



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos  
arcillosos en caminos no pavimentados, Trujillo

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

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Ñamot Mercedes, Paul Frank (orcid.org/0000-0002-7858-9068)

**ASESOR:**

Mg. Ascoy Flores, Kevin Arturo (orcid.org/0000-0003-2452-4805)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**TRUJILLO – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Dedico de manera especial a mi esposa y a mi hermana Yolanda pues ellas son mi motivo y principal base para la elaboración de carrera de ingeniero civil y motivos de superación, en ellas tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes y sus grandes corazones me llevan a admirarlas cada día más.

Gracias Dios por concederme a dos grandes seres humanos, a quienes tengo a mi lado en mi vida.

A mi Padre y a mi Madre que están en el cielo, me dieron la vida, todo el amor, el cariño para crecer en este mundo.

Ñamot Mercedes, Paul Frank

## **Agradecimiento**

Mi agradecimiento especial a mis docentes de la vida universitaria, docentes de gran sabiduría, quienes dedicaron su tiempo y paciencia por ayudar y enseñar, para poder llegar al punto que me encuentro.

Facil no ha sido el camino y el proceso, pero gracias a sus conocimientos y agradecimientos sinceros a los que han forjado en mi a un profesional con ética y virtud para realizar y hacer bien las cosas en la ingeniería civil

Ñamot Mercedes, Paul Frank

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización .....	10
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Método de análisis de datos .....	16
3.7. Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN .....	27
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES .....	31
REFERENCIAS .....	32
ANEXOS.....	40

## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de suelos según índice de plasticidad .....	8
Tabla 2. Ensayos según las propiedades físicas y mecánicas en diferentes porcentajes de la calicata N°1 .....	12
Tabla 3. Ensayos según las propiedades físicas y mecánicas en diferentes porcentajes de la calicata N°2.....	13
Tabla 4. Ensayos según las propiedades físicas y mecánicas en diferentes porcentajes de la calicata N°3.....	13
Tabla 5. Técnicas e Instrumentos de recolección.....	15
Tabla 6. Localización de las calicatas de la zona de estudio .....	18
Tabla 7. Límite de Atterberg para la calicata 1 – Estrato Natural 1 .....	18
Tabla 9. Límite de Atterberg para la calicata 2 – Estrato Natural 1 .....	19
Tabla 10. Límite de Atterberg para la calicata 3 – Estrato Natural 1 .....	19
Tabla 11. Clasificación del Suelo Natural .....	20
Tabla 13. OCH Calicata 1/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol .....	21
Tabla 14. OCH Calicata 2/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol .....	21
Tabla 15. OCH Calicata 3/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol .....	21
Tabla 16. OCH Suelo Patrón + Muestra experimental con polvo de mármol .....	22
Tabla 17. MDS Calicata 1/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol .....	23
Tabla 18. MDS Calicata 2/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol .....	23
Tabla 19. MDS Calicata 3/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol .....	23
Tabla 20. MDS Suelo Patrón + Muestra experimental con polvo de mármol .....	24
Tabla 21. CBR Calicata C1 / E1 + Muestra experimental con polvo de mármol ...	24
Tabla 22. CBR Calicata C2 / E1 + Muestra experimental con polvo de mármol ...	25
Tabla 23. CBR Calicata C3 / E1 + Muestra experimental con polvo de mármol ...	25
Tabla 24. Comparación de CBR de suelo patrón y adicionados con polvo de mármol .....	25

## Índice de figuras

Figura 1. Influencia de la Humedad en el daño estructural.....	8
Figura 2. Localización de calicatas para la extracción de muestras. ....	12
Figura 3. Descripción de procesos de la investigación .....	15
Figura 4. Curva Granulométrica Calicata 1 – Estrato Natural 1. ....	18
Figura 5. Curva Granulométrica Calicata 2 - Estrato Natural 1.....	19
Figura 6. Curva Granulométrica Calicata 3 – Estrato Natural 1. ....	20
Figura 7. OCH Suelo Patrón + Polvo de Mármol.....	22
Figura 8. MDS Suelo Patrón + Polvo de Mármol.....	24
Figura 9. Comparación CBR Suelo Patrón + Polvo de Mármol .....	26

## Resumen

Esta investigación se desarrolló en el centro Poblado Conache en el distrito de Laredo, Trujillo, se aprecia que el suelo predominante son arcillas lo que impulsó este proyecto es la carencia de capacidad de soporte de los suelos, cambios volumétricos y el no mejoramiento de las vías a nivel de subrasante, da como finalidad mejorar el confort de los ciudadanos al momento de moverse, dado ello esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del polvo de mármol en la estabilización de suelos en caminos no pavimentados, del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, utilizó una metodología con diseño experimental de tipo aplicada y enfoque cuantitativo, en la experimentación se utilizó los porcentajes de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de adición de polvo de mármol respecto al peso del suelo seco, donde los resultados mostraron una mejoría de las características físico-mecánico del suelo patrón, donde el óptimo para las tres calicatas estudiadas se da para el 15% de adición, y se llega a superar el 10% del CBR, convirtiéndolo de un suelo malo a un suelo bueno por medio del manual reglamentario vigente DG-2018.

**Palabras clave:** Polvo de mármol, transitabilidad, camino vecinal, estabilización.

## **Abstract**

This research was developed in the Conache town center in the district of Laredo, Trujillo, it can be seen that the predominant soil are clays which prompted this project is the lack of bearing capacity of soils, volumetric changes and the non-improvement of roads at subgrade level, aims to improve the comfort of citizens when moving, given this research aimed to evaluate the effect of marble dust in soil stabilization in unpaved roads, the Conache town center in the district of Laredo, Trujillo province, used a methodology with experimental design of applied type and quantitative approach, in the experimentation the percentages of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% of marble dust addition with respect to the weight of dry soil were used, where the results showed an improvement of the physical-mechanical characteristics of the standard soil, where the optimum for the three test pits studied is given for 15% addition, and it gets to exceed 10% of the CBR, converting it from a bad soil to a good soil by means of the current regulatory manual DG-2018.

**Keywords:** Marble dust, walkability, neighborhood road, stabilization.

## I. INTRODUCCIÓN

Existen variedad de estudios con enfoque global, sobre la mejora de características de materiales de la construcción, con el adicionamiento de residuos con el propósito de adquirir superiores productos finales, asimismo, de lograr la disminución de impactos negativos a nuestro medio ambiente, al no consentir el incremento de estos residuos. Los suelos expansivos pueden ser un problema relevante en las aplicaciones de ingeniería y la estabilización de estos suelos es necesaria para mitigar sus efectos perjudiciales (Yilmaz & Yurdakul, 2017).

En climas semiáridos deben ser reducidos los cambios volumétricos para minimizar los posibles daños estructurales de las estructuras superpuestas debido al comportamiento de hinchamiento y contracción causado por los cambios climáticos (Oncu & Bilsel, 2016). Impulsando así el polvo de mármol mostrando la utilidad como aditivo para mejorar el comportamiento del suelo expansivo expuesto a cargas más bajas (Öncü & Bilsel, 2018). Según Llano et al. (2020), la construcción de infraestructura vial tiene un impacto directo en la biodiversidad, como fragmentos de hábitat; como solución técnica, económica y ambientalmente sostenible, se evalúa el impacto del desempeño y durabilidad del suelo de la carretera y el impacto en la biodiversidad en comparación con el uso de materiales de construcción tradicionales (Çınar & Kar, 2018).

Es así la relevancia de los proponer siempre materiales nuevos que beneficien al estudio de estabilización de suelos arcillosos, y lo que trae consigo las investigaciones realizadas, pues permite lograr tener un amplio panorama sobre la importancia de encontrar mejorar los materiales o procesos constructivos.

**En el tiempo actual del Perú**, Fonseca et al. (2020), mejorar un suelo de la subrasante demanda de tiempo y suelen ser costosos, ante ello la presencia de cenizas volante, quienes responden óptimamente al ser mezcladas con arcillas en un aumento en la fortaleza a la compresión o CBR. Es así donde el recurso de otros materiales como el polvo de mármol hace presencia para su utilización en la estabilización de suelos y mejorar así sus características físicas e incluso mejorar sus características mecánicas que usualmente un suelo en sus condiciones naturales no incorporar dichas características ya que usualmente se encuentran suelos de mala calidad.

**En la actualidad en el centro poblado** Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, al predominar el uso de los transportes privados, informales y/o colectivos, debido a su estado que se encuentra a nivel de subrasante con la presencia de los desniveles, y hundimientos. Dentro de todas las falencias que se enfrenta su perfeccionamiento hacia la infraestructura vial, presenta suelos de capacidad plástica baja altamente arcillosos ante dicha problemática surge la necesidad de poder investigar soluciones que sean viables, viendo así una alternativa de uso el polvo de mármol para el mejoramiento de sus características de los suelos en la zona de estudio, además de analizar su fortaleza mecánica y el desempeño, ante sus situaciones climáticas y de su tránsito. Se hallan constancias bibliográficas que sobresalen las cualidades del polvo de mármol, considerando como estabilizador, es vital evaluar el comportamiento en la mezcla con el suelo arcilloso en caminos no pavimentados del centro poblado Conache, distrito de Laredo, en Trujillo el cual es motivo del presente estudio.

Es por ello que el investigador se pregunta cómo formulación de **problema general**, ¿Cómo es el efecto del polvo de mármol en la estabilización del suelo en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo?, del cual tenemos los siguientes **problemas específicos**, **(1)** ¿Cómo son las características del suelo en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad.?, **(2)** ¿Cómo es el efecto del polvo de mármol en las propiedades físicas del suelo en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo?, **(3)** ¿ Como es el efecto del polvo de mármol en las propiedades mecánicas del suelo en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo?, **(4)**¿Cuál fue el efecto de la dosificación óptima del polvo de mármol en la estabilidad del suelo en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo?

En lo que corresponde a la **justificación de la investigación**: Se tiene desde el **ámbito técnico**, la incorporación con respecto al polvo de mármol en un suelo que se encuentra con bajas características portantes, es donde se pretende llegar a evaluar su comportamiento generado en esta inclusión en el suelo que presenta medidas de condiciones muy desfavorables. Por lo cual se llega a considerar que

dentro de esta investigación su finalidad es lograr brindar un nuevo método de estabilización, llegando al objetivo que es brindar mejoras de condiciones al suelo para de esa forma se pueda convertir apto en su aplicación de caminos no pavimentados. En el **ámbito social**, tiene un gran impacto social en el Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, satisfaciendo las necesidades a las personas de proporcionar un suelo adecuado para mejorar la calidad de sus vías sin pavimentar. En el **ámbito económico**, también les brinda una opción estable para utilizar estos residuos para que sea utilizable el método de estabilidad económica siendo un alcance para todos. En el **ámbito ambiental**, se manifiesta que, al estabilizarse los suelos con polvo de mármol, no genera un impacto ambiental con respecto a sus beneficios de propiedades al suelo natural de baja resistencia, presentando un beneficio ambiental. Este polvo de mármol residual que son generados en canteras y contribuyen a un impacto negativo considerable en el medio ambiente. Es lo que incita al investigador a estudiar los efectos para poder evaluar las características mecánicas de los suelos naturales en el centro poblado Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, con el material residual polvo de mármol.

El investigador propone como **objetivo general**: Evaluar el efecto del polvo de mármol en la estabilización de suelos en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad.

En cuanto a los **objetivos específicos** tenemos: **(1)** Estudiar las características del suelo en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo. **(2)** Determinar las propiedades físicas del suelo natural y suelo modificado con porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% de polvo de mármol. **(3)** Determinar las propiedades mecánicas del suelo natural y suelo modificado con porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% de polvo de mármol. **(4)** Establecer la dosificación óptima del polvo de mármol en el suelo de caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo.

Finalmente, el investigador se plantea como **hipótesis general** que el polvo de mármol tuvo efectos significativos en la del suelo en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad.

## II. MARCO TEÓRICO

Como **Como antecedentes internacionales**, la utilización de polvo de mármol se cultiva en diversas zonas del planeta, como toda actividad humana, tiene efectos e impactos negativos en el medio ambiente, tenemos a **Abdelkader et al. (2021)** en su investigación el objetivo primordial que presentó fue de utilizar este material de desecho en la estabilización del suelo en punto de vista la utilización de estos residuos como materiales locales de bajo costo y la eliminación de sus impactos ambientales. Presento una metodología experimental, donde se tuvo muestras de suelos expansivos con varios porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en peso seco del suelo. Los resultados de las pruebas mostraron que hay efectos significativos en la mejora de las características de los suelos expansivos, pues disminuyeron sustancialmente en el límite de Atterberg el Límite Líquido disminuye del 42.12% al 29.5%, el límite plástico disminuye del 25% al 18.8% y el índice de plasticidad disminuye del 17.12% al 10.7% con el aumento de polvo de mármol hasta el 25%. La densidad seca máxima aumenta MDS y óptimo de humedad OMC del suelo expansivo disminuye respectivamente, con el acrecentamiento de las dosis de polvo de mármol, MDS aumenta de 18.72 Kn/m<sup>3</sup> a 20.2 kN/m<sup>3</sup> y el correspondiente OMC disminuye de 13.1% a 11.2% con el aumento de polvo de mármol. El CBR aumenta de 6.19% a 12.9% cuando incrementa hasta el 25% de polvo un incremento del 108% a comparación del suelo no tratado cuando se añade el 25% de polvo de mármol.

**Jain et al. (2020)** en la investigación se tuvo como objetivo principal evaluar la amplia gama de polvo de mármol PM y entender su comportamiento para el mejoramiento del suelo, se tuvo como resultados de los suelos de Rajasthan, India, como una clasificación de suelo de algodón negro donde tuvo su LL: 49%, LP: 29.18% y su IP: 19.81%, su MDS de 1.62 gr/cm<sup>3</sup>, su OCH de 20.83% y su CBR de 1.62% respectivamente, con las dosis experimentales de polvo de mármol en sustitución de suelo en (5%, 10%, 15%, 10%, 15%, 40%, 60%, 80% y 100%), donde su índice de plasticidad tuvo una tendencia a reducir a 0% con dosis de 80% de PM, su MDS tuvo su máximo incremento con la dosis de 80% de 1.62 a 2.16 gr/cm<sup>3</sup>. Su OCH incrementó de 20.83% a 22.79% con una adición de 5% PM y decreció un 8.86% con 80%PM, Su CBR tuvo incremento pico en el 60%, luego una reducción, concluyendo que la dosis óptima es 60% de PM.

**Rai et al. (2020)**, en su investigación tuvo como propósito principal estudiar los efectos de los residuos de polvo de mármol (5, 10, 15%) y cemento de fosfato de magnesio(2.5, 5, 7.5%) en combinado con el suelo sobre las propiedades del suelo de Chengdu, China, se tuvo como resultados que tuvo un PL: 21%, LL: 41, PI: 20% un OCH: 22.62% y CBR al 95%MDS de 21%, su IP con las dosis se tuvo 2.5MPC+5PM de 19.6%, 5MPC+10PM de 19.5%, 7.5MPC+15PM DE 19.4%, su MDS y OCH con las dosis se tuvo 2.5MPC+5PM de 1.561 gr/cm<sup>3</sup> y 22.58%, 5MPC+10PM de 1.66 y 22.5%, 7.5MPC+15PM de 1.73 y 22.3%, se concluyó que la dosis correcta es de 7.5MPC+15PM respectivamente.

**Olague (2019)**, la investigación menciona como propósito general determinar la eficiencia del polvo de mármol como adición mineral para estabilización física y química de arcillas expansivas. Con resultados que presentó un LL: 51.95% y un LP: 23.53%, con un IP: 28.48%, con clasificación SUCS corresponde a una clasificación CH (Arcilla de Alta Comprensibilidad), y AASTHO es un suelo A-7-6, se realizaron pruebas de distracción de rayos x determinándose que es el tipo de arcilla es una caolinita. Concluyó que de acuerdo a los resultados de la investigación el porcentaje de mármol que muestra mejores resultados de estabilización es el 30%, ya que contribuye a abatir la plasticidad en mayor proporción. También el uso del 30% de polvo de mármol aumenta el peso específico al máximo, mejorando de su resistencia y trabajabilidad.

**Choksi et al. (2018)**, en su artículo científico tuvo como objetivo primordial evaluar las condiciones físicas-mecánicas del suelo con dosis de 10, 20, 30, 40, 25 y 50% polvo de mármol en peso de suelo, de la ciudad Surat, India. Se tuvo como resultados LL: 50%, LP: 30%, IP: 20%, OCH: 17.5% y CBR al 95%: 3.36% para la muestra natural considerándose CH, para la muestra experimental (10, 20, 30, 40, 45 y 50% de PM) se tuvo su OCH de 17.2, 16.8, 14.71, 14.18, 12.97 y 12.5% y su MDS fue 1.79, 1.8, 1.95, 1.96, 1.98, 2 gr/cm<sup>3</sup>, pues su CBR incrementó de 3.36% al 9,27% con 45% PM respectivamente. Se concluye que la dosis deseable es 45% PM para estabilizar suelos de CBR bajos.

