



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de  
la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco –  
Moquegua 2022

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

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Pino Sánchez, Sandra Paola (orcid.org/0000-0001-6406-751X)

**ASESOR:**

Dr. Benites Zuñiga, Jose Luis (orcid.org/0000-0003-4459-494X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

En este proyecto de investigación agradezco a Dios, por iluminarme cada día de mi vida.

A mi madre, abuelos y tíos por darme todo el apoyo, cariño y la orientación necesaria en toda la formación académica.

A mi novio por ser mi motivación para lograr uno de mis sueños más anhelados.

A todos nuestros docentes de la universidad Cesar Vallejo en especial al docente Benites Zúñiga, Jose Luis por guiarme en todo el desarrollo de la tesis.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia con lo cual estoy muy agradecido por su apoyo incondicional que siempre han tenido en mí.

Agradezco a mi familia por ser el motivo de inspiración, por su apoyo, por los consejos y valores que me han enseñado en el transcurso de mi vida.

Agradezco a mi asesor Benites Zuñiga, Jose Luis y a la universidad "cesar vallejo" por darme la oportunidad de haber cumplido una de mis metas más soñadas.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	20
3.1. Tipo y diseño de la investigación .....	20
3.2. Variables y operacionalización .....	21
3.3. Población, muestra, muestreo .....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
3.5. Procedimientos .....	25
3.6. Método de análisis de datos .....	29
3.7. Aspectos éticos .....	29
IV. RESULTADOS .....	30
V. DISCUSIÓN .....	46
VI. CONCLUSIONES .....	50
VII. RECOMENDACIONES .....	52
REFERENCIAS .....	53

## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de suelos por tamaño de partículas .....	15
Tabla 2. Especificaciones para la prueba de Proctor estándar .....	17
Tabla 3. Especificaciones para la prueba de Proctor modificado.....	18
Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos .....	24
Tabla 5. Shapiro-Wilk, prueba de normalidad límites de consistencia. ....	38
Tabla 6. Shapiro-Wilk, prueba de normalidad proctor modificado. ....	39
Tabla 7. Shapiro-Wilk, prueba de normalidad CBR.....	40
Tabla 8. Correlación r de Pearson para la plasticidad del suelo.....	41
Tabla 9. Correlación r de Pearson para el proctor modificado. ....	43
Tabla 10. Correlación r de Pearson para la capacidad de soporte del suelo CBR. .....	44

## Índice de figuras

Figura 1. Polvo de piedra triturada en cantera .....	13
Figura 2. Relación de porcentaje de arenas vs finos para determinar dosificaciones .....	13
Figura 3. Formula de contenido de humedad.....	14
Figura 4. Límites de Atterberg.....	16
Figura 5. Esquema del equipo para medir el CBR .....	19
Figura 6. Exploración en campo.....	26
Figura 7. Apertura de calicata C-01.....	26
Figura 8. Apertura de calicata C-02.....	26
Figura 9. Apertura de calicata C-03.....	27
Figura 10. Apertura de calicata C-04.....	27
Figura 11. Apertura de calicata C-05.....	27
Figura 12. Mapa político del Perú.....	30
Figura 13. Mapa político del Departamento de Moquegua.....	30
Figura 14. Mapa de la provincia Mariscal Nieto.....	31
Figura 15. Mapa del distrito de Moquegua.....	31
Figura 16. Ensayos de límite de consistencia.....	32
Figura 17. Taras con muestras dosificadas al 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.....	32
Figura 18. Resultados de la evaluación del índice de plasticidad con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.....	33
Figura 19. Proctor modificado muestra en estado natural.....	34
Figura 20. Mezcla de muestra + polvo de piedra triturada + humedad óptima.....	34
Figura 21. Densidad máxima seca con La incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.....	35
Figura 22. Contenido de la humedad optima con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.....	35
Figura 23. Ensayo de CBR.....	36
Figura 24. Muestra CBR con La incorporación del 5%, 10% y 20% de Polvo de Piedra Triturada.....	36

Figura 25. Resultados de la evaluación CBR con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.....	37
Figura 26. Variación del índice de plasticidad.....	46
Figura 27. Comparación del proctor modificado .....	47
Figura 28. Comparación del CBR.....	48

## Resumen

En el presente proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición del polvo de piedra triturada en las propiedades de la subrasante de la avenida Francisco Falman. El tipo de investigación es aplicada, el enfoque es de carácter cuantitativo, el diseño de la investigación es cuasi experimental, el nivel de la investigación es explicativa, la población son las 17 cuadras de la avenida, la muestra es desde la cuadra 15 a la cuadra 27 por el tramo I de 1.32Km de vía, el muestreo es no probabilístico, la técnica es la observación directa y los instrumentos son los formatos que se utilizaran en el laboratorio.

