 Progresiva : -
 Prof.(m) : 0.00-1.50 Coordenadas : -

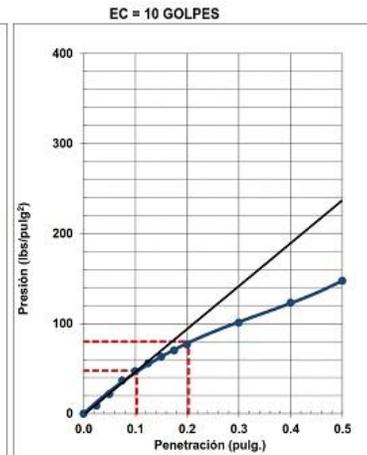
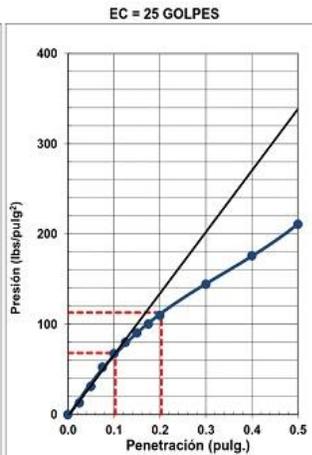
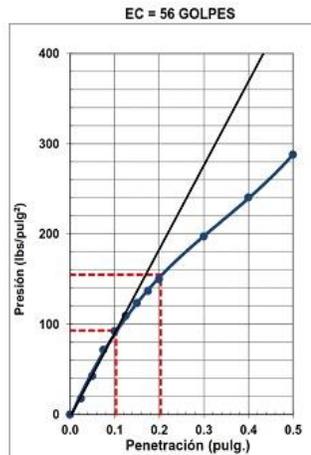
Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-4(0)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.970
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.9
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.872

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	9.3	0.2"	10.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	6.2	0.2"	6.8

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 9.3
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 6.2
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 10.3
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 6.8



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 **

Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



Julia Huaman
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-20
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 2 de 3

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
 NTP 339.145 / ASTM D-1883

Nº INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021*
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-2
 Muestra : M-2 + 10% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-4(0)

MDS (gr/cm3) : 1.995
 OCH (%) : 10.4

COMPACTACIÓN

Nº molde	E-5		C-2		A-2	
	56		25		10	
Nº de golpes por capa	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Condición de la muestra						
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	12772	12827	12937	13064	12100	12334
Peso del Molde (gr)	8081	8081	8402	8402	7906	7906
Peso suelo compacto (gr)	4691	4746	4535	4662	4194	4428
Volumen del Molde (cm3)	2130	2137	2126	2134	2129	2138
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.202	2.221	2.133	2.184	1.970	2.071
Densidad seca (gr/cm3)	1.995	2.002	1.930	1.959	1.782	1.823

HUMEDAD

Tara Nº	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humedo (gr)	611.1	474.5	579.5	496.6	523.3	490.6
Tara + suelo seco (gr)	572.6	434.6	540.0	454.2	488.3	441.4
Peso del agua (gr)	38.5	39.9	39.5	42.4	35.0	49.2
Peso de tara (gr)	201.4	70.5	165.1	85.8	156.6	78.8
Peso suelo seco (gr)	371.2	364.1	374.9	368.4	331.7	362.6
Contenido de humedad(%)	10.4	11.0	10.5	11.5	10.6	13.6

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/10/2021	0	8:06:00 a. m.	20	0.00	0.00	175	0.00	0.00	11	0.00	0.00
24/10/2021	24	8:07:00 a. m.	30	0.10	0.09	188	0.13	0.11	26	0.15	0.13
25/10/2021	48	8:05:00 a. m.	38	0.18	0.15	200	0.25	0.21	42	0.31	0.26
26/10/2021	72	8:06:00 a. m.	52	0.32	0.27	215	0.40	0.34	59	0.48	0.41
27/10/2021	96	8:04:00 a. m.	56	0.36	0.31	220	0.45	0.39	65	0.54	0.46