**Babu & Sharmila (2017)**, en su artículo científico menciona como propósito principal analizar el uso de polvo de mármol PM en las variaciones de (3, 6, 9, 12, 15%) para determinar límites de Atterberg, compactación y características de soporte. Tuvo como resultados suelos de Chennai, India, tuvo como límite líquido,

61%, límite plástico 27.19% e índice plástico 34.14%, una MDS de 1.66 g/cm<sup>3</sup>, y OCH de 17.91% y un CBR de 5.19% respectivamente para muestra natural, con las dosis experimentales se tuvo mayor CBR al 9% de PM, respecto a la muestra natural de 8.83% MDS, se concluye que la dosis óptima para estabilizar es 9% de polvo de mármol.

Como **antecedentes nacionales** en el Perú, se menciona **Araujo (2019)**, el objetivo principal es determinar la influencia de la soda cáustica en la estabilidad del suelo en el área y mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. La investigación es experimental y puramente experimental. Como resultado de agregar 10% de sosa cáustica, el LL: es 57.15%, el LP: es 47.69% y el IP: es 9.56%. La DMS es 1.59 gr/cm<sup>3</sup>, la OCH es 20.50%, y El 11.48% se obtiene mediante CBR. Concluyó que es que la adición de 0%, 8%, 10% y 12% de sosa cáustica reduce el comportamiento del límite líquido, y la muestra con una concentración de sosa cáustica del 10% reduce el máximo a 57.15%, y el porcentaje de comportamiento del suelo en este punto se vuelve menos viscoso.

**Guerreo Malpica (2019)** en su tesis de pregrado tuvo como principal motivo estudiar la capacidad de soporte del suelo cohesivo estabilizados con las dosis de cal y sulfato de calcio en la misma dosis de 0, 10, 15, 25% por reemplazo de suelo. Se tuvo como resultados de que la muestra patrón su MDS fue 1.654 gr/cm<sup>3</sup>, y las experimentales con cal fue 1.577, 1.545, 1.527 gr/cm<sup>3</sup> con sulfato de calcio y 1.559, 1.560 y 1.561 gr/cm<sup>3</sup> para cal respectivamente., y su CBR patrón fue 2.7%, y las muestras experimentales fue 7, 4.1 y 4 para sulfato de calcio y 11.2, 10.8 y 10.6% para cal respectivamente. Se concluye que con 5% de ambas dosis se tiene mejoras en la estabilización de acrecentamiento en el CBR de 159% y 315% respectivamente.

En **antecedentes locales**, no se ha hallado referencias relacionada al estudio que pues es así, el actual estudio se impulsa debido a la preocupación de los residuos industriales específicamente producto del trabajo del mármol, para luego ser reutilizados con intención de adquirir un beneficio social, técnico y ambiental, como es el caso del polvo de mármol, con el fin de estabilizar suelos de clase arcillosos como los que existe en la localidad de estudio, brindándole así a estos suelos una mejor calidad en sus propiedades.

En el aspecto teórico podemos fundamentar las dos variables:

### **Variable independiente (V.I.): Polvo de mármol.**

**Definición:** Se menciona que según la cantidad de polvo de mármol de desecho alcanza más de millones de toneladas en Turquía. Casi un millón en España y más de dos millones en Egipto (Yamanel et al., 2019).

Estos residuos se vierten en áreas abiertas cerca del sitio de cantera y como resultado, aquejan impactos contra el medio ambiente inaceptables. Por lo tanto, la utilización de polvo de mármol en la estabilización de suelos arcillosos, brindará la oportunidad de obtener beneficios ambientales y económicos desde un punto de vista de desarrollo sostenible (Moreno et al. 2020; Betancourt et al., 2019).

### **Variable dependiente (V.D.): Estabilización de suelos arcillosos.**

**Definición:** Este concepto en la rama de ingeniería civil, es tratado como un material usado para las edificaciones de ingeniería de dicho modo también es un soporte de las cimentaciones estructurales por lo cual se encuentra en los minerales y en diversos tamaños. (Macías et al., 2018)

**Mejoramiento de suelos:** En el mejoramiento de un suelo es muy importante hacer excavaciones por debajo de la sub-rasante (Velásquez Pereyra, 2018).

**Estabilización:** El suelo de toda construcción de cualquier proyecto de ingeniería, debe mejorarse, de tal modo de mejorar cualidades adversas como la alta compresibilidad, y/o permeabilidad. (Guamán, 2016; Braja et al., 2017).

Los procesos de mejora del suelo natural en cuanto a sus cualidades mecánicas-físicas es debido a bajas cualidades es por eso el empleo de aditivos para dicha mejora (Parra Gomez, 2018). En este caso se debe seleccionar el aditivo idóneo dependiendo de la economía y recursos se disponga en campo (Tique et al., 2019).

**Estabilización mecánica:** Este proceso logra tener una capacidad de soporte a través del material utilizando modificaciones, sin la necesidad de que intervengan factores externos que modifiquen las cualidades originales. (Ponce, 2018). Es prioritario reducir los vacíos por medio de la compactación y mejorar la densidad y resistencia de dicho material terroso (Zumrawi & Eman, 2018).

**Estabilización química:** Está presente estabilización usa varios elementos químicos tiene origen inorgánico y orgánico, subdividiéndose en alcalino, ácido que tiene mayor reacción en dichos suelos arcillosos modificándose en los precursores que son puzolánicos en un carácter cementante modificándose sus cualidades con respecto al suelo (Rivera et al., 2020).

Los materiales terrosos estabilizados químicamente su baja utilizada es el costo elevado que representa (Alarcón et al., 2020).

**Compactación:** Ello permite poder reducir inmensurablemente su relación en los vacíos del suelo, modificándose cierto contenido de humedad, debido al intercambio en el suelo y atmosfera (Medina, 2016).

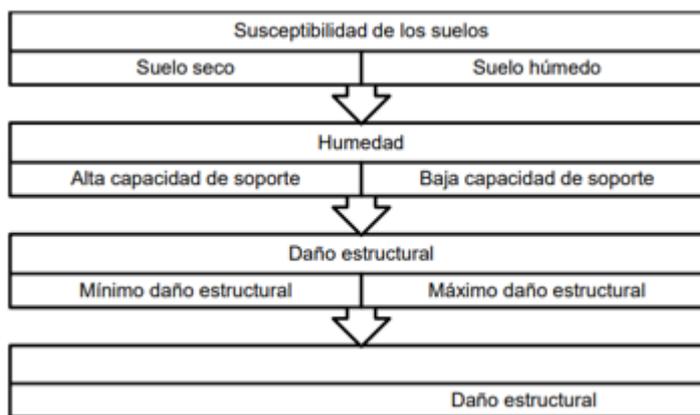


Figura 1. Influencia de la Humedad en el daño estructural

Fuente: (Medina, 2016)

**Granulometría:** Se define al proceso que clasifica el tamaño de los granos que contenga un suelo, que determina la distribución de la que está compuesta la muestra (Ordoñez et al., 2015).

**Límites de consistencia:** Proceso que permite verificar la existencia de un suelo expansivo, de tal forma de relacionar el contenido del agua, el límite del líquido y su porcentaje de granos fino (Salinas Flores, 2020).

Tabla 1. Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Límite plástico
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
7<IP<20	Media	Suelos arcillosos
IP<7	Baja	Suelos porco arcillosos
IP=0	No plástica	Suelos exceptos de arcilla

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

**Proctor:** Se realiza para hallar la relación que existe entre la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad que se presenta en la compactación de un suelo, al aplicar esfuerzo en su energía modificada, el ensayo consta de un pistón con una caída cilíndrica de un rango entre 20 a 40cm en moldes de 10 a 15 cm que depende

del tipo de suelo (Guillen Bernal et al., 2021).

**CBR:** El ensayo de California Bearing Ratio (CBR), se realiza y se mide a través de un corte en el suelo en C.N cuya densidad debe ser controlada para poder medir la carga que va a resistir para lo cual se va a utilizar un pistón que va a actuar a una velocidad determinada; que penetre la muestra que es compactada, que al sumergirlo en el agua se produce un cambio volumétrico evidenciándose que se ha dilatado (Zambri & Ghazaly, 2018; Ruíz-Sanchez et al., 2019).

**Importancia en la ingeniería civil,** la estabilización con polvo de mármol experimentó un mayor valor de resistencia y CBR al 199.42% respecto al suelo sin tratar en dosis hasta un 30% (Srikalpa et al., 2022). En tanto, las dosis entre 0, 5, 10, 20 y 30% en peso, los resultados indicaron que la adición de 20%, aumentó un 9% la densidad máxima seca y disminuye en un 29% el óptimo contenido de humedad y obtuvo una mejora del 33% con la adición del 5% de polvo de mármol en el CBR (Hamdy, 2022). Empleando otras dosis de 0, 3, 6, 9, 12 y 15% de polvo de mármol para estabilizar subrasantes de vías, indicaron que el 3% se alcanza el mayor valor de compresión no confinada y mejores características en general respecto a otras dosis propuestas (Najwa et al., 2022).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La metodología viene a ser una estructura que consiste en seguir fases, que desean lograr un objetivo y luego poder hallar valores confiables en una investigación.

##### **Tipo de investigación**

Esta investigación es considerada como aplicada. (Hernández, et al., 2018) se conceptualiza aplicada, porque es necesaria la información referente al tema de estudio pues propone investigación actual en base antecedentes y elementos de información necesaria para una investigación.

**Alcance o nivel de investigación:** Esta investigación es considerada como explicativa. (Hernández, et al., 2018) refiere que es explicativa, porque explica la causa y efecto de la variable dependiente sobre la variable independiente.

**Diseño de investigación:** El diseño es experimental (Hernández, et al., 2018), manifiestan que el diseño experimental de tipo cuasi experimental emplea demostrar la manipulación de la variable-independiente frente a la variable-dependiente mostrando en esta última los efectos ocasionados por la variable-independiente.

**Enfoque cuantitativo:** (Hernández, et al., 2018) Nos explican que este enfoque hace uso de la recolección de datos a fin de que se pueda demostrar la hipótesis apoyándose en los métodos matemáticos y estadísticos a fin de ir analizando el comportamiento y de esta forma poder demostrar la teoría planteada, es decir, la presente investigación es cuantitativa ya que busca verificar la hipótesis a través de la recolección de datos con el apoyo de los diferentes instrumentos, así en este caso se analizará polvo de mármol podrá mejorar significativamente las propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo arcilloso en caminos no pavimentados, Centro Poblado Conache en el distrito de Laredo, provincia Trujillo, departamento de La Libertad.

#### 3.2. Variables y operacionalización

Variable 1 (Independiente): Polvo de mármol

##### **Definición conceptual:**

El polvo de mármol es el polvo generado por la micro pulverización de la roca de mármol utilizada por los artesanos con fines ornamentales y arquitectónicos. El mármol está compuesto principalmente por el  $\text{CaCO}_3$  (calcita) en más del 90% de

su estructura, así como también por otros materiales como son la arcilla, cuarzo, mica, óxido de hierro, entre otros, que son aquellos que permiten la diversidad de colores de esta roca. (Betancourt et al., 2019)

Variable 2 (Dependiente): Estabilización de suelos arcillosos

**Definición conceptual:**

Capacidad de ser mejorado por alguna técnica en la cual se propone mejora de sus propiedades del suelo terroso frente a la finalidad establecida. (Guerreo Malpica, 2019)

**3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

**Población:**

La población: comprende la agrupación de elementos de entidades o análisis de población que formaran dichos fenómenos y que se debe cuantificar y/o calcular para una investigación específica. (Hernández, et al., 2018)

En la presente investigación el universo poblacional este compuesto por los suelos arcillosos de caminos no pavimentados.

- **Criterios de inclusión:** De acuerdo a la normativa vigente
- **Criterios de exclusión:** Suelos no arcillosos

**Muestra:**

La muestra es la unidad del objeto de estudio o sub grupo representativo de la población que muestran cualidades exactamente parecidas (Borja, 2016).

En esta investigación, se tomó en consideración como muestra a los suelos naturales de la zona del Centro Poblado Conache en el distrito de Laredo, provincia Trujillo, departamento de La Libertad. Se tomó como zona de estudio una trocha con una longitud aproximada de tramo de estudio de 3.5 km., se realizaron 3 calicatas por kilómetro, a 1.50 m de profundidad a nivel de subrasante y de 1m x 1m de ancho y largo de estudio, para someterlo a pruebas de laboratorio con adición de polvo de mármol a 0%, 5%, 10%, 15% y 20% en función al peso de suelo seco, del camino no pavimentado del Centro Poblado Conache en el distrito de Laredo, provincia Trujillo, departamento de La Libertad, como se muestra en la presente figura 2.

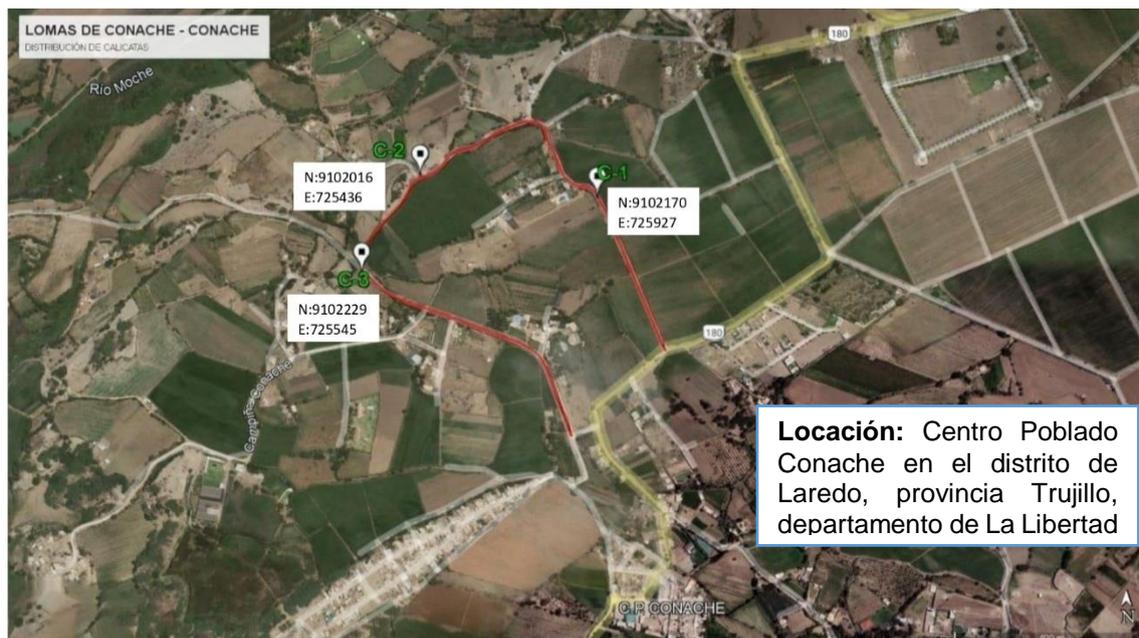


Figura 2. Localización de calicatas para la extracción de muestras.

Fuente: Google Maps (2022).

Tabla 2. Ensayos según las propiedades físicas y mecánicas en diferentes porcentajes de la calicata N°1

Ensayos/ Descripción	Número de Calicata	Muestra patrón	Dosificaciones de polvo de mármol					Total
		0%	5%	10%	15%	20%		
<b>Propiedades físicas</b>							15	
Granulometría	C-01	1	1	1	1	1	5	
Contenido de humedad		1	1	1	1	1	5	
Límites de consistencia		1	1	1	1	1	5	
<b>Propiedades mecánicas</b>							10	
Compactación del suelo (Proctor)	C-01	1	1	1	1	1	5	
Índice de CBR		1	1	1	1	1	5	
Sub total de muestras							25	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ensayos según las propiedades físicas y mecánicas en diferentes porcentajes de la calicata N°2

Ensayos/ Descripción	Número de Calicata	Muestra patrón	Dosificaciones de polvo de mármol					Total
			0%	5%	10%	15%	20%	
<b>Propiedades físicas</b>							15	
Granulometría	C-02	1	1	1	1	1	5	
Contenido de humedad		1	1	1	1	1	5	
Límites de consistencia		1	1	1	1	1	5	
<b>Propiedades mecánicas</b>							10	
Compactación del suelo (Proctor)	C-02	1	1	1	1	1	5	
Índice de CBR		1	1	1	1	1	5	
Sub total de muestras							25	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Ensayos según las propiedades físicas y mecánicas en diferentes porcentajes de la calicata N°3

Ensayos/ Descripción	Número de Calicata	Muestra patrón	Dosificaciones de polvo de mármol					Total
			0%	5%	10%	15%	20%	
<b>Propiedades físicas</b>							15	
Granulometría	C-03	1	1	1	1	1	5	
Contenido de humedad		1	1	1	1	1	5	
Límites de consistencia		1	1	1	1	1	5	
<b>Propiedades mecánicas</b>							10	
Compactación del suelo (Proctor)	C-03	1	1	1	1	1	5	
Índice de CBR		1	1	1	1	1	5	
Sub total de muestras							25	

Fuente: elaboración propia.