Los resultados obtenidos, mejora del índice de plasticidad del suelo de 16.28% en estado natural a 6.60% de la muestra más el 20% de polvo de piedra triturada; en el proctor modificado evidencia la mejora de la densidad máxima de 1.885 gr/cm<sup>3</sup> en estado natural a 2.214 gr/cm<sup>3</sup> de la muestra más 20% de PPT, finalmente el CBR es 11.40% en estado natural y 19.60% más el 20% de PPT. En conclusión, el polvo de piedra triturada mejora significativamente las propiedades físico mecánicas del suelo de la avenida Francisco Falman.

**Palabras clave:** Subrasante, polvo de piedra triturada, estabilizar.



## **Abstract**

In the present research project, the objective was to evaluate the effect of the addition of crushed stone powder on the properties of the subgrade of Francisco Falman avenue. The type of research is applied, the approach is quantitative, the research design is quasi-experimental, the level of research is explanatory, the population is the 17 blocks from the avenue, the sample is from the 15th block to the block 27 by section I of 1.32 km of road, the sampling is not probabilistic, the technique is direct observation and the instruments are the formats that will be used in the laboratory.

The results obtained, improvement of the plasticity index of the soil from 16.28% in the natural state to 6.60% of the sample plus 20% of crushed stone dust; in the modified proctor, it shows the improvement of the maximum density from 1,885 gr/cm<sup>3</sup> in the natural state to 2,214 gr/cm<sup>3</sup> of the sample plus 20% of PPT, finally the CBR is 11.40% in the natural state and 19.60% plus 20% of PPT. In conclusion, the crushed stone powder significantly improves the physical-mechanical properties of the soil on Francisco Falman Avenue.

**Keywords:** Subgrade, crushed stone powder, stabilize.

## I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de países de Latinoamérica, predomina, de manera muy notoria, una falta de infraestructura vial, en general, resalta la ausencia de vías pavimentadas en las intercomunicaciones regionales, alcanzando un total de 141,603.00 km de caminos y vías sin pavimentar. La inestabilidad de los suelos, que se puede identificar en proyectos de infraestructura vial, son causados por una variedad de factores, alguno de los principales, está referido en la gran variedad de materiales componentes de los suelos y que intervienen directamente en los fenómenos geológicos, otro de los factores se puede señalar en la gran variedad de componentes del suelo, esto conlleva a la falta de caracterización de los tipos de suelo por sus propiedades mecánicas, físicas y químicas. En países como Ecuador, Colombia, Chile, Argentina y Uruguay, se ha identificado que los daños asociados a los suelos, dentro de la infraestructura vial, están asociados a la falta de identificación de las propiedades especiales de los mismos. (Noriega, Vives & Muñoz, 2020, p. 2)

A nivel nacional se ha demostrado que el suelo inestable puede causar serios problemas con la estructura del pavimento, se han realizado décadas de intentos para mejorar estos suelos usando una variedad de técnicas de estabilización como cal, cemento, productos asfálticos y cloruro de sodio, etc. Al mismo tiempo, si el suelo existente que conforma la capa de la subrasante no garantiza la estabilidad y durabilidad que geotécnicamente garantiza el comportamiento de la estructura del pavimento, se opta por dos opciones, la primera es de sustituir la capa completa del suelo por un material de relleno que, si garantice la estabilidad, y la segunda, estabilizar el suelo utilizando un material aditivo que mejore sus propiedades físicas y mecánicas. (Linares, Aguilar & Rojas, 2020, p. 34)