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	E-5		MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	C-2		MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	A-2	
			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN	
			Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)
0.000		0			0			0		
0.025		16.5			17.7			12.4		
0.050		38.6			41.7			29.2		
0.075		67.7			66.9			46.9		
0.100	1000	100.8	119.9	12.0	87.0	84.7	8.5	60.9	59.2	5.9
0.125		131.9			105.9			74.1		
0.150		160.3			123.3			86.3		
0.175		193.3			142.9			100.1		
0.200	1500	221.7	240.0	16.0	156.3	157.0	10.5	109.4	113.0	7.5
0.300		330.8			213.0			149.1		
0.400		415.1			269.3			188.5		
0.500		517.0			332.4			232.6		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Sé aplico una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro.

Realizado por

Equipo usados
 Bal-R31P30-Nº3
 Bal-TAJ4001-Nº1
 Hor-01-JCH
 Maq. Ensayo 50Kn



Jesús M...
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

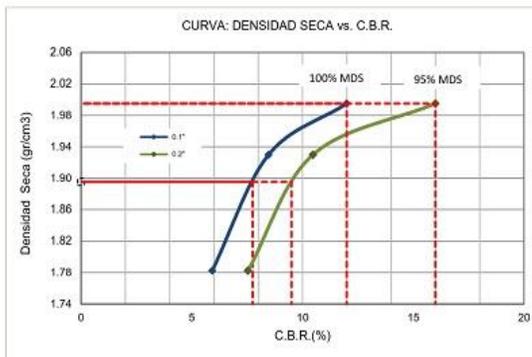
Código : D-20
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 3 de 3

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
 NTP 339.145 / ASTM D-1883

N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-2
 Muestra : M-2 + 10% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50
 Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-4(0)

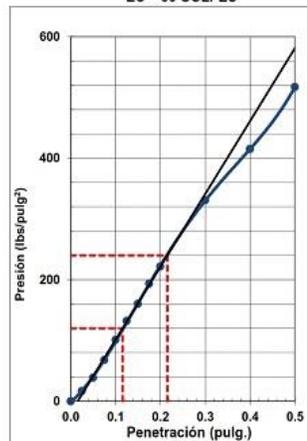


MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.995
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.4
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.895

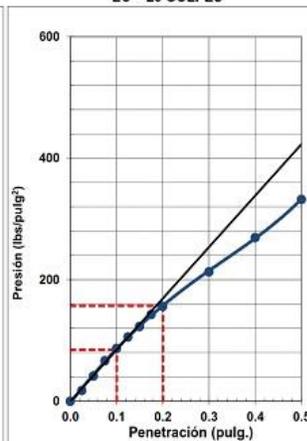
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	12.0	0.2"	16.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	7.8	0.2"	9.5

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 12.0
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 7.8
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 16.0
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 9.5

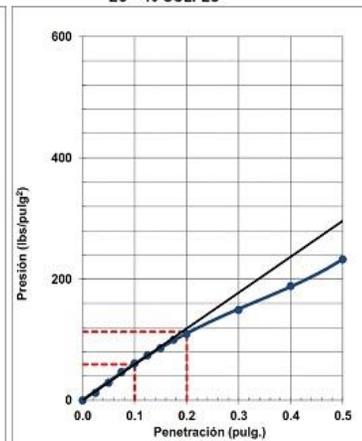
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



Julia Huaman
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-20
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

Nº INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021*
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-3
 Muestra : M-3 + 20% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-4(0)

MDS (gr/cm3) : 2.014
 OCH (%) : 9.7

COMPACTACIÓN

Nº molde	C-1		B-2		D-4	
	56		25		10	
Nº de golpes por capa	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Condición de la muestra						
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	11859	11955	12290	12440	11334	11531
Peso del Molde (gr)	7101	7101	7741	7741	7068	7068
Peso suelo compacto (gr)	4758	4854	4549	4699	4266	4463
Volumen del Molde (cm3)	2152	2156	2140	2145	2128	2135
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.211	2.252	2.126	2.191	2.005	2.090
Densidad seca (gr/cm3)	2.014	2.038	1.940	1.974	1.825	1.850