**El muestreo:** es considerado no probabilístico en pocas palabras dependerá de la potestad del investigador elegir en base a información referencial. (Hernández, et

al., 2018). Por ello el muestreo establecido se basó en la búsqueda de localidades críticas frente a la problemática de su baja capacidad y tipo de suelo malo que presenta para su posterior análisis de estudio.

**Unidad de análisis:** Muestras de suelo de las calicatas 25 muestras por calicata, para un tramo de trocha aproximado de 3.5 km de camino no pavimentado del Centro Poblado Conache en el distrito de Trujillo, departamento Trujillo.

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

**Técnicas de recolección de datos:** Dicha observación esta descrita como la técnica básica, inicial para poder llevar a cabo su recolección de datos, específicamente en propiedades generales que pueden ser visualizadas en la zona de estudio, siendo principalmente necesario poder detallar sus aspectos que son más relevantes pudiendo influenciarse en los procedimientos futuros en referencia a los resultados.

Ensayos de Estudios de Mecánica de Suelos: Estas técnicas son bajo un régimen estandarizado con la normativa peruana (Norma Técnica Peruana), actualizados de la manera que se buscara poder cumplir con cada norma. Su finalidad de poder obtener datos reales, correctos en las características de su suelo.

**Instrumentos de recolección de datos:** Las fichas de observación, son consideradas como instrumentos que se basa exactamente en poseer la información obtenida de ensayos en específico, con características y datos presentes que son relevantes, durante sus reconocimientos del terreno, realizándose principalmente por su investigador.

Formatos de ensayos que son normados por instituciones internacionales: son instrumentos que se encuentran utilizados durante la determinación de ensayos de suelos, para poder conocer sus características, relevantes logrando considera que su procedimiento, cálculo de cada ensayo pueda cumplirse por cada formato bajo sus lineamientos de Normas Técnicas Peruanas (NTP) existentes y normas sugeridas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Por esta razón se tendrán en cuenta para la ejecución de los siguientes ensayos de laboratorio:

Tabla 5. Técnicas e Instrumentos de recolección

FUENTES	TECNICAS	INSTRUMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajo de campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excavación calicatas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herramientas manuales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ensayo de laboratorio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ensayo mecánico del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laboratorio de mecánica de suelos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Normas técnicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASTM - NTP</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

### 3.5. Procedimientos

El diagrama de flujo del proceso es una etapa muy importante del análisis de datos porque permite mostrar el trabajo que se realizará para obtener el resultado deseado, justificando así la hipótesis propuesta inicialmente.

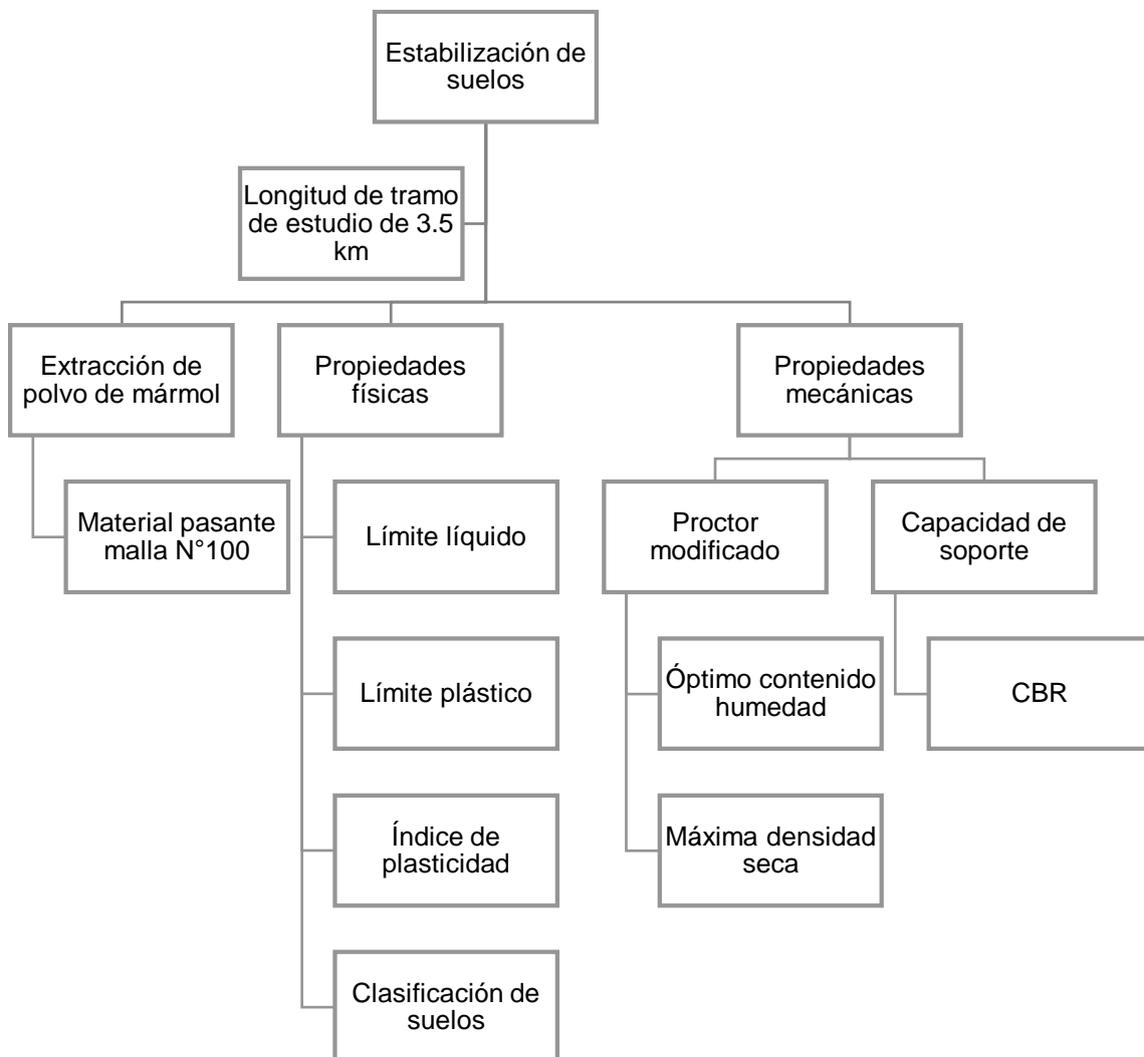


Figura 3. Descripción de procesos de la investigación

Fuente: Elaboración propia

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

Obtención de los materiales: Las muestras de suelos para el presente estudio fueron extraídas del camino no pavimentado en el Centro Poblado Conache en el distrito de Trujillo, departamento Trujillo. El material de polvo de mármol fue obtenido en forma de residuo industrial como polvo (PDM) de la empresa.

**Propiedades físicas de los suelos:** Granulometría, es el ensayo que se determina para separar porciones retenida en diversos tamices mediante un movimiento vertical y lateral, tener diferentes pesos según la Norma Técnica Peruana 339.128. Límite Líquido y plástico, Es un método que forma parte de varios sistemas de clasificación y tiene como objetivo caracterizar la parte de grano fino del suelo según NTP 339.129. Contenido de humedad, esta prueba tiene muestra la relación entre el agua y el peso sólido según NTP 339.127. Clasificación de suelos SUCS, basándose en la NTP 339.134 y clasificación de suelos de método AASHTO, basándose en ASTM D3282.

**Propiedades mecánicas de los suelos: Compactación de Proctor modificado,** Es un método que tiene como la finalidad de poder determinar sus relaciones del contenido en agua y el peso unitario seco de su suelo compactado dentro de un molde de pisón que cae las 18 pulgadas de altura, basándose en NTP 339.141.

**Razón de Soporte California (CBR),** este método de ensayo es comprendido por la determinación CBR de lo cual el subrasante en pavimentos, materiales granulares, sub base de especímenes que son compactados en su laboratorio, basado en la NTP 339.145.

### **3.7. Aspectos éticos**

La selección de la información debe estar debidamente garantizada, respetar los aportes de los autores, y citarlos correctamente de acuerdo con los estándares que usted requiera, además de cumplir con la normativa técnica existente en el Perú para la ejecución de los resultados, acreditando así la originalidad de mi investigación.

Código de Ética del Colegio de Ingenieros, en el presente código proporciona tres artículos muy importantes en este código que describen este proyecto. En el artículo 14: En este artículo se establece que los ingenieros están obligados a velar por el bienestar social, contribuir y priorizar sus necesidades y seguridad. Artículo 15: Se menciona que los ingenieros deben defender y promover el honor, la

integridad y la dignidad de su profesión, por lo que deben llevar un comportamiento respetable manteniendo plena conciencia.

**Validez interna**, evaluación de los resultados de los datos obtenidos, las características y atributos que esta investigación ha logrado presentar, pues se llevó a cabo con total originalidad y autenticidad.

**Validez externa**, Será posible concretar los resultados obtenidos en el entorno social para buscar la mejora, en este caso la mejora de las propiedades mecánicas de la arcilla, y la adición de polvo de mármol, que es un método estable que puede mejorar su calidad y con ello mejorar la situación de la población.

**Fiabilidad**, La presente investigación tiene como finalidades su mejoramiento en base a las propiedades mecánicas de suelos que son arcillosos a través de incorporaciones del polvo de mármol, por la que, mediante sus ensayos, métodos normados a nivel internacional, nacional logren permitir y determinar condiciones con o sin este residuo industrial en sus evaluaciones de instrumentos utilizados.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Características del suelo de fundación

#### 4.1.1. Localización de la Investigación

Las muestras fueron extraídas del camino no pavimentado del Centro Poblado Conache en el distrito de Trujillo, departamento Trujillo, con una longitud de tramo de estudio aproximada de 3.5 km.

Tabla 6. Localización de las calicatas de la zona de estudio

CALICATA	COORDENADAS UTM		PROFUNDIDAD
	ESTE	NORTE	
C-1	725 927	9 102 170	1.50m.
C-2	725 436	9 102 016	1.50m.
C-3	725 545	9 102 229	1.50m.

Fuente: Elaboración propia

Las extracciones de las muestras fueron realizadas por los investigadores con la orientación técnica del personal del laboratorio donde se procesaron las muestras inalteradas y alteradas.

### 4.2. Propiedades físicas

#### 4.2.1. Límite de Atterberg Calicata 1 – Estrato Natural 1

Tabla 7. Límite de Atterberg para la calicata 1 – Estrato Natural 1

Calicata/Estrato	SUCS	HUMEDAD	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	INDICE PLASTICIDAD
C-1/E-1	CL	9.35 %	36%	14%	22%

Fuente: Elaboración Propia

### Análisis Granulométrico

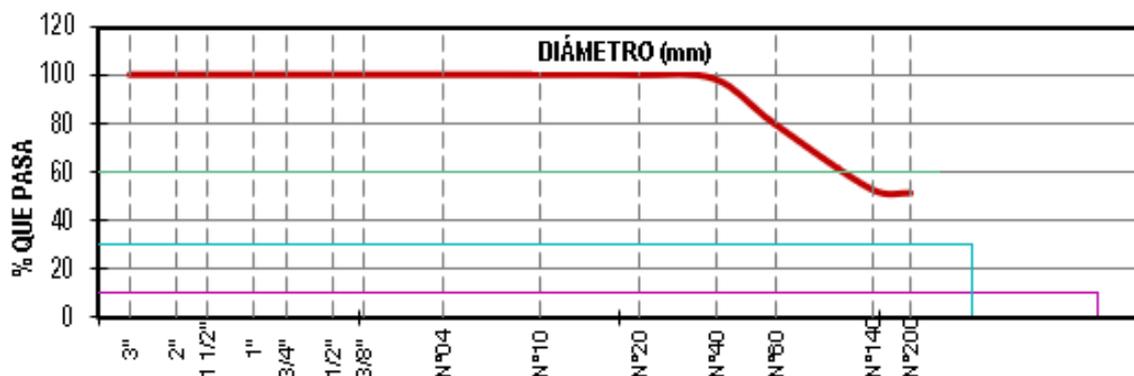


Figura 4. Curva Granulométrica Calicata 1 – Estrato Natural 1.

Fuente: Elaboración Propia

Del Análisis Granulométrico por tamizado (Figura 4), se puede apreciar que el suelo en estudio es un suelo de grano fino, clasificado como arcilla de baja plasticidad (CL), con 51.80% de material que pasa la malla N°200.

#### 4.2.2. Límite de Atterberg Calicata 2 – Estrato Natural 1

Tabla 8. Límite de Atterberg para la calicata 2 – Estrato Natural 1

Calicata/Estrato	SUCS	HUMEDAD	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	INDICE PLASTICIDAD
C-2/E-1	CL	3.62 %	36%	14%	22%

Fuente: Elaboración Propia

#### Análisis granulométrico

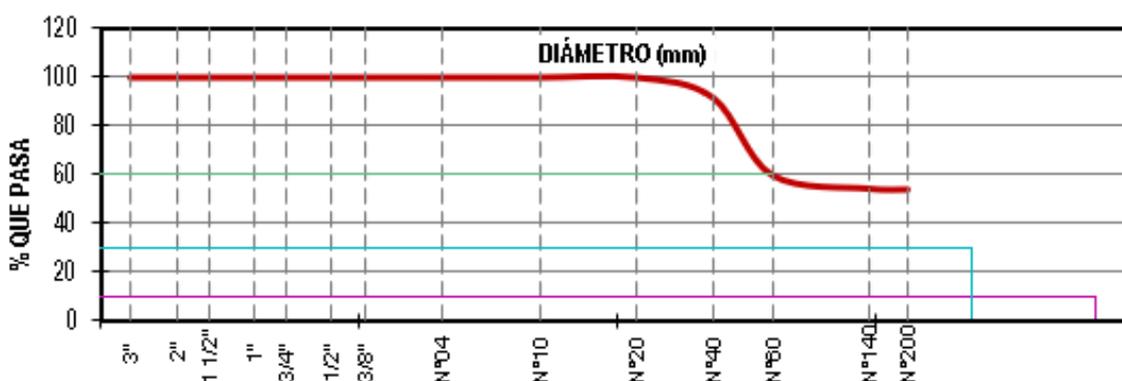


Figura 5. Curva Granulométrica Calicata 2 - Estrato Natural 1.

Fuente: Elaboración Propia

Del Análisis Granulométrico por tamizado (Figura 5), se puede apreciar que el suelo en estudio es un suelo de grano fino, clasificado como Arcilla de baja plasticidad, con 53.62% de material que pasa la malla N°200.

#### 4.2.3. Límite de Atterberg Calicata 3 – Estrato Natural 1

Tabla 9. Límite de Atterberg para la calicata 3 – Estrato Natural 1

Calicata/Estrato	SUCS	HUMEDAD	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	INDICE PLASTICIDAD
C-3/E-1	CL	13.34 %	33%	16%	17%

Fuente: Elaboración Propia

## Análisis granulométrico

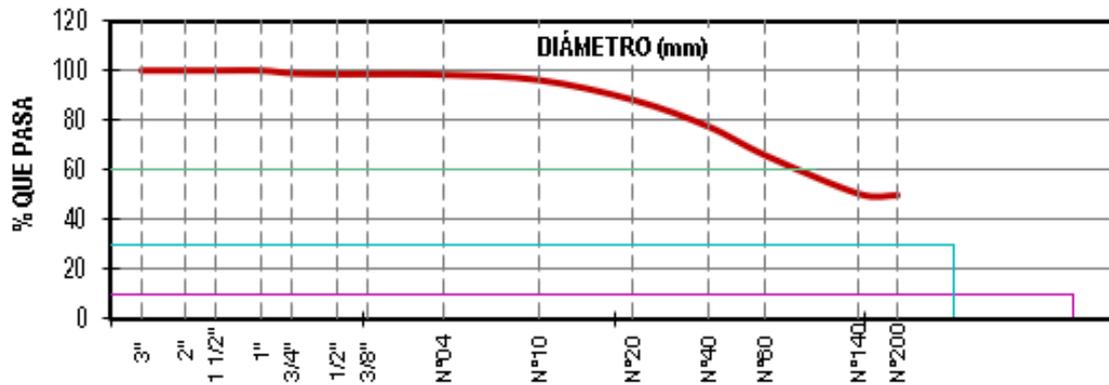


Figura 6. Curva Granulométrica Calicata 3 – Estrato Natural 1.

Fuente: Elaboración Propia

Del Análisis Granulométrico por tamizado (Figura 6), se puede apreciar que el suelo en estudio es un suelo de grano fino, clasificado como Arcilla arenosa de baja plasticidad, con 50.13% de material que pasa la malla N°200.

### 4.2.4. Clasificación del Suelo

Después de haber realizado el análisis granulométrico y los límites de consistencia a las muestras extraídas de las diferentes calicatas, determinamos la clasificación SUCS y AASHTO:

Tabla 10. Clasificación del Suelo Natural

MUESTRA	CLASIFICACION		
	SUCS		AASHTO
	GRUPO	MATERIAL	GRUPO
C-1 / E-1	CL	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD	A-6 (8)
C-2 / E-1	CL	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD	A-6 (8)
C-3 / E-1	CL	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD	A-6 (6)

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. Propiedades Mecánicas

#### 4.3.1. Calicata 1/ Estrato 1

Tabla 11. OCH Calicata 1/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata 1 / Estrato 1	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.48	10.10	10.65	11.91	12.55

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 13 se observa que al adicionar 5%, 10%, 15% y 30% de polvo de mármol al estrato 1 de la calicata 1, el óptimo Contenido de Humedad (OCH) aumenta de 9.48% a 10.10%, 10.65%, 11.91% y 12.55% respectivamente, información importante para hacer correcciones de compactación en campo.