HUMEDAD

Tara Nº	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humedo (gr)	674.8	465.6	666.6	523.3	646.2	511.8
Tara + suelo seco (gr)	633.6	429.5	626.0	478.9	602.3	460.0
Peso del agua (gr)	41.2	36.1	40.6	44.4	43.9	51.8
Peso de tara (gr)	210.9	85.9	201.2	75.4	158.0	60.2
Peso suelo seco (gr)	422.7	343.6	424.8	403.5	444.3	399.8
Contenido de humedad(%)	9.7	10.5	9.6	11.0	9.9	13.0

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/10/2021	0	8:06:00 a. m.	5	0.00	0.00	0	0.00	0.00	10	0.00	0.00
24/10/2021	24	8:07:00 a. m.	8	0.03	0.03	8	0.08	0.07	24	0.14	0.12
25/10/2021	48	8:05:00 a. m.	16	0.11	0.09	18	0.18	0.15	38	0.28	0.24
26/10/2021	72	8:06:00 a. m.	19	0.14	0.12	23	0.23	0.20	45	0.35	0.30
27/10/2021	96	8:04:00 a. m.	23	0.18	0.15	28	0.28	0.24	52	0.42	0.36

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	C-1		MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	B-2		MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	D-4	
			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN	
			Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)
0.000		0			0			0		
0.025		31.8			22.2			13.9		
0.050		74.3			51.9			32.5		
0.075		117.2			81.9			51.2		
0.100	1000	156.9	157.1	15.7	109.6	109.8	11.0	68.5	65.9	6.6
0.125		186.9			130.6			81.6		
0.150		216.6			151.3			94.6		
0.175		243.4			170.0			106.3		
0.200	1500	269.5	281.0	18.7	188.3	193.0	12.9	117.7	123.0	8.2
0.300		373.5			260.9			163.1		
0.400		454.2			317.3			198.3		
0.500		565.4			395.0			246.9		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Sé aplico una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro.

Realizado por



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 DE LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 193667

Equipo usados
 Bal-R31P30-Nº3
 Bal-TAJ4001-Nº1
 Hor-01-JCH
 Maq. Ensayo 50Kn



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-20
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 3 de 3

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
 NTP 339.145 / ASTM D-1883

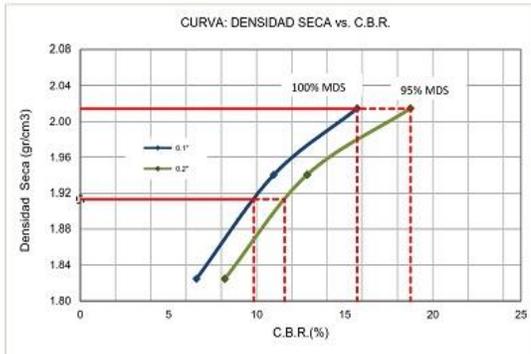
N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-3
 Muestra : M-3 + 20% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

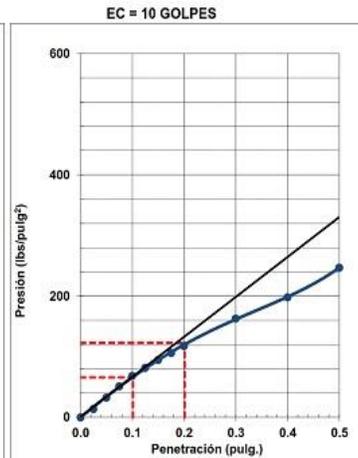
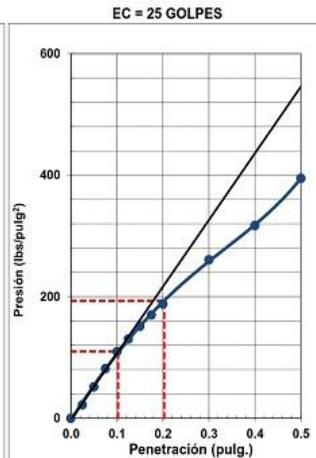
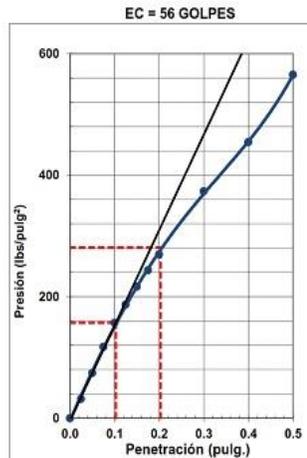
Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-4(0)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.014
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 9.7
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.913

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	15.7	0.2"	18.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	9.9	0.2"	11.6

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 15.7
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 9.9
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 18.7
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 11.6



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados
Bal-R31P30-Nº3
Bal-TAJ4001-Nº1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



Jesús...
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CiP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-20
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 2 de 3

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883

Nº INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021*
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-4
 Muestra : M-4 + 30% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

MDS (gr/cm³) : 2.119
 OCH (%) : 8.3

COMPACTACION

Nº molde	E-6		A-3		D-1	
	56		25		10	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	12635	12697	12657	12813	11161	11350
Peso del Molde (gr)	7755	7755	7880	7880	6597	6597
Peso suelo compacto (gr)	4880	4942	4777	4933	4564	4753
Volumen del Molde (cm ³)	2126	2129	2134	2139	2121	2128
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.296	2.321	2.238	2.306	2.151	2.233
Densidad seca (gr/cm ³)	2.119	2.127	2.062	2.096	1.984	2.010

HUMEDAD

Tara Nº	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humedo (gr)	632.2	465.6	654.6	522.8	698.1	532.3
Tara + suelo seco (gr)	596.2	432.9	619.0	480.7	656.9	485.0
Peso del agua (gr)	36.0	32.7	35.6	42.1	41.2	47.3
Peso de tara (gr)	163.4	74.7	201.8	60.3	168.5	58.9
Peso suelo seco (gr)	432.8	358.2	417.2	420.4	488.4	426.1
Contenido de humedad(%)	8.3	9.1	8.5	10.0	8.4	11.1

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/10/2021	0	8:06:00 a. m.	10	0.00	0.00	12	0.00	0.00	15	0.00	0.00
24/10/2021	24	8:07:00 a. m.	15	0.05	0.04	19	0.07	0.06	24	0.09	0.08
25/10/2021	48	8:05:00 a. m.	20	0.10	0.09	25	0.13	0.11	32	0.17	0.15
26/10/2021	72	8:06:00 a. m.	24	0.14	0.12	32	0.20	0.17	44	0.29	0.25
27/10/2021	96	8:04:00 a. m.	29	0.19	0.16	39	0.27	0.23	52	0.37	0.32

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	E-6		MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	A-3		MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	D-1	
			CORRECCIÓN Lb/pulg2	CBR (%)		CORRECCIÓN Lb/pulg2	CBR (%)		CORRECCIÓN Lb/pulg2	CBR (%)
0.000		0			0			0		
0.025		15.8			12.1			8.4		
0.050		46.7			35.9			24.8		
0.075		82.1			63.1			43.6		
0.100	1000	123.9	202.1	20.2	95.3	155.5	15.5	65.8	107.3	10.7
0.125		173.9			133.8			92.3		
0.150		229.3			176.4			121.7		
0.175		276.1			212.4			146.5		
0.200	1500	323.3	408.0	27.2	248.7	311.0	20.7	171.6	216.0	14.4
0.300		529.3			407.2			280.9		
0.400		719.0			553.0			381.6		
0.500		826.0			635.4			438.4		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Se aplico una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro.