#### 4.3.2. Calicata 2/Estrato 1

Tabla 12. OCH Calicata 2/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata 2 / Estrato 1	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.7	10.32	11.21	12.46	12.80

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 14 observamos que al adicionar 5%, 10%, 15% y 30% de polvo de mármol al estrato 1 de la calicata 2, el óptimo Contenido de Humedad (OCH) aumenta de 9.7% a 10.32%, 11.21%, 12.46% y 12.80% respectivamente, esta información es muy importante para hacer las correcciones de la compactación en el campo.

#### 4.3.3. Calicata 3/ Estrato 1

Tabla 13. OCH Calicata 3/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata 3 / Estrato 1	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.87	10.57	11.42	12.23	12.83

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 15 observamos que al adicionar 5%, 10%, 15% y 30% de polvo de mármol al estrato 1 de la calicata 3, el óptimo Contenido de Humedad (OCH) aumenta de 9.87% a 10.57%, 11.42%, 12.23% y 12.83% respectivamente, esta información es muy importante para hacer las correcciones de la compactación en el campo.

#### 4.3.4. Comparación Óptimo Contenido de Humedad (OCH) del Suelo Patrón con el Polvo de Mármol

Tabla 14. OCH Suelo Patrón + Muestra experimental con polvo de mármol

Óptimo Contenido de Humedad (%)	Patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
C1 / E1	9.48	10.10	10.65	11.91	12.55
C2 / E1	9.70	10.32	11.21	12.46	12.80
C3 / E1	9.87	10.57	11.42	12.23	12.83

Fuente: Elaboración Propia.

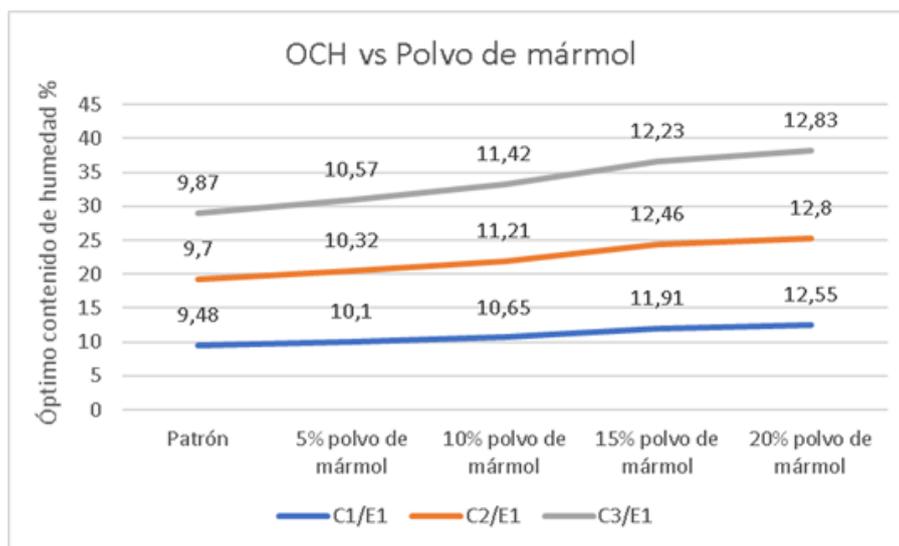


Figura 7. OCH Suelo Patrón + Polvo de Mármol

Fuente: Elaboración Propia.

De la Tabla 16 y Figura 7, se puede observar que al adicionar polvo de mármol en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, el OCH de la calicata C1 / E1, aumenta cuando adicionamos 5%, 10%, 15% y 20% del polvo de mármol; con respecto a la calicata C2 / E1, al adicionar el 5, 10, 15 y 20% de polvo de mármol el OCH sube con respecto al suelo patrón de esa calicata, finalmente en la calicata C3 / E1 al adicionar el polvo de mármol en los porcentajes comentados el OCH también aumenta ligeramente.

#### 4.3.5. Calicata 1/ Estrato 1

Tabla 15. MDS Calicata 1/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata 1 / Estrato 1	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.884	1.97	2.05	2.13	1.96

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 17 se observa que al adicionar 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de mármol al estrato 1 de la calicata 1, la Máxima densidad seca aumenta con respecto al suelo patrón, a pesar de que en el porcentaje de 20% desciende con respecto al de 15% de adición de polvo de mármol, información importante para hacer correcciones de compactación en campo.

#### 4.3.6. Calicata 2/Estrato 1

Tabla 16. MDS Calicata 2/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata 2 / Estrato 1	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.93	2.02	2.11	1.92

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 18 se observa que al adicionar 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de mármol al estrato 1 de la calicata 2, la Máxima densidad seca aumenta con respecto al suelo patrón, a pesar de que en el porcentaje de 20% desciende con respecto al de 15% de adición de polvo de mármol, información importante para hacer correcciones de compactación en campo.

#### 4.3.7. Calicata 3/ Estrato 1

Tabla 17. MDS Calicata 3/Estrato 1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata 3 / Estrato 1	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.862	1.95	2.03	2.10	1.95

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla 19 se observa que al adicionar 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de mármol

al estrato 1 de la calicata 3, la Máxima densidad seca aumenta con respecto al suelo patrón, a pesar de que en el porcentaje de 20% desciende con respecto al de 15% de adición de polvo de mármol, información importante para hacer correcciones de compactación en campo.

#### 4.3.8. Comparación Máxima densidad seca (MDS) del Suelo Patrón con el Polvo de Mármol

Tabla 18. MDS Suelo Patrón + Muestra experimental con polvo de mármol

Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
C1 / E1	1.884	1.97	2.05	2.13	1.96
C2 / E1	1.85	1.93	2.02	2.11	1.92
C3 / E1	1.862	1.95	2.03	2.10	1.95

Fuente: Elaboración Propia

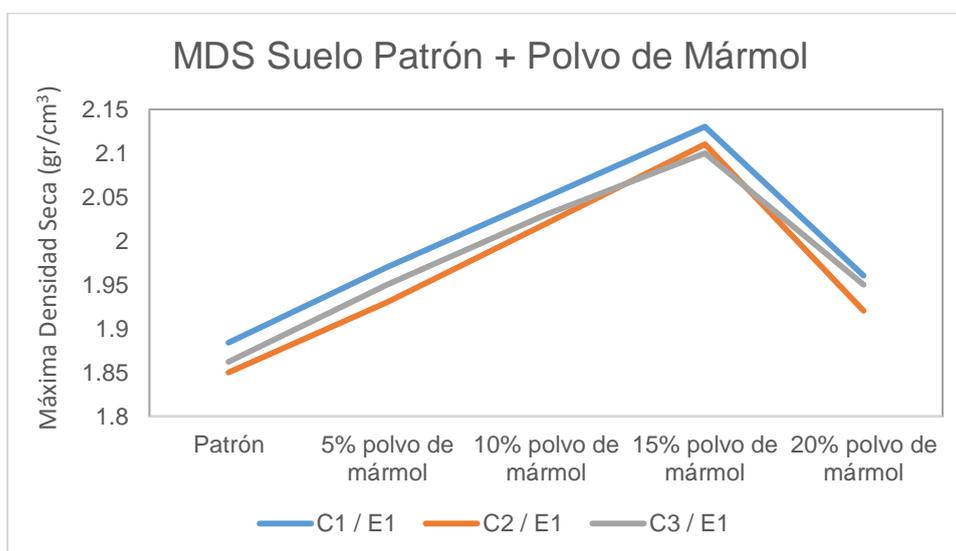


Figura 8. MDS Suelo Patrón + Polvo de Mármol

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.4. Propiedades Mecánicas

##### 4.4.1. Calicata 1 / Estrato 1

Tabla 19. CBR Calicata C1 / E1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata C1/E1	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
CBR al 100%	8.01%	11.81	13.23	14.51	12.23
CBR al 95%	5.55%	8.71	9.65	11.56	9.02

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 21, podemos observar cómo va comportándose el CBR cuando adicionamos polvo de mármol a la Calicata C1 / E1 en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, se puede observar que cuando se añade el 15% de polvo de mármol a C1/E1, se obtiene el CBR máximo de 14.51% al 100% y 11.56% al 95%.

#### 4.4.2. Calicata 2 / Estrato 1 + Polvo de mármol

Tabla 20. CBR Calicata C2 / E1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata C2/E1 + Polvo de Mármol	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
CBR al 100%	7.2	11.52	12.80	14.22	12.09
CBR al 95%	5.35	8.34	9.51	11.39	9.28

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 22, podemos observar cómo va comportándose la MDS y el CBR cuando adicionamos polvo de mármol a la Calicata C2 / E1 en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, se puede observar que cuando se añade el 15% de polvo de mármol a C2/E1, se obtiene el CBR máximo de 14.22% al 100% y 11.39% al 95%.

#### 4.4.3. Calicata 3 / Estrato 1 + Polvo de mármol

Tabla 21. CBR Calicata C3 / E1 + Muestra experimental con polvo de mármol

Calicata C2/E1 + Polvo de Mármol	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
CBR al 100%	7.71%	11.81	13.09	14.51	12.09
CBR al 95%	5.50%	8.52	9.72	11.12	9.08

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 23, podemos observar cómo va comportándose la MDS y el CBR cuando adicionamos polvo de mármol al suelo de la Calicata C3 / E1 en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, se puede observar que cuando se añade el 15% de polvo de mármol a C3/E1, se obtiene el CBR máximo de 14.51% al 100% y 11.12% al 95%.

#### 4.4.4. Comparación del CBR patrón con los CBR de los suelos con adición de polvo de mármol

Tabla 22. Comparación de CBR de suelo patrón y adicionados con polvo de mármol

CBR al 95%	Suelo patrón	5% polvo de mármol	10% polvo de mármol	15% polvo de mármol	20% polvo de mármol
C1 / E1	7.93	8.71	9.65	11.56	9.02
C2 / E1	7.65	8.34	9.51	11.39	9.28
C3 / E1	7.87	8.52	9.72	11.12	9.08

Fuente: Elaboración Propia.

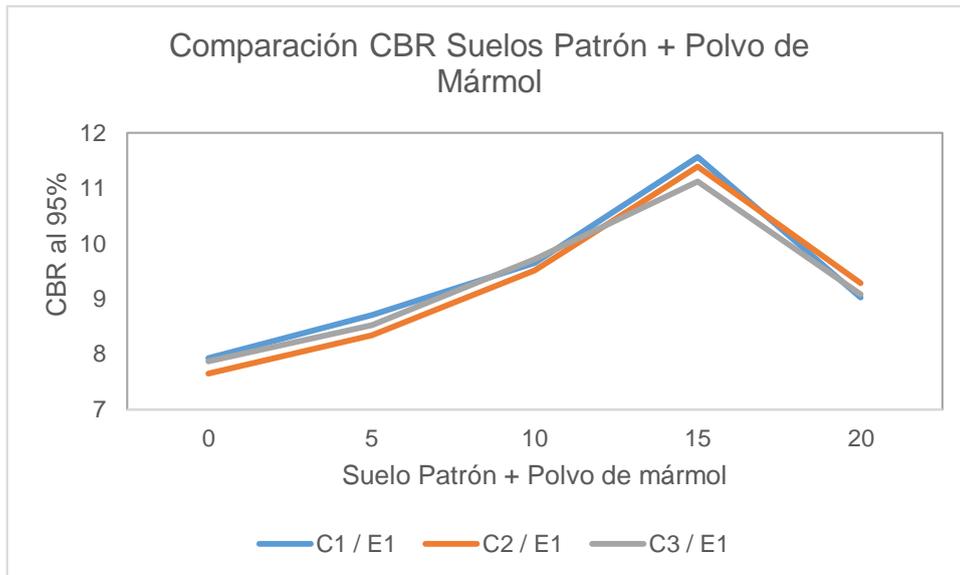


Figura 9. Comparación CBR Suelo Patrón + Polvo de Mármol

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 24 y Figura 9 podemos observar que: con respecto al suelo de la calicata C1 / E1, cuando adicionamos 15% de polvo de mármol, obtenemos el CBR máximo al 95% de 11.56%; en cuanto al suelo de la calicata C2 / E1, cuando adicionamos 15% de polvo de mármol, obtenemos el CBR máximo al 95% de 11.39%; finalmente para el suelo de la calicata C3 / E1, cuando adicionamos 15% de polvo de mármol, obtenemos un CBR máximo al 95% de 11.12%.

## V. DISCUSIÓN

Objetivo general: Evaluar el efecto del polvo de mármol en la estabilización de suelos en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad.

Para discutir el objetivo general se tiene en cuenta a Babu & Sharmila (2017), en su artículo científico tuvo como objetivo principal analizar el uso de polvo de mármol PM en las variaciones de (3, 6, 9, 12, 15%) para determinar límites de Atterberg, compactación y características de soporte. Tuvo como resultados suelos de Chennai, India, tuvo como límite líquido, 61%, límite plástico 27.19% e índice plástico 34.14%, una MDS de 1.66 g/cm<sup>3</sup>, y OCH de 17.91% y un CBR de 5.19% respectivamente para muestra natural, con las dosis experimentales se tuvo mayo CBR al 9% de PM, respecto a la muestra natural de 8.83%MDS, se concluye que la dosis óptima para estabilizar es 9% de polvo de mármol; esta investigación no guarda mucha similitud con nuestra investigación pues a pesar de trabajar con polvo de mármol utiliza estabilizantes dosis inferiores al de la presente investigación, que tienen características no similares al empleado en nuestra investigación pues se obtuvo mejoras al 15% de polvo de mármol, y se visualiza un aumento en las variables como la máxima densidad seca y el CBR para las adiciones con estabilizadores en porcentajes establecidos por cada investigador.

Como primer objetivo específico tenemos: Estudiar las características del suelo en caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo.

Para lo cual mencionaremos a Abdelkader et al. (2021) en su estudio, enfatiza la importancia del polvo de mármol como un estabilizador conveniente para suelos finos y arcillosos. Se puede entender que este es un método de estabilización físico-químico que utiliza un método experimental, por tal motivo se han realizado pruebas de laboratorio, como tamaño de partícula (granulometría), densidad, compactación, con el fin de establecer el aumento de la capacidad portante del suelo y la resistencia al daño. Así se entiende que, entre sus descubrimientos, se pudo encontrar que las cenizas de carbón tuvieron una acción de contribuir en gran medida a el mejoramiento de la subrasante. Este autor trabaja con los mismos

parámetros que hemos utilizado en nuestro proyecto, determinado a partir de la granulometría, límites de Atterberg y humedad, un tipo de suelo fino con altas presencias de arcillas, que permite obtener mejores resistencias con la adición de estabilizantes como las cenizas y el polvo de mármol

Para discutir el segundo objetivo: Determinar las propiedades físicas del suelo natural y suelo modificado con porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% de polvo de mármol.

Se considera la investigación de Jain et al. (2020) El presente estudio tuvo como objetivo comprobar la mejora de las propiedades físico-mecánicas de arcillas las cuales tienen baja tolerancia mediante la estabilización de dichos suelos con polvo de mármol los suelos de Rajasthan, India, como una clasificación de suelo de algodón negro donde tuvo su límite líquido de 49%, límite plástico de 29.18% y su índice de plasticidad de 19.81% su MDS de 1.62 gr/cm<sup>3</sup>, su OCH de 20.83%. Estos resultados son similares al del investigador Trujillo, Perú, también mencionan que el OCH y la MDS obtienen mejoras significativas que ayuden a la estabilización, al igual que ocurre en nuestro trabajo que las propiedades físicas como el OCH y la MDS tienen un incremento superior al suelo patrón para la adición de 5%, 10%, 15% y 20% de adición de polvo de mármol.

Para discutir el tercer objetivo: Determinar las propiedades mecánicas del suelo natural y suelo modificado con porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% de polvo de mármol.

Se considera a Rai et al. (2020), que busca estabilizar el suelo y mejorar todas aquellas propiedades físicas y mecánicas del suelo natural los residuos de polvo de mármol (5, 10, 15%) y cemento de fosfato de magnesio(2.5, 5, 7.5%) en combinado con el suelo sobre las propiedades del suelo de Chengdu, China, se tuvo como resultados que tuvo un PL: 21%, LL: 41, PI: 20% un OCH: 22.62% y CBR al 95%MDS de 21%, su IP con las dosis se tuvo 2.5MPC+5PM de 19.6%, 5MPC+10PM de 19.5%, 7.5MPC+15PM DE 19.4%, su MDS y OCH con las dosis se tuvo 2.5MPC+5PM de 1.561 gr/cm<sup>3</sup> y 22.58%, 5MPC+10PM de 1.66 y 22.5%, 7.5MPC+15PM de 1.73 y 22.3%, se concluyó que la dosis correcta es de 7.5MPC+15PM respectivamente. Al igual que nuestra investigación, el autor

concluye de manera similar a nosotros, pues con los estabilizadores utilizados mejora las características mecánicas del CBR y MDS para suelos arcillosos, lo que en nuestro trabajo también se obtiene una mejora significativa en el aumento de la resistencia de estos parámetros con la adición de polvo de mármol, obteniendo como valor el 15% de adición de este estabilizante.

Como última discusión: Establecer la dosificación óptima del polvo de mármol en el suelo de caminos no pavimentados del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo.

Olague (2019), menciona como objetivo principal determinar la eficiencia del polvo de mármol como adición mineral para estabilización física y química de arcillas expansivas. Con resultados que presentó un límite líquido de 51.95% y un límite plástico de 23.53%, con un índice plástico de 28.48%, con clasificación SUCS corresponde a una clasificación CH (Arcilla de Alta Comprensibilidad), y AASTHO es un suelo A-7-6, se realizaron pruebas de distracción de rayos x determinándose que es el tipo de arcilla es una caolinita. Concluyó que de acuerdo a los resultados de la investigación el porcentaje de mármol que muestra mejores resultados de estabilización es el 30%, ya que contribuye a abatir la plasticidad en mayor proporción. También el uso del 30% de polvo de mármol aumenta el peso específico al máximo, mejorando de su resistencia y trabajabilidad. A diferencia de nuestra investigación que utiliza porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% de adición de polvo de mármol para alcanzar el óptimo valor que potencie las propiedades del CBR y la MDS, se tuvo y difieren los resultados pues se obtuvo mejora con 15% de polvo de mármol.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se tiene como conclusión general que las dosis de polvo de mármol en 0%, 5%, 10%, 15%, 20% respecto al peso del suelo influyó significativamente en la mejora de la estabilización de suelos de la localidad del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, encontrándose suelos con baja plasticidad respectivamente, y como consecuencia de la adición del polvo de mármol mejoró sus capacidades mecánicas respectivamente.

Para las características del suelo estudiado se concluye que es un suelo fino, donde cada una de las tres calicatas realizadas se determinó que es un suelo arcilloso de plasticidad baja (CL) según SUCS y según AASHTO en el grupo A-6(8), se tuvo contenido de humedad de 9.35%, 3.62% y 13.34% respectivamente, con índices de plasticidad entre 22%, 22% y 17%, límite líquido entre 36%, 36% y 33%, límite plástico 14%, 14% y 16%, con porcentaje que pasa la malla N°200 mayor al 50%.

En cuanto a las propiedades físicas del suelo patrón, se evaluó el OCH, determinándose un incremento en los valores de estos parámetros, siendo el porcentaje de 15% de adición de polvo de mármol el que mejor se comportó ante estas adiciones, para el resto de porcentajes también se alcanzaron valores superiores a los obtenidos por el suelo patrón.

Se concluye que las propiedades mecánicas del suelo patrón, respecto a la MDS tuvo un aumento con el 15% de polvo de mármol respecto al patrón, y respecto al CBR pobre se vieron incrementadas para todos los porcentajes de adición de polvo de mármol (5%, 10%, 15% y 20%), siendo el que más destaca el porcentaje de 15% de adición, para el que mejores valores de CBR se obtuvo pasando un estado bueno de CBR.

Se concluye en que las dosificaciones elegidas fueron las adecuadas, donde el valor que mejor se comportó es el de 15% de adición de polvo de mármol, en la estabilización del suelo del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la incorporación de polvo de mármol influye en la estabilización del suelo del Centro Poblado Conache del distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad y sus propiedades físicas y mecánicas, es por eso se da las siguientes recomendaciones para futuros estudios investigativos:

- Se recomienda utilizar el polvo de mármol para vías donde se corrobore que el suelo es fino, haciendo los ensayos respectivos en laboratorio de la subrasante, que nos permitan garantizar que estamos frente a un suelo fino, como arcillas y limos que su porcentaje supere el 50% que pasa por la malla N° 200.
- La dosificación que se recomienda a utilizar es la de 15% de polvo de mármol respecto al peso del suelo seco, donde para esta investigación se obtuvo los mejores resultados, pero no se discrimina a los valores de 5%, 10% y 20% en los que las propiedades físicas también mejoran.
- Se recomienda realizar estudio de ensayo de barrido electrónico para analizar su estructura interna de los suelos experimentales con las dosis de polvo de mármol.
- Para obtener los resultados en el CBR y pasar de una subrasante regular a una subrasante buena, es importante verificar la calidad del compactado, donde se recomienda controlar la compactación al 95% de la máxima densidad seca de la mezcla utilizada con el suelo patrón y las adiciones de polvo de mármol.
- Se recomienda el uso del 15% de porcentaje de adición de polvo de mármol, pero hay que tener cuidado con que se controle la humedad y las cantidades requeridas de material en el momento del batido, en el momento de la ejecución del camino.

## REFERENCIAS

*A sustainable approach for improving the behavior of collapsible soil using marble dust.* **Hamdy, Dalia. 2022.** 4, s.l. : Innovative Infrastructure Solutions, 2022, Innovative Infrastructure Solutions, Vol. 7. 23644176.

*Ageing effect on swell, shrinkage and flexural strength of sand and waste marble powder stabilized expansive soil.* **Oncu, S. y Bilsen, H. 2016.** Paris : E-UNSAT, 2016. 3rd European Conference on Unsaturated Soils. Vol. 9, págs. 1-6. 22671242.

*Aplicación del polvo de mármol para fabricar ladrillo estructural con dimensiones tradicionales en la Comarca Lagunera utilizados en muros de vivienda.* **Moreno Juarez, M., y otros. 2020.** 1, s.l. : Revista de Arquitectura e Ingeniería, 2020, Revista de Arquitectura e Ingeniería, Vol. 14. 1990-8830.

**Araujo, Horacio. 2019.** *Influencia de la soda cáustica en la estabilización de suelos en la zona de Huanchaco-Trujillo, 2018.* Trujillo : Carrera Profesional de Ingeniería Civil - Universidad Privada de Trujillo, 2019.

**Borja, M. 2016.** *Metodología de la investigación científica para ingenieros.* Chiclayo : s.n., 2016.

**Braja, M. Das y Nagaratnam, Sivakugan. 2017.** *Fundamentals of Geotechnical Engineering.* Boston : Nelson Education, Ltd., 2017. 978-1-305-63518-0.

*Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.* **Ordoñez, Jorge, Auvinet, Gabriel y Juárez, Moisés. 2015.** 3, s.l. : Ingeniería, investigación y tecnología, 2015, Ingeniería, investigación y tecnología, Vol. 16, págs. 453-470. 1405-7743.

*Characterization of composite produced from waste PET and marble dust.* **Çınar, M. Emin y Kar, Filiz. 2018.** s.l. : Construction and Building Materials, 2018, Vol. 163. 09500618.

*Comparación del rendimiento de dos agentes químicos en la estabilización de un suelo arcilloso.* **Tique Zapata, Julio C., y otros. 2019.** 19, s.l. : Innovación más Desarrollo, 2019, Innovación más Desarrollo, Vol. 8.

*Comportamiento de mezclas de mortero con residuos de mármol (polvo), cáscara de nuez y mucílago de nopal.* **Betancourt, Julio, y otros. 2019.** 1, Cuba : Empresa

de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, 2019, Revista de Arquitectura e Ingeniería, Vol. 13, págs. 1-17. 1990-8830.

*EFFECTOS DE LA COMPACTACION DE SUELOS POR EL PISOTEO DE ANIMALES, EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SUELOS. REMEDIACIONES.* **Medina, Carlos. 2016.** 1, s.l. : REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIA ANIMAL, 2016, REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIA ANIMAL, Vol. 8, págs. 88-93. 2027-4297.

*Effect of Marble Dust on Strength Characteristics of Rice Husk Stabilized Soil.* **Srikalpa Rajguru, Mahapatra, Monoswi Manini, Sahoo y Rupalshree Ragini, Sahoo. 2022.** s.l. : Lecture Notes in Civil Engineering, 2022, Lecture Notes in Civil Engineering, Vol. 152. 23662557.

*Enhancing Engineering Properties of Expansive Soil Using Marble Waste Powder.* **Abdulla, Rozan y Majeed, Nadhmiah. 2021.** 2021, Iraqi Geological Journal, Vol. 54, págs. 43-53.

*Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso.* **Alarcón, J., Jiménez, M. y Benítez, R. 2020.** 1, s.l. : Revista ingeniería de construcción, 2020, Revista ingeniería de construcción, Vol. 35. 0718-5073.

*Estabilización Química de Arcillas Mediante Polvo de Mármol.* **Olague, Cecilia. 2019.** 9, 2019, Revista De Investigación Científica De La Facultad De Ingeniería De La Universidad Autónoma De Chihuahua, Vol. 3, págs. 12-14.

*Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión).* **Rivera, Jhonathan, y otros. 2020.** 2, s.l. : Informador técnico, 2020, Informador técnico, Vol. 84. 0122-056X.

*Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad.* **Llano, Eliana, Ríos, Diana y Restrepo, Gloria. 2020.** 49, s.l. : Instituto Tecnológico Metropolitano Colombia, 2020, TecnoLógicas, Vol. 23, págs. 1-17. 0123-7799.

*Evaluation of Marble Dust for Soil Stabilization.* **Yilmaz, F. y Yurdakul, M. 2017.** Bayburt : ACTA PHYSICA POLONICA A, 2017. Special issue of the 3rd

International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN 2016). Vol. 132, págs. 1-2.

*Geotechnical behaviour and micro-analyses of expansive soil amended with marble dust.* **Jain, Ankush Kumar, Jha, Arvind Kumar y Shivanshi. 2020.** 4, s.l. : Soils and Foundations, 2020, Vol. 60. 00380806.

**Guamán, Israel. 2016.** *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO).* Ambato : FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2016.

**Guerreo Malpica, Renzo José. 2019.** *Capacidad portante de suelo cohesivo estabilizado con cal y sulfato de calcio en 10%, 15% y 25%.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2019.

**Guillen Bernal, Luis Fernando y Zúñiga Torres, Berenice Cecibel. 2021.** *Evaluación del comportamiento mecánico del suelo mediante estabilización suelo cemento aplicado a la mina Ganzhigadpc1 en el cantón Cañar para la construcción de pavimento.* Loja : Universidad Técnica Particular de Loja, 2021.

**Hernández, Sampieri, Roberto, Fernández, Collado, Carlos y Baptista, Lucio, María del Pilar. 2018.** *Metodología de la Investigación.* 6. México D.F. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2018.

*Influence of Waste Marble Dust on the Improvement of Expansive Clay Soils.*

**Abdelkader, Hassam, Hussein, Mohamed y Ye, Haiwang. 2021.** 1-13, s.l. : Hindawi, 2021, Advances in Civil Engineering, Vol. 2021. 3192122.

*Influence of waste marble powder as a replacement of cement on the properties of mortar.* **Yamanel, Kena, y otros. 2019.** 2, 2019, Revista de la Construcción, Vol. 18, págs. 290-300. 0718-915X.

**Jara, Robinson. 2014.** *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso.* Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

**Macías, Adrián, y otros. 2018.** *Tomo I. Mecánica de Suelos.* Primera. Alicante : Editorial Área de Innovación y Desarrollo,S.L., 2018. 978-84-948577-4-4.

**Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2014.** *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotécnica y Pavimentos-Sección Suelos y Pavimentos.* Lima : Decreto Supremo N° 05-2013-MTC/14, 2014.

**Parra Gomez, Manuel G. 2018.** *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante.* Bogota DC : Universidad Católica de Colombia, 2018.

*Peat Soil Stabilization using Lime and Cement.* **Zambri, Mohd y Ghazaly, Z. 2018.** 01034, s.l. : E3S Web of Conferences, 2018, Vol. 34.

**Ponce, Daisy. 2018.** *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica.* Huancavelica : Facultad de Ciencias de Ingeniería - Universidad Nacional de Huancavelica, 2018.

*Pursuance of waste marble powder to improve soil stabilization.* **Choksi, Riddhi, Mishra, C. B. y Patel, Nandan. 2018.** 5, s.l. : International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2018, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) , Vol. 5. 2395-0056.

**Salinas Flores, Yuber Omar. 2020.** *Descripción del suelo de la parcela El Puquio, Otuzco, 2018.* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2020.

*Soil Improvement Using Waste Marble Dust for Sustainable Development.* **Waheed, Abdul, y otros. 2021.** 9, s.l. : Civile Journal, 2021, Civil Engineering Journal, Vol. 7. 2476-3055.

*Soil stabilisation using marble dust.* **Babu, Sreekumar V. y Sharmila, Mary Rebekah. 2017.** 4, s.l. : International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 2017, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Vol. 8. 0976-6308.

*Some Physical Properties Treatment of Expansive Soil Using Marble Waste Powder.* **Abdulla, Rozhan y Najmaddin, Nadhmiah. 2014.** 1, 2014, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3, págs. 1-12. 2278-0181.

*Stabilization of expansive soil using marble waste powder.* **Zumrawi, Magdi y Abdalla, Eman. 2018.** s.l. : 2nd Conference of civil Engineering, 2018.

*Uso de estabilizadores para suelos arcillosos una revisión literaria.* **Fonseca, Kattia, Becerra, Yafonor y Muñoz, Socrates. 2020.** 1 y 2, s.l. : Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2020, Suelos Ecuatoriales, Vol. 50, págs. 54-69. 2665-6558.

*Utilization of Marble Powder and Magnesium Phosphate Cement for Improving the Engineering Characteristics of Soil.* **Rai, Partab, Meng, Fanhua y Ahmad, Mahmood. 2020.** 31, s.l. : International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering, 2020, Vol. 6. 21999260.

*Utilization of waste marble powder as sustainable stabilization materials for subgrade layer.* **Najwa wasif, Jassim, y otros. 2022.** s.l. : Results in Engineering, 2022, Vol. 14. 25901230.

*Utilization of waste marble to enhance volume change and strength characteristics of sand-stabilized expansive soil.* **Öncü, Şerife y Bilsel, Huriye. 2018.** 12, 2018, Environmental Earth Sciences, Vol. 77, págs. 1-13. 18666280.

**Velarde, Abel. 2015.** *Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

**Velásquez Pereyra, César. 2018.** *Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida dinarmaca, sector la molina.* Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2018.

*Waste marble dust: An interesting residue to produce cement.* **Ruíz-Sanchez, A., Sánchez-Polo, M. y Rozalen, M. 2019.** s.l. : Construction and Building Materials, 2019, Construction and Building Materials, Vol. 224. 09500618.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables.