Realizado por

Equipo usados
 Bal-R31P30-Nº3
 Bal-TAJ4001-Nº1
 Hor-01-JCH
 Maq. Ensayo 50Kn



Julia Francisca Huaman Herbacio
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-20
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 2 de 3

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883

N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021*
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-5
 Muestra : M-5 + 40% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50
 MDS (gr/cm3) : 2,204
 OCH (%) : 7,9

Clasificación SUCS : GM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

COMPACTACIÓN

N° molde	A-2		C-1		E-1	
	56		25		10	
N° de golpes por capa						
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	12970	13032	12040	12160	12359	12533
Peso del Molde (gr)	7906	7906	7101	7101	7832	7832
Peso suelo compacto (gr)	5064	5126	4939	5059	4527	4701
Volumen del Molde (cm3)	2129	2129	2152	2152	2123	2123
Densidad Humeda (gr/cm3)	2.379	2.408	2.295	2.351	2.132	2.214
Densidad seca (gr/cm3)	2.204	2.215	2.129	2.152	1.975	1.989

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humedo (gr)	540,2	523,4	523,3	623,3	661,4	571,4
Tara + suelo seco (gr)	506,5	486,6	491,2	576,6	618,8	522,3
Peso del agua (gr)	33,7	36,8	32,1	46,7	42,6	49,1
Peso de tara (gr)	81,8	65,9	79,3	70,1	84,5	88,9
Peso suelo seco (gr)	424,7	420,7	411,9	506,5	534,3	433,4
Contenido de humedad(%)	7,9	8,7	7,8	9,2	8,0	11,3

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/10/2021	0	8:06:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
24/10/2021	24	8:07:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
25/10/2021	48	8:05:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
26/10/2021	72	8:06:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
27/10/2021	96	8:04:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE N° CARGA Lb/pulg2	A-2		MOLDE N° CARGA Lb/pulg2	C-1		MOLDE N° CARGA Lb/pulg2	E-1	
			CORRECCIÓN			CORRECCION			CORRECCION	
			Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)
0,000		0			0			0		
0,025		56,5			33,0			20,6		
0,050		88,1			77,1			33,0		
0,075		158,6			114,6			60,2		
0,100	1000	236,5	236,5	23,6	156,4	168,0	16,8	75,6	96,6	9,7
0,125		293,7			209,3			106,5		
0,150		336,3			257,0			146,9		
0,175		403,9			297,1			169,8		
0,200	1500	477,3	490,0	32,7	334,1	345,0	23,0	190,9	205,0	13,7
0,300		650,6			455,4			260,2		
0,400		804,8			563,4			321,9		
0,500		940,7			658,5			376,3		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Sé aplico una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro.

Realizado por

Equipo usados
 Bal-R31P30-N°3
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-JCH
 Maq. Ensayo 50Kn



Julia Fr. Huaman Herbacio
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-20
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 3 de 3

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883

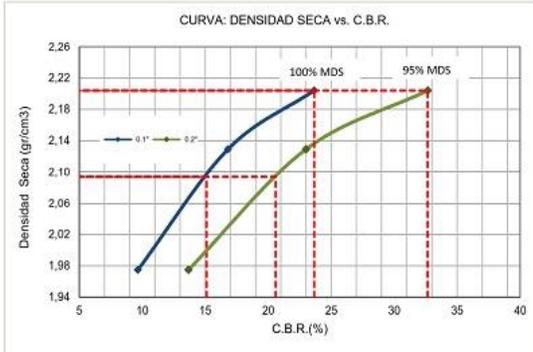
N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-5
 Muestra : M-5 + 40% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50

Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

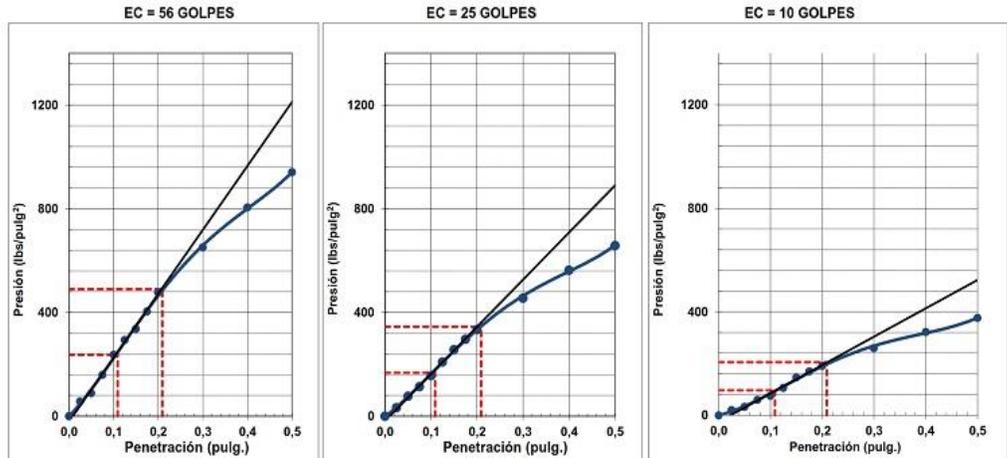
Clasificación SUCS : GM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2,204
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7,9
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2,094

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" :	23,6	0.2" :	32,7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" :	15,1	0.2" :	20,6

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 23,6
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 15,1
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 32,7
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 20,6



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



J. Francisco Huaman Herbacio
 JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 ULLLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



FORMULARIO
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-20
Revisión : 1
Fecha : -
Página : 2 de 3

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883

Nº INFORME : JCH 21-210
SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
FECHA : OCTUBRE DEL 2021

Fecha de Recepción : 18/10/21
Fecha de Ejecución : 23/10/21

Calicata : C-6
Muestra : M-6 + 50% ROCA BASALTO
Prof.(m) : 0,00-1,50

Cantera : -
Progresiva : -
Coordenadas : -

Clasificación SUCS : GM
Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

MDS (gr/cm³) : 2,297
OCH (%) : 7,5

COMPACTACIÓN

Nº molde	F-1		D-2		B-3	
	56		25		10	
Nº de golpes por capa	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	saturado
Condición de la muestra						
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	12905	12957	11485	11619	12600	12798
Peso del Molde (gr)	7650	7650	6420	6420	7744	7744
Peso suelo compacto (gr)	5255	5307	5065	5199	4856	5054
Volumen del Molde (cm ³)	2128	2128	2110	2110	2143	2143
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2,470	2,494	2,400	2,463	2,266	2,359
Densidad seca (gr/cm ³)	2,297	2,303	2,234	2,250	2,112	2,139

HUMEDAD

Tara Nº	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humedo (gr)	482,1	465,6	523,3	522,8	661,4	532,3
Tara + suelo seco (gr)	454,0	435,5	492,8	482,6	621,4	486,9
Peso del agua (gr)	28,1	30,1	30,5	40,2	40,0	45,4
Peso de tara (gr)	81,4	72,1	83,3	58,7	75,5	45,4
Peso suelo seco (gr)	372,6	363,4	409,5	423,9	545,9	441,5
Contenido de humedad(%)	7,5	8,3	7,4	9,5	7,3	10,3

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/10/2021	0	8:06:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
24/10/2021	24	8:07:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
25/10/2021	48	8:05:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
26/10/2021	72	8:06:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
27/10/2021	96	8:04:00 a. m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	F-1		MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	D-2		MOLDE Nº CARGA Lb/pulg2	B-3	
			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN			CORRECCIÓN	
			Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)
0,000		0			0			0		
0,025		88,8			47,7			35,5		
0,050		123,0			100,6			49,2		
0,075		203,2			164,5			81,3		
0,100	1000	281,8	275,0	27,5	212,2	220,0	22,0	112,7	120,0	12,0
0,125		341,6			239,1			136,6		
0,150		411,6			288,1			164,6		
0,175		467,9			327,5			187,2		
0,200	1500	514,0	500,0	33,3	381,3	375,0	25,0	217,9	215,0	14,3
0,300		682,9			504,5			288,3		
0,400		881,2			645,5			368,9		
0,500		998,7			815,3			465,9		

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
Sé aplique una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro.