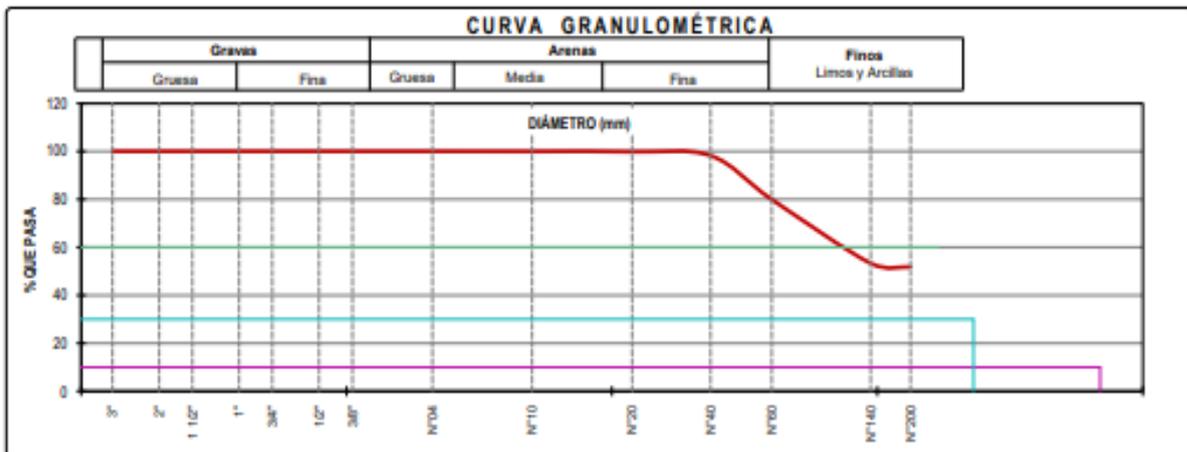
Título: Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos en caminos no pavimentados, Trujillo – 2022

Tesista: Ñamot Mercedes, Paul Frank (ORCID: 0000-0002-7858-9068)

Operacionalización de Variables							
Tipo de variable	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Técnicas
Independiente	Polvo de mármol	Son rocas capaces de admitir el pulido, al igual que el granito, en si son rocas sedimentarias carbonatadas denominadas calizas que pasan por un proceso de metamorfosis donde han alcanzado un alto grado de cristalización (Betancourt et al., 2019).	La dosificación adecuada tanto de la escoria de horno de fundición y cemento tipo I, la cual permitirá mejorar la estabilización	Dosificación	Dosificación 0%	Balanza	Enfoque: cuantitativo Tipo: Aplicada
					Dosificación 5%		
					Dosificación 10%		
					Dosificación 15%		
					Dosificación 20%		
Dependiente	Estabilización de suelos	El material en construcción de su suelo, es base en todo proyecto de ingeniería que está presente, presentando de dicho modo características adversas con una alta comprensibilidad, y/o permeabilidad donde es mejorado y estabilizado. (Guamán, 2016).	Incluye un proceso de estabilización mediante compactación, que debe utilizarse en todos los proyectos que utilicen el suelo como materia prima. También son comunes las mezclas de suelo que mejoran las características físicas del suelo. Mediante este patrón de estabilización se busca mejorar el material del suelo.	PLASTICIDAD	Limite liquido	Ensayo Limite Atterberg	Diseño: Experimental
					Limite plasticidad		
					Índice de plasticidad		
				COMPACTACION	Clasificación de suelos	Ensayo de granulometría	Unidad de análisis: Subrasante
					Optimo contenido de humedad		
				RESISTENCIA	Máxima densidad seca	Ensayo Proctor Modificado	Población: toda la subrasante definida
					Capacidad portante del suelo	Ensayo CBR	

## Anexo 2: Ensayos de Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES																		
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> ASTM D6913																		
PROYECTO :	EFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022																	
SOLICITANTE :	NAMOY MERCEDES, PAUL FRANK																	
UBICACIÓN :	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD																	
FECHA :	MAYO DEL 2022																	
<b>DATOS :</b>		<b>Coordenadas :</b>																
Sondaje/Muestra :	CALICATA C -1 / E-1	Norte	N															
Código de Muestra :	CONACHE	Este	E															
Observación :	COLOR MARRÓN	Cota																
		Progresiva	—															
<b>ENSAYO :</b>		<b>HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216</b>																
Masa Seca de Fracción :	1.271,9 gr	Masa de Finos Eliminados :	658,20 gr															
Masa de Fracción Limpia y Saca :	613,7 gr	Error de Tamizado :	0,00%															
Masa de Fracción Tamizada :	613,7 gr																	
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Sh + Tara</td> <td>1.153,30 gr.</td> <td>1.146,10 gr.</td> </tr> <tr> <td>Ss + Tara</td> <td>1.062,00 gr.</td> <td>1.060,30 gr.</td> </tr> <tr> <td>Tara</td> <td>110,80 gr.</td> <td>116,60 gr.</td> </tr> <tr> <td>Humedad(%)</td> <td>9,60</td> <td>9,09</td> </tr> <tr> <td>Humedad Prom(%)</td> <td colspan="2">9,35</td> </tr> </table>		Sh + Tara	1.153,30 gr.	1.146,10 gr.	Ss + Tara	1.062,00 gr.	1.060,30 gr.	Tara	110,80 gr.	116,60 gr.	Humedad(%)	9,60	9,09	Humedad Prom(%)	9,35	
Sh + Tara	1.153,30 gr.	1.146,10 gr.																
Ss + Tara	1.062,00 gr.	1.060,30 gr.																
Tara	110,80 gr.	116,60 gr.																
Humedad(%)	9,60	9,09																
Humedad Prom(%)	9,35																	
<b>ENSAYO GRANULOMÉTRICO</b>																		
Tamices ASTM D6913	Abertura en mm.	Masa Retenida	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación Técnica	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA NTP 338.129											
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00	-	L. Líquido : 36											
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	-	L. Plástico : 14											
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	-	Ind. Plástico : 22											
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	-	CLASIFICACIÓN / ASTM											
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Clas. SUCS (ASTM D2487) : CL											
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Clas. AASHTO (ASTM D3282) : A-6 (8)											
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-	NOMBRE DEL GRUPO O MUESTRA											
Nº04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	-												
Nº10	2.000	0.30	0.02	0.02	99.98	-	Arcilla arenosa de baja plasticidad											
Nº20	0.840	1.60	0.13	0.15	99.85	-												
Nº40	0.425	20.70	1.63	1.78	98.22	-	PROF. MUESTREO (m) : 0.50											
Nº60	0.250	232.40	18.27	20.05	79.95	-												
Nº140	0.106	338.40	26.61	46.65	53.35	-	ESTRATO C-1 / E -1 : 0.00 - 0.50											
Nº200	0.075	19.70	1.55	48.20	51.80	-												
< 200	Plato	0.60	51.80	100.00	0.00	-	PORCENTAJE DE MASA EN MUESTRA											
Total		613.70					% Grava = 0.00											
DIAMETROS EFECTIVOS		D10 = 0.61	COEF. UNIF. Y CURVATURA		CU = 0.22	% Arena = 48.20												
		D30 = 0.22			CC = 0.62	% Finos = 51.80												
		D60 = 0.13																



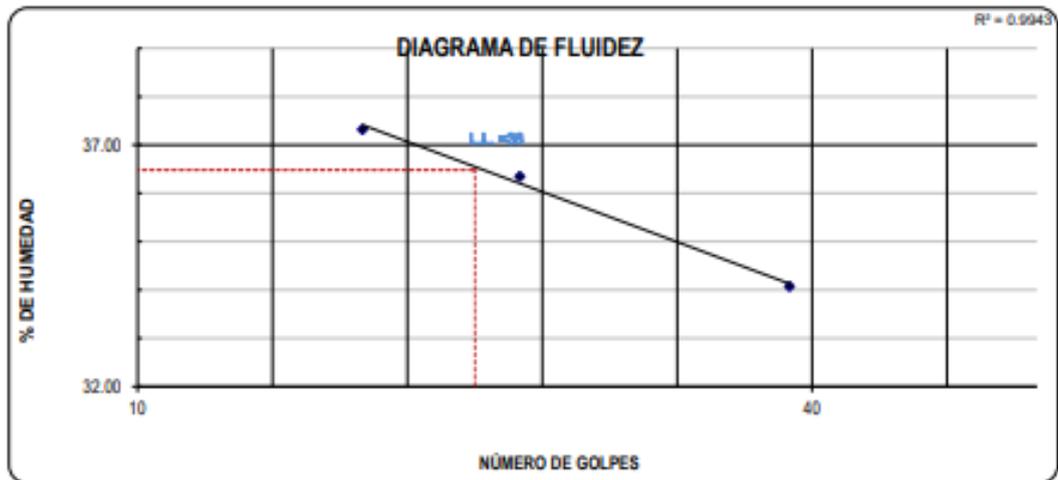
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

ASTM D4318

PROYECTO	:	EFFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022
SOLICITANTE	:	NAMOT MERCEDES, PAUL FRANK
UBICACIÓN	:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA	:	MAYO DEL 2022

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	Nº de golpes	20	27	39	
Peso tara (gr.)		12.45	14.02	13.68	
Peso tara + suelo húmedo (gr.)		34.82	37.54	34.18	
Peso tara + suelo seco (gr.)		28.74	31.27	28.97	
Humedad %		37.32	36.35	34.07	
Limites		36.00			14.00



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**ASTM D2216**

<b>PROYECTO</b>	:	EFFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022
<b>SOLICITANTE</b>	:	NAMOT MERCEDES, PAUL FRANK
<b>UBICACIÓN</b>	:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
<b>FECHA</b>	:	MAYO DEL 2022

Prof. de Muestreo : 0.50 m.  
 Calicata / Muestra : CALICATA C -1 / E-1  
 Estrato : 0.00 - 0.50 m.

**Análisis Preliminar (Separación)**  
 Tamaño Máximo : N° 04  
 Tamiz Separador : No Requerido

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**D-2216**

DESCRIPCIÓN	X-11	P-10
Masa de Recipiente (gr.)	110.80	116.60
Masa de Recipiente + Suelo Humedo (gr.)	1,153.30	1,146.10
Masa de Recipiente + Suelo Seco Inicial (gr.)	1,064.35	1,062.63
Masa de Recipiente + Suelo Seco 02 (gr.)	1,062.00	1,060.30
Masa de Recipiente + Suelo Seco Final (gr.)	1062.00	1060.30
Masa de Suelo Seco (gr.)	951.20	943.70
Masa de Agua (gr.)	91.30	85.80
Contenido de Humedad (%)	9.60	9.09
Clasificación Visual - Manual	CL	CL
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>9.35</b>	

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
ASTM D6913**

PROYECTO : EFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022  
 SOLICITANTE : NAMDY MERCEDES PAUL FRANK  
 UBICACIÓN : PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD  
 FECHA : MAYO DEL 2022

**DATOS :**

Sondaje/Muestra : CALICATA C -1 / E-2  
 Código de Muestra : CONACHE  
 Observación : COLOR MARRÓN

**Coordenadas :**

Norte : N  
 Este : E  
 Cota :  
 Progresiva : --

**ENSAYO :**

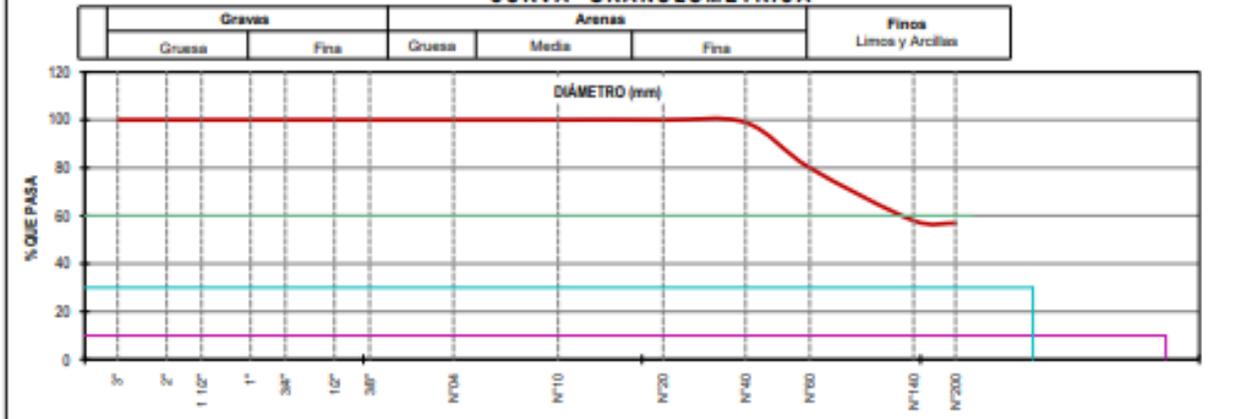
Masa Seca de Fracción : 1.327,7 gr. Masa de Finos Eliminados : 755,30 gr.  
 Masa de Fracción Limpia y Seca : 572,4 gr. Error de Tamizado : 0,00%  
 Masa de Fracción Tamizada : 572,4 gr.

HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216		
S <sub>n</sub> + Tara	1.036,00 gr.	1.036,30 gr.
S <sub>s</sub> + Tara	1.018,40 gr.	1.020,30 gr.
Tara	109,40 gr.	104,90 gr.
Humedad(%)	1,94	2,08
Humedad Prom(%)	2,01	

**ENSAYO GRANULOMÉTRICO**

Tamices ASTM D6913	Abertura en mm.	Masa Retenida	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación Técnica	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA NTP 339.129
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00	-	L. Líquido : 37
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	-	L. Plástico : 19
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	-	Ind. Plástico : 16
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	-	CLASIFICACION / ASTM
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Clas. SUCS (ASTM D2487) : CL
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Clas. AASHTO (ASTM D3282) : A-6 (S)
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-	NOMBRE DEL GRUPO O MUESTRA
Nº4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Arcilla arenosa de baja plasticidad
Nº10	2.000	0.10	0.01	0.01	99.99	-	
Nº20	0.840	0.40	0.03	0.04	99.96	-	
Nº40	0.425	14.20	1.07	1.11	98.89	-	
Nº60	0.250	251.00	18.90	20.01	79.99	-	
Nº140	0.106	292.50	22.03	42.04	57.96	-	
Nº200	0.075	13.90	1.05	43.09	56.91	-	PROF. MUESTREO (m) : 1.50
< 200	Plato	0.30	56.91	100.00	0.00	-	ESTRATO C-1 / E-2 : 0.50 - 1.50
Total		572.40					PORCENTAJE DE MASA EN MUESTRA
DIAMETROS EFECTIVOS	D10 = 0.63 D30 = 0.26 D60 = 0.11	COEF. UNIF. Y CURVATURA	CU = 0.11 CC = 0.89	% Grava = 0.00 % Arena = 43.09 % Fina = 56.91			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

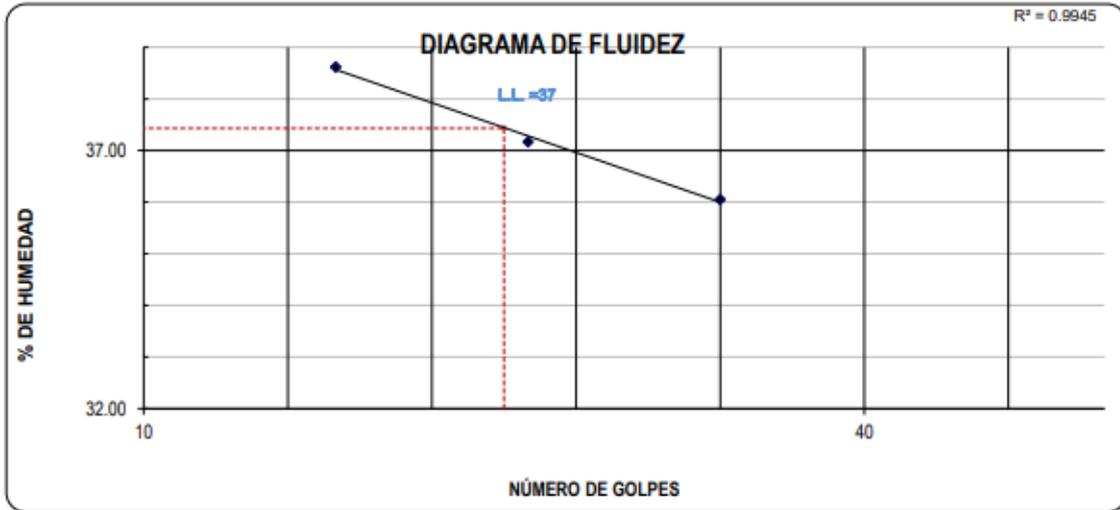


**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D4318**

<b>PROYECTO</b>	:	EFFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022
<b>SOLICITANTE</b>	:	ÑAMOT MERCEDES, PAUL FRANK
<b>UBICACIÓN</b>	:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
<b>FECHA</b>	:	MAYO DEL 2022

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	Nº de golpes	18	26	34	
Peso tara (gr.)	13.74	14.68	13.91	12.58	13.27
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	33.84	34.57	34.25	20.86	20.34
Peso tara + suelo seco (gr.)	28.24	29.18	28.86	19.57	19.14
Humedad %	38.62	37.17	36.05	18.45	20.44
Límites	37.00			19.00	



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**ASTM D2216**

<b>PROYECTO</b>	:	EFFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022
<b>SOLICITANTE</b>	:	NAMOT MERCEDES, PAUL FRANK
<b>UBICACIÓN</b>	:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
<b>FECHA</b>	:	MAYO DEL 2022

**Prof. de Muestreo** : 1.50 m.  
**Calicata / Muestra** : CALICATA C -1 / E-2  
**Estrato** : 0.50 - 1.50 m.

**Análisis Preliminar (Separación)**  
 Tamaño Máximo : N° 04  
 Tamiz Separador : No Requerido

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**D-2216**

DESCRIPCIÓN	C-12	C-14
Masa de Recipiente (gr.)	109.40	104.90
Masa de Recipiente + Suelo Humedo (gr.)	1,036.00	1,039.30
Masa de Recipiente + Suelo Seco Inicial (gr.)	1,020.75	1,022.63
Masa de Recipiente + Suelo Seco 02 (gr.)	1,018.40	1,020.30
Masa de Recipiente + Suelo Seco Final (gr.)	1018.40	1020.30
Masa de Suelo Seco (gr.)	909.00	915.40
Masa de Agua (gr.)	17.60	19.00
Contenido de Humedad (%)	1.94	2.08
Clasificación Visual - Manual	CL	CL
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>2.01</b>	

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
ASTM D6913**

PROYECTO : EFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022  
 SOLICITANTE : NADY MERCEDES PAUL FRANK  
 UBICACIÓN : PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD  
 FECHA : MAYO DEL 2022

DATOS :  
 Sondaje/Muestra : CALICATA C -2 / E-1  
 Código de Muestra : CONACHE  
 Observación : COLOR AMARILLO  
 Coordenadas :  
 Norte : N  
 Este : E  
 Cota :  
 Progresiva : —

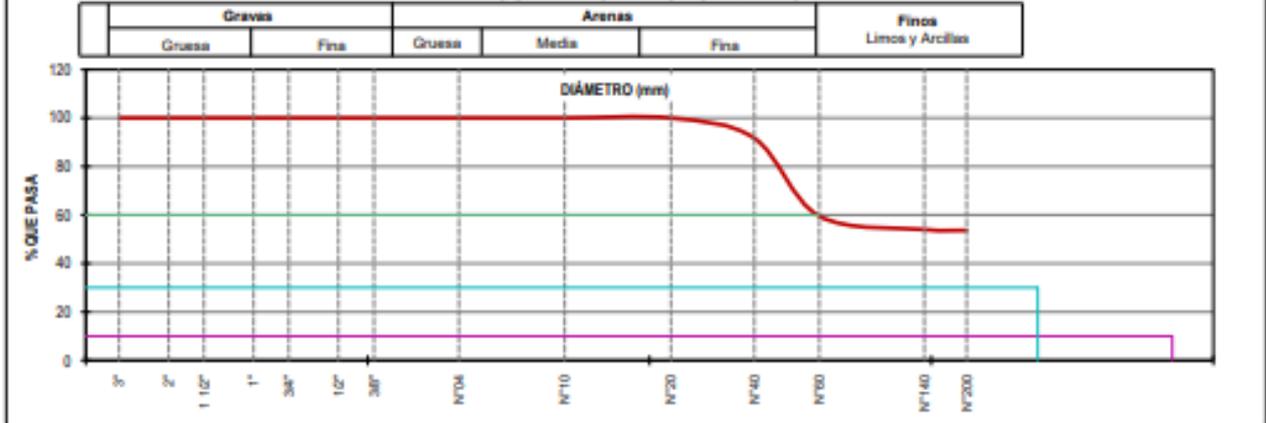
ENSAYO :  
 Masa Seca de Fracción : 1.295.7 gr. Masa de Finos Eliminados : 694.00 gr.  
 Masa de Fracción Limpia y Seca : 601.7 gr. Error de Tamizado : 0.00%  
 Masa de Fracción Tamizada : 601.7 gr.

HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216		
Sh + Tara	1.055.50 gr.	1.072.70 gr.
Sa + Tara	1.021.60 gr.	1.038.70 gr.
Tara	106.20 gr.	104.20 gr.
Humedad(%)	3.70	3.53
Humedad Prom(%)	3.62	

**ENSAYO GRANULOMÉTRICO**

Tamices ASTM D6913	Abertura en mm.	Masa Retenida	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación Técnica	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA NTP 338.129
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00		L. Líquido : 36
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	-	L. Plástico : 14
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00		Ind. Plástico : 22
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	-	CLASIFICACIÓN / ASTM
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		Clas. SUCS (ASTM D2487) : CL
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		Clas. AASHTO (ASTM D3282) : A-6 (B)
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-	NOMBRE DEL GRUPO O MUESTRA
Nº4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	-	Arcilla arenosa de baja plasticidad
Nº10	2.000	0.10	0.01	0.01	99.99	-	
Nº20	0.840	0.20	0.02	0.02	99.98	-	
Nº40	0.425	107.70	8.31	8.34	91.66	-	
Nº60	0.250	416.80	32.17	40.50	59.50	-	
Nº140	0.106	71.40	5.51	46.01	53.99	-	
Nº200	0.075	4.70	0.36	46.38	53.62	-	PROF. MUESTREO (m) : 1.50
< 200	Plato	0.80	53.62	100.00	0.00	-	ESTRATO C-2 / E-1 : 0.10 - 1.50
Total		601.70					PORCENTAJE DE MASA EN MUESTRA
DIAMETROS EFECTIVOS	D10 = 0.62 D30 = 0.23 D60 = 0.25	COEF. UNIF. Y CURVATURA	CU = 0.41 CC = 0.35				% Grava = 0.00 % Arena = 46.38 % Finos = 53.62

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

**ASTM D4318**

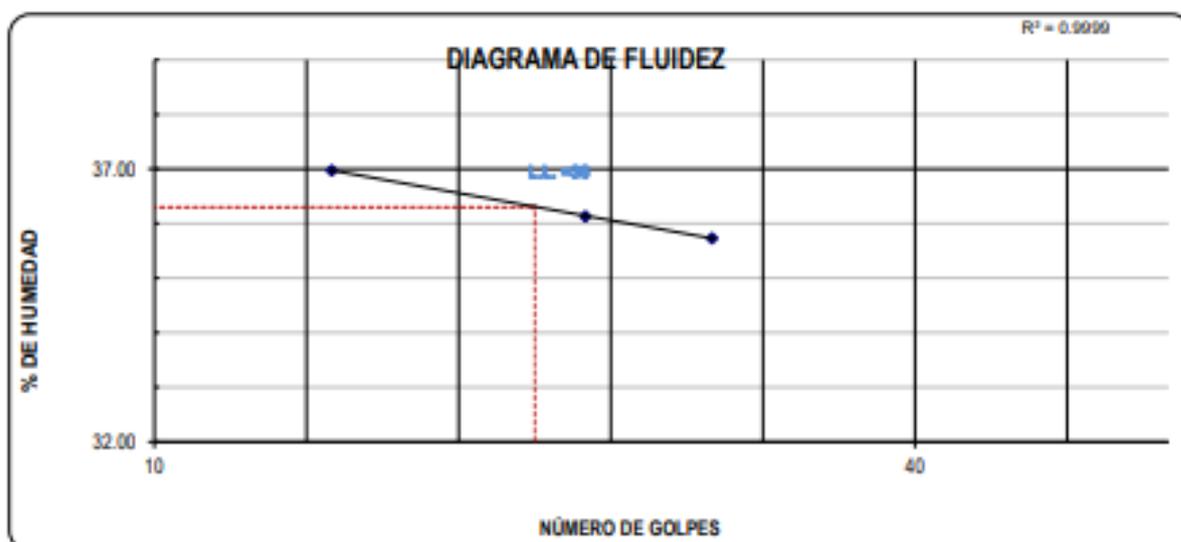
PROYECTO : EFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022

SOLICITANTE : NAMOT MERCEDES, PAUL FRANK

UBICACIÓN : PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

FECHA : MAYO DEL 2022

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Nº de golpes	17	27	32		
Peso tara (gr.)	14.23	13.86	13.95	11.83	12.56
Peso tara + suelo húmedo (gr.)	34.16	33.94	34.12	19.67	20.28
Peso tara + suelo seco (gr.)	28.78	28.61	28.81	18.73	19.33
Humedad %	36.98	36.14	35.73	13.62	14.83
Límites	36.00			14.00	



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**ASTM D2216**

<b>PROYECTO</b>	:	EFFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022
<b>SOLICITANTE</b>	:	NAMOT MERCEDES, PAUL FRANK
<b>UBICACIÓN</b>	:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
<b>FECHA</b>	:	MAYO DEL 2022

Prof. de Muestreo : 1.50 m.  
 Calicata / Muestra : CALICATA C -2 / E-1  
 Estrato : 0.10 - 1.50 m.

**Análisis Preliminar (Separación)**  
 Tamaño Máximo : N° 04  
 Tamiz Separador : No Requerido

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**D-2216**

DESCRIPCIÓN	C-10	X-10
Masa de Recipiente (gr.)	106.20	104.20
Masa de Recipiente + Suelo Humedo (gr.)	1,055.50	1,072.70
Masa de Recipiente + Suelo Seco Inicial (gr.)	1,023.95	1,042.03
Masa de Recipiente + Suelo Seco 02 (gr.)	1,021.60	1,039.70
Masa de Recipiente + Suelo Seco Final (gr.)	1021.60	1039.70
Masa de Suelo Seco (gr.)	915.40	935.50
Masa de Agua (gr.)	33.90	33.00
Contenido de Humedad (%)	3.70	3.53
Clasificación Visual - Manual	CL	CL
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>3.62</b>	

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
ASTM D6913**

PROYECTO	:	EFFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022
SOLICITANTE	:	NAMOI MERCEDES, PAUL FRANK
UBICACIÓN	:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA	:	MAYO DEL 2022

<b>DATOS :</b>		<b>Coordenadas :</b>	
Sondaje/Muestra	:	CALICATA C -3 / E-1	Norte
Código de Muestra	:	CORACHE	Este
Observación	:	COLOR AMARILLO	Cota
			Progresiva

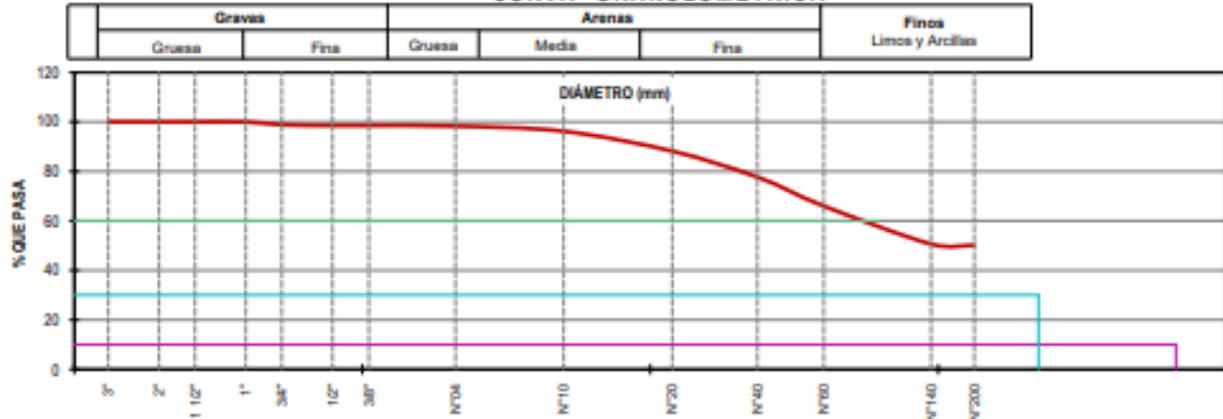
<b>ENSAYO :</b>		<b>HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216</b>	
Masa Seca de Fracción	:	1.398.3 gr.	Masa de Finos Eliminados
Masa de Fracción Limpia y Seca	:	697.8 gr.	Error de Tamizado
Masa de Fracción Tamizada	:	697.7 gr.	

Sh + Tara	1.427.30 gr.	1.346.50 gr.
Sa + Tara	1.265.90 gr.	1.208.30 gr.
Tara	114.60 gr.	116.70 gr.
Humedad(%)	14.02	12.66
Humedad Prom(%)	13.34	

**ENSAYO GRANULOMÉTRICO**

Tamices ASTM D6913	Abertura en mm.	Masa Retenida	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación Técnica	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA NTP 338.129
3"	76.200	0.0	0.00	0.00	100.00		L. Líquido : 33
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	-	L. Plástico : 16
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	-	Ind. Plástico : 17
1"	25.400	0.0	0.00	0.00	100.00	-	<b>CLASIFICACION / ASTM</b>
3/4"	19.050	15.80	1.13	1.13	98.87	-	Clas. SUCS (ASTM D2487) : CL
1/2"	12.700	4.40	0.31	1.44	98.56	-	Clas. AASHTO (ASTM D3282) : A-6 (S)
3/8"	9.500	0.00	0.00	1.44	98.56	-	<b>NOMBRE DEL GRUPO O MUESTRA</b>
Nº4	4.750	3.40	0.24	1.69	98.31	-	Arcilla arenosa de baja plasticidad
Nº10	2.000	29.40	2.10	3.79	96.21	-	
Nº20	0.840	112.30	8.03	11.82	88.18	-	
Nº40	0.425	146.60	10.48	22.31	77.69	-	
Nº60	0.250	163.60	11.70	34.01	65.99	-	
Nº140	0.106	214.90	15.37	49.37	50.63	-	
Nº200	0.075	7.00	0.50	49.87	50.13	-	PROF. MUESTREO (m) : 1.50
< 200	Plato	0.30	50.13	100.00	0.00	-	ESTRATO C-3 / E-1 : 0.10 - 1.50
Total		697.70					<b>PORCENTAJE DE MASA EN MUESTRA</b>
DIÁMETROS EFECTIVOS	D10 = 0.60 D30 = 0.21 D60 = 0.18		COEF. UNIF. Y CURVATURA	CU = 0.30 CC = 0.42			% Grava = 1.69 % Arena = 48.19 % Finos = 50.13

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



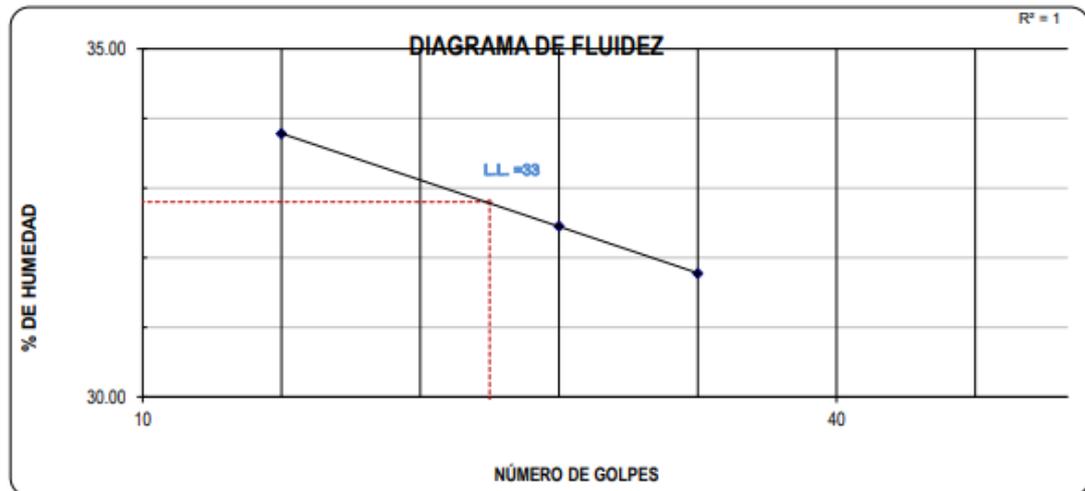
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

ASTM D4318

<b>PROYECTO</b>	:	EFFECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022
<b>SOLICITANTE</b>	:	NAMOT MERCEDES, PAUL FRANK
<b>UBICACIÓN</b>	:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
<b>FECHA</b>	:	MAYO DEL 2022

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Nº de golpes		16	28	34		
Peso tara (gr.)		13.76	14.35	13.84	12.20	13.57
Peso tara + suelo húmedo (gr.)		33.68	33.94	34.12	19.37	20.19
Peso tara + suelo seco (gr.)		28.65	29.14	29.23	18.42	19.28
Humedad %		33.78	32.45	31.77	15.27	15.94
Límites		33.00			16.00	



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**ASTM D2216**

<b>PROYECTO</b>	:	EFEECTO DEL POLVO DE MÁRMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO - 2022
<b>SOLICITANTE</b>	:	NAMOT MERCEDES, PAUL FRANK
<b>UBICACIÓN</b>	:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
<b>FECHA</b>	:	MAYO DEL 2022

**Prof. de Muestreo** : 1.50 m.  
**Calicata / Muestra** : CALICATA C -3 / E-1  
**Estrato** : 0.10 - 1.50 m.

**Análisis Preliminar (Separación)**  
 Tamaño Máximo : N° 04  
 Tamiz Separador : No Requerido

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**D-2216**

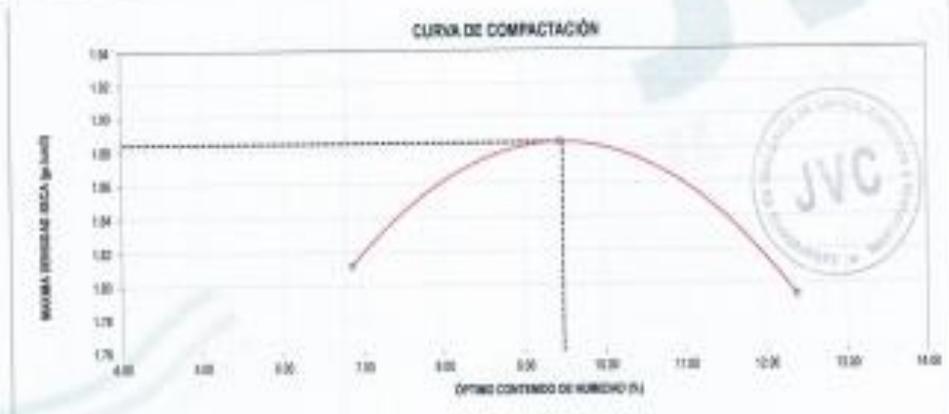
DESCRIPCIÓN	J-15	M-15
Masa de Recipiente (gr.)	114.60	116.70
Masa de Recipiente + Suelo Humedo (gr.)	1,427.30	1,346.50
Masa de Recipiente + Suelo Seco Inicial (gr.)	1,268.25	1,210.63
Masa de Recipiente + Suelo Seco 02 (gr.)	1,265.90	1,208.30
Masa de Recipiente + Suelo Seco Final (gr.)	1265.90	1208.30
Masa de Suelo Seco (gr.)	1,151.30	1,091.60
Masa de Agua (gr.)	161.40	138.20
Contenido de Humedad (%)	14.02	12.66
Clasificación Visual - Manual	CL	CL
<b>Contenido de Humedad Promedio (%)</b>	<b>13.34</b>	



<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES</b>	
<b>ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO PARA CSR</b>	
<b>MÉTODO C</b>	
<b>ASTM D-1557 / ASTM D1983</b>	
PROYECTO:	EFECCIÓN DEL PAVIMENTO DE MÓDULO RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMBIO DE INCREMENTOS DE TRUJILLO - 2021
SOLICITANTE:	SAROT MORALES, PABLO FRANK
UBICACIÓN:	PROVINCIA TRUJILLO - DEPARTAMENTO LA LIBERTAD
FECHA:	MAYO DEL 2022