Realizado por



Julia Francisca Huaman Herbacio
JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
C/O LOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 193667

Equipo usados
Bal-R31P30-Nº3
Bal-TAJ4001-Nº1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



FORMULARIO

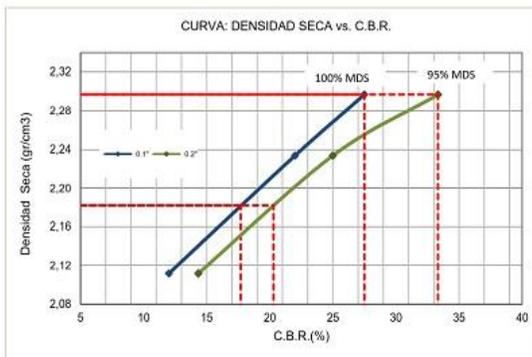
Código : D-20
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 3 de 3

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
 NTP 339.145 / ASTM D-1883

N° INFORME : JCH 21-210
 SOLICITANTE : JULIA FRANCISCA HUAMAN HERBACIO
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO ROCA BASALTO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LAS TORRES, DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA - 2021"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE LURIGANCHO - LIMA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2021
 Fecha de Recepción : 18/10/21
 Fecha de Ejecución : 23/10/21

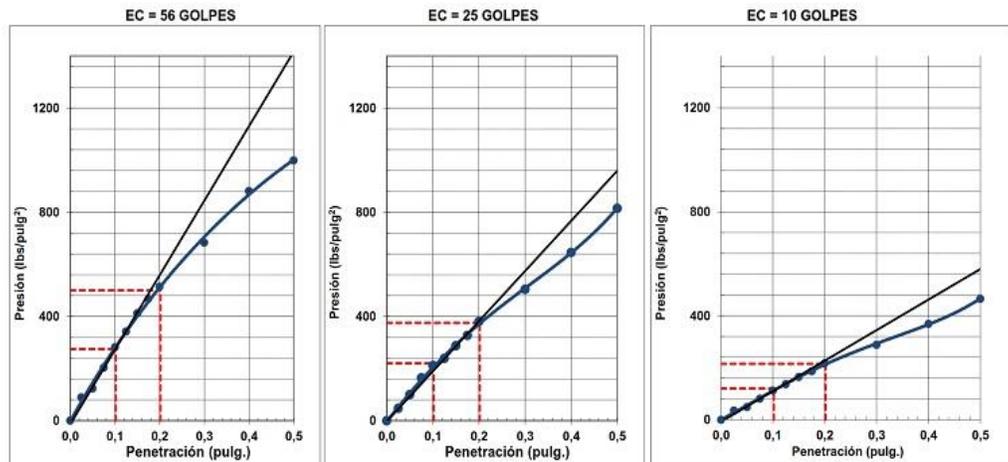
Calicata : C-6
 Muestra : M-6 + 50% ROCA BASALTO
 Prof.(m) : 0.00-1.50
 Cantera : -
 Progresiva : -
 Coordenadas : -
 Clasificación SUCS : GM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2,297
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7,5
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2,182

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" :	27,5	0.2" :	33,3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" :	17,7	0.2" :	20,3

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 27,5
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 17,7
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 33,3
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 20,3



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados
Bal-R31P30-N°3
Bal-TAJ4001-N°1
Hor-01-JCH
Maq. Ensayo 50Kn



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 IN LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667