Muestra:	CAPSULA N°	Volumen:	m <sup>3</sup>		
Presión:	Calibre:	Nota:	m	Muestra N°	1 - 100
N° de Muestra:	C-10-1	Desc:	g	Peso de Muestra (g)	1170
Ubicación:		Desc:	mm	Volumen de Muestra (m <sup>3</sup> )	1.170
				N° de Capas	1
				N° de Capas por mesa	10

MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6
Peso de Suelo Húmedo + Molde (g)	10.81	11.17	11.58			
Peso de Molde (g)	5.74	6.14	6.70			
Peso de Suelo Húmedo (g)	4.10	4.93	4.88			
Densidad (Humedad) (g/cm <sup>3</sup> )	1.94	2.06	2.01			
<b>CAPSLA N°</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>			
Peso de Suelo Húmedo + Capsula (g)	174.2	180.9	187.8			
Peso de Suelo seco + Capsula (g)	161.9	168.9	176.4			
Peso de Agua (g)	12.4	12.1	11.4			
Peso de Capsula (g)	107.9	108.1	110.5			
Peso de Suelo seco (g)	207.1	217.7	217.9			
N de Humedad	6.00	6.48	5.20			
Densidad de Suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.81	1.88	1.79			



Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.884
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.48

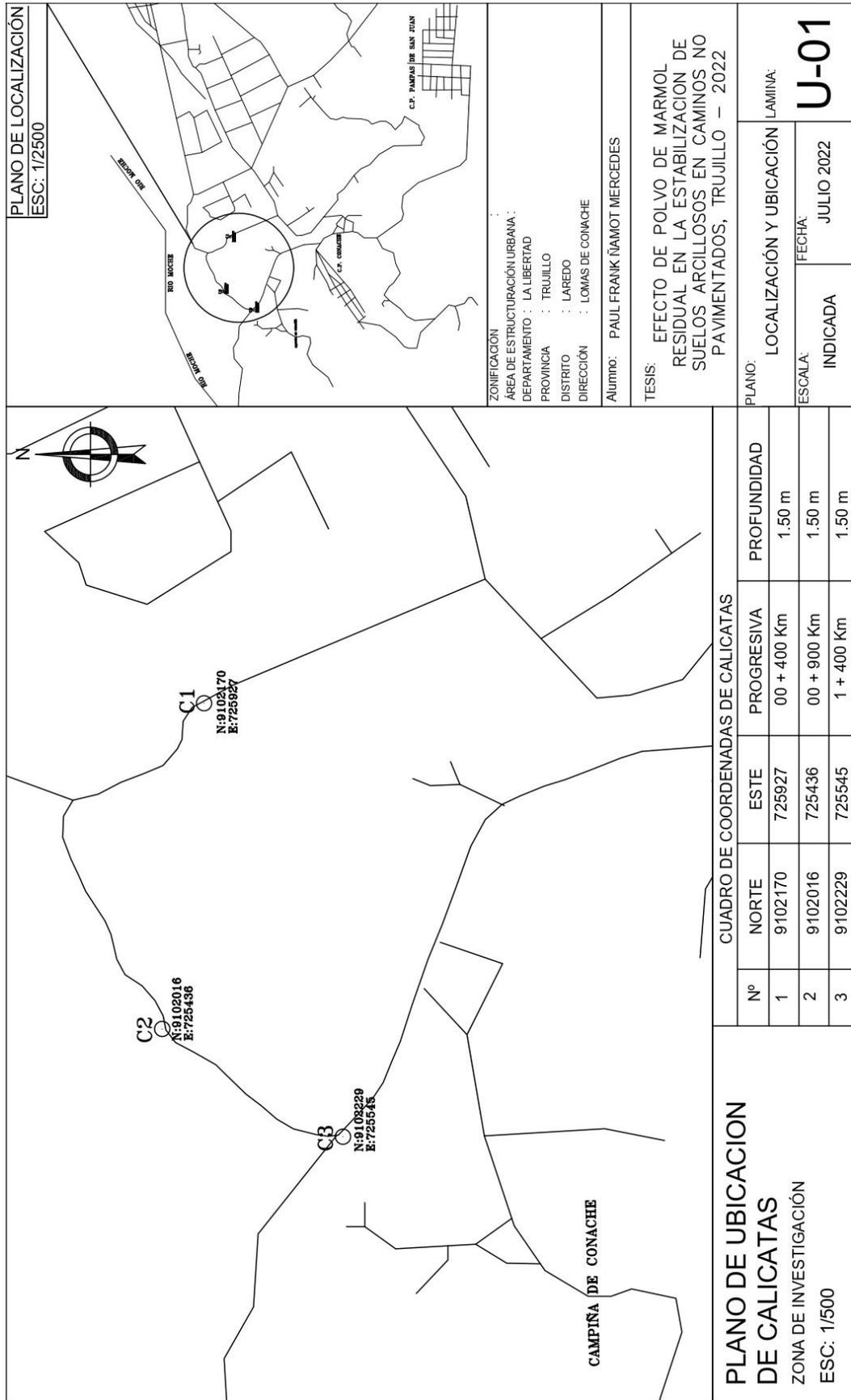
**OBSERVACION:**  
 Muestra no probada e identificada por el cliente

**JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.**  
  
 Ing. Néstor de los Angeles Aguayo Díaz  
 GERENTE GENERAL

  
 Carlos José Ramírez Muñoz  
 Ingeniero Civil  
 C# 148574



### Anexo 3: Plano de localización de calicatas en la zona de estudio



**PLANO DE LOCALIZACIÓN**  
ESC: 1/2500

**ZONIFICACION**  
ÁREA DE ESTRUCTURACIÓN URBANA :  
DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD  
PROVINCIA : TRUJILLO  
DISTRITO : LAREDO  
DIRECCIÓN : LOMAS DE CONACHE

Alumno: PAUL FRANIK ÑAMOT MERCEDES

TESIS: EFECTO DE POLVO DE MARMOL RESIDUAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS, TRUJILLO – 2022

**PLANO:** LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN LAMINA:  
**U-01**

**ESCALA:** INDICADA  
**FECHA:** JULIO 2022

## Anexo 4: Fichas de recolección de datos por juicio experto



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**Ficha de recolección de datos - 1A: Polvo de Mármol**

**TÍTULO:** "Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos en caminos no pavimentados, Trujillo - 2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Ñamot Mercedes, Paul Frank

Fecha: Trujillo, 16 de abril del 2022

**Calificación:** El especialista evaluara con calificativo entre 0 a 10 (Desaprobado); entre 11 a 14 (Mejorar); entre 15 a 17 (Bueno); 18 a 20 (Óptimo)

**Parte B: Dosificación de polvo de mármol (PM) en función al peso del suelo**

Descripción	Dosis	Material Pasante de malla (N°100)	Evaluación de Especialista		
			Evaluable 1	Evaluable 2	Evaluable 3
Patrón	0%	---	18	17	17
P+%PM	5%	Material pasante	18	17	17
P+%PM	10%	Material pasante	18	17	17
P+%PM	15%	Material pasante	18	17	17
P+%PM	20%	Material pasante	18	17	17
Especialista N°1			Bueno	Bueno	Bueno
Especialista N°2			Bueno	Bueno	Bueno
Especialista N°3			Bueno	Bueno	Bueno

**Parte C: Indicador – Cantidad de muestra en función al peso del suelo**

Dosis	Cantidad de muestra (KG)			Peso (KG)	Evaluación de Especialista		
	C-01	C-02	C-03		Evaluable 1	Evaluable 2	Evaluable 3
5%	1.50	1.50	1.50	1.50	Bueno	Bueno	Bueno
10%	3.50	3.50	3.50	3.50	Bueno	Bueno	Bueno
15%	4.00	4.00	4.00	4.00	Bueno	Bueno	Bueno
20%	8.00	8.00	8.00	4.00	Bueno	Bueno	Bueno

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

Evaluable 1	Evaluable 2	Evaluable 3
Apellidos: Medina Carbajal Nombres: Lucio Sigifredo Título: Ingeniero Civil Grado: Magister Gestión Pública N° Reg. CIP: 76695 Firma: 	Apellidos: Panduro Alvarado Nombres: Elka Título: Ingeniero Civil Grado: Magister en Gestión Pública N° Reg. CIP: 70198 Firma:  <small>Elka Panduro Alvarado                      ING. CIVIL INSPECTOR ESPECIALIZADO                      CIP: N° 70198 - RITSE N° 1147</small>	Apellidos: Núñez Velásquez Nombres: Víctor Augusto Título: Ingeniero Civil Grado: Maestría en Gerencia de la Construcción Moderna N° Reg. CIP: 116464 Firma:  <small>Víctor Augusto Núñez Velásquez                      ING. CIVIL                      Reg. C.I.P. 116464</small>

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**Ficha de recolección de datos - 2A: Contenido de humedad**

**TÍTULO:** "Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos en caminos no pavimentados, Trujillo - 2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Ñamot Mercedes, Paul Frank

Fecha: Trujillo, 16 de abril del 2022

**Calificación:** *El especialista evaluará con calificativo entre 0 a 10 (Desaprobado); entre 11 a 14 (Mejorar); entre 15 a 17 (Bueno); 18 a 20 (Óptimo)*

**Parte B: Indicador - Contenido de humedad**

Dosis Especialista	Calificación		
	E- 1	E- 2	E- 3
0%	18	19	19
5%	18	19	19
10%	18	19	19
15%	18	19	19
20%	18	19	19
<b>Nota de especialista</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Óptimo</b>
		<b>Promedio de nota</b>	<b>Óptimo</b>

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO		
Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
Apellidos: Medina Carbajal Nombres: Lucio Sigifredo Título: Ingeniero Civil Grado: Magister Gestión Pública N° Reg. CIP: 76695 Firma: 	Apellidos: Panduro Alvarado Nombres: Elka Título: Ingeniero Civil Grado: Magister en Gestión Pública N° Reg. CIP: 70198 Firma:  Elka Panduro Alvarado ING. CIVIL / INSPECTOR ESPECIALIZADO CIP. N° 70198 - RUTSE N° 1147	Apellidos: Núñez Velásquez Nombres: Víctor Augusto Título: Ingeniero Civil Grado: Maestría en Gerencia de la Construcción Moderna N° Reg. CIP: 116464 Firma:  Víctor Augusto Núñez Velásquez ING. CIVIL REG. C.I.P. 116464

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
Ficha de recolección de datos- 2B: Límites de Atterberg**

**TÍTULO:** "Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos en caminos no pavimentados, Trujillo - 2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Ñamot Mercedes, Paul Frank

Fecha: Trujillo, 16 de abril del 2022

**Calificación:** El especialista evaluará con calificativo entre 0 a 10 (Desaprobado); entre 11 a 14 (Mejorar); entre 15 a 17 (Bueno); 18 a 20 (Óptimo)

**Parte B: Indicador – Límites de Atterberg**

Dosis Especialista	Calificación de muestras		
	E- 1	E- 2	E- 3
0%	18	17	17
5%	18	17	17
10%	18	17	17
15%	18	17	17
20%	18	17	17
<b>Especialista N°1</b>	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Especialista N°2</b>	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Especialista N°3</b>	Bueno	Bueno	Bueno
		<b>Promedio de nota</b>	<b>Bueno</b>

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO		
Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
Apellidos: Medina Carbajal Nombres: Lucio Sigifredo Título: Ingeniero Civil Grado: Magister Gestión Pública N° Reg. CIP: 76695 Firma: 	Apellidos: Panduro Alvarado Nombres: Elka Título: Ingeniero Civil Grado: Magister en Gestión Pública N° Reg. CIP: 70198 Firma:  Elka Panduro Alvarado ING. CIVIL INSPECTOR ESPECIALIZADO CIP. N° 70198 - RUTSE N° 1147	Apellidos: Núñez Velásquez Nombres: Víctor Augusto Título: Ingeniero Civil Grado: Maestría en Gerencia de la Construcción Moderna N° Reg. CIP: 116464 Firma:  Víctor Augusto Núñez Velásquez ING. CIVIL REG. C.I.P. 116464

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**Ficha de recolección de datos – 2D: Próctor Modificado**

**TÍTULO:** "Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos en caminos no pavimentados, Trujillo - 2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Ñamot Mercedes, Paul Frank

Fecha: Trujillo, 16 de abril del 2022

**Calificación:** *El especialista evaluara con calificativo entre 0 a 10 (Desaprobado); entre 11 a 14 (Mejorar); entre 15 a 17 (Bueno); 18 a 20 (Óptimo)*

**Parte B: Indicador – Próctor Modificado – Máxima densidad seca**

Dosis Especialista	Resultados de muestras		
	E 1	E 2	E 3
0%	18	17	17
5%	18	17	17
10%	18	17	17
15%	18	17	17
20%	18	17	17
Especialista N°1	Bueno	Bueno	Bueno
Especialista N°2	Bueno	Bueno	Bueno
Especialista N°3	Bueno	Bueno	Bueno
		Promedio de nota	Bueno

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO		
Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
Apellidos: Medina Carbajal Nombres: Lucio Sigifredo Título: Ingeniero Civil Grado: Magister Gestión Pública N° Reg. CIP: 76695 Firma: 	Apellidos: Panduro Alvarado Nombres: Elka Título: Ingeniero Civil Grado: Magister en Gestión Pública N° Reg. CIP: 70198 Firma:  <small>Elka Panduro Alvarado ING. CIVIL INSPECTOR ESPECIALIZADO CIP: N° 70198 - RUTSE N° 1147</small>	Apellidos: Núñez Velásquez Nombres: Víctor Augusto Título: Ingeniero Civil Grado: Maestría en Gerencia de la Construcción Moderna N° Reg. CIP: 116464 Firma:  <small>Víctor Augusto Núñez Velásquez ING. CIVIL Reg. C.I.P. 116464</small>

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

**Ficha de recolección de datos - 2C: California Bearing Ratio CBR**

**TÍTULO:** "Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos en caminos no pavimentados, Trujillo - 2022"

**Parte A: Datos generales**

Tesista 01: Namot Mercedes, Paul Frank

Fecha: Trujillo, 16 de abril del 2022

**Calificación:** *El especialista evaluará con calificativo entre 0 a 10 (Desaprobado); entre 11 a 14 (Mejorar); entre 15 a 17 (Bueno); 18 a 20 (Óptimo)*

**Parte B: Indicador – California Bearing Ratio CBR al 95% con 0.1" de penetración**

Dosis Especialista	Calificación de ensayo		
	E 1	E 2	E 3
0%	18	17	17
8%	18	17	17
12%	18	17	17
16%	18	17	17
20%	18	17	17
Especialista N°1	Bueno	Bueno	Bueno
Especialista N°2	Bueno	Bueno	Bueno
Especialista N°3	Bueno	Bueno	Bueno
		Promedio de nota	Bueno

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO		
Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3
Apellidos: Medina Carbajal Nombres: Lucio Sigifredo Título: Ingeniero Civil Grado: Magister Gestión Pública N° Reg. CIP: 76695 Firma: 	Apellidos: Panduro Alvarado Nombres: Elka Título: Ingeniero Civil Grado: Magister en Gestión Pública N° Reg. CIP: 70198 Firma:  <small>Elka Panduro Alvarado ING. CIVIL INSPECTOR ESPECIALIZADO CIP: N° 70198 - RUTSE N° 1147</small>	Apellidos: Núñez Velásquez Nombres: Víctor Augusto Título: Ingeniero Civil Grado: Maestría en Gerencia de la Construcción Moderna N° Reg. CIP: 116464 Firma:  <small>Víctor Augusto Núñez Velásquez ING. CIVIL Reg. C.I.P. 116464</small>

## Anexo 5: Fotografías de informe de tesis



Elaboración de calicata N1 en la zona de estudio



Elaboración de calicata N2 en la zona de estudio



Elaboración de calicata N3 en la zona de estudio



Granulometría de materia terrosa de estudio



Contenido de humedad de la muestra natural de suelo



Granulometría de materia terroso de estudio



Granulometría de polvo de mármol



Estudio de material mármol



Polvo de mármol

## Anexo 6: Reporte de Turnitin

21%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	13%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	Repositorio.Unap.Edu.Pe Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="http://europub.co.uk">europub.co.uk</a> Fuente de Internet	<1%
11	<a href="http://www.canarios.freehomepage.com">www.canarios.freehomepage.com</a> Fuente de Internet	<1%
12	<a href="http://digi.library.tu.ac.th">digi.library.tu.ac.th</a> Fuente de Internet	<1%



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ASCOY FLORES KEVIN ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos en caminos no pavimentados, Trujillo", cuyo autor es ÑAMOT MERCEDES PAUL FRANK, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 12 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ASCOY FLORES KEVIN ARTURO <b>DNI:</b> 46781063 <b>ORCID:</b> 0000-0003-2452-4805	Firmado electrónicamente por: KASCOY el 12-11- 2022 09:07:16

Código documento Trilce: TRI - 0438978