En el distrito de Moquegua, específicamente en el centro poblado de San Francisco, los suelos fundamentales están conformados por suelo de relleno y gravas angulosas, limos inorgánicos y arenas finas, adicionalmente a estas características, existen zonas en las que gran parte del contenido de las muestras de suelo son arcillas que presentan características expansivas, todo esto conlleva a que las

propiedades del suelo sean inestables, y en la mayoría de casos deficientes para la ejecución de cualquier proyecto de infraestructura vial, esto conllevado que en la mayoría de proyectos ejecutados en la zona, se ha desechado la capa de suelo correspondiente a la subrasante, y se ha remplazado por un suelo de relleno. La presente investigación lo que pretende es plantear una solución, mediante la estabilización de suelos, que permita el uso de la capa de suelo de la subrasante natural en la implementación de proyectos de infraestructura vial en la zona.

En base a lo descrito anteriormente, se puede identificar los problemas de estudio, como problema general se tiene: ¿Cuál es el efecto de la adición del polvo de piedra triturada en las propiedades de la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022?, de la misma forma con relación a los problemas específicos se plantean los siguiente: ¿Cuáles son los efectos del polvo de piedra triturada sobre los límites de consistencia del suelo de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua?, ¿Cuál es la influencia del polvo de piedra triturada sobre el proctor modificado de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua? Y ¿Cuál es la influencia del polvo de piedra triturada sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua?

De igual manera, se plantean como justificantes de la investigación, a nivel teórico se busca implementar una metodología novedosa en la estabilización de suelos, la implementación del polvo de piedra triturada en perfeccionar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del terreno, es un tema que no se describe en ninguna normativa nacional, bajo el mismo criterio a nivel de la región Moquegua no se han desarrollado estudios de este material. A nivel práctico, la presente investigación pretende aportar los conocimientos suficientes para el uso del polvo de piedra triturada, proveniente de las canteras de piedra chancada de la zona, para perfeccionar las características mecánicas y físicas del terreno a nivel de la subrasante, en los proyectos de infraestructura vial del centro poblado de San Francisco en la región Moquegua, como solución a la inestabilidad y las

características físico mecánicas deficientes del material predominante en la zona de estudio.

A nivel social, los centros poblados de la región Moquegua experimentan un crecimiento exponencial, y la población demanda servicios de calidad, esta investigación permitirá plantear opciones de solución alternativas, a la inestabilidad del terreno, a nivel de propiedades mecánicas y físicas, en proyectos de infraestructura vial, esto ayudará a que se planteen alternativas y se generen obras de pavimentación que mejoren la transitabilidad en el área de estudio. A nivel metodológico, se plantea el uso de un material novedoso en el perfeccionamiento de las propiedades del suelo, el uso del polvo de piedra triturada en la estabilización de suelos presenta alternativas de solución a las tradicionales que pueden tener un impacto significativo en la aplicación de procedimientos modernos para la estabilización de los suelos.

Los objetivos planteados en el presente estudios son los siguientes, como objetivo general se tiene: Evaluar el efecto de la adición del polvo de piedra triturada en las propiedades de la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022, además los objetivos específicos son: Identificar los efectos del polvo de piedra triturada sobre los límites de consistencia del suelo de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua, determinar la influencia del polvo de piedra triturada sobre el proctor modificado de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua. Y determinar la influencia del polvo de piedra triturada sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

Finalmente se determinó las hipótesis de investigación, la hipótesis principal indica que: la adición del polvo de piedra triturada mejora significativamente las propiedades de la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022”, las hipótesis específicas mencionan que: El polvo de piedra triturada mejora significativamente límites de consistencia del suelo, con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San

Francisco – Moquegua; el polvo de piedra triturada influye significativamente sobre el proctor modificado con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua y El polvo de piedra triturada influye significativamente sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

## II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes nacionales consultados para el presente estudio indican: Pinto (2021), planteo como objetivo identificar como la incorporación de desechos plásticos reciclados (PET) ayudara en mejorar las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Cusco-Quillabamba, 2021, propuso una investigación aplicada bajo un enfoque cualitativo, la población de la investigación estuvo constituida por los suelos de la vías existentes del distrito de Huayopata, provincia de la Convención, región del Cusco; bajo este criterio la muestra estuvo dada por la subrasante correspondiente al suelo de la vía Cusco-Quillabamba, para el tramo dentro de la progresiva KM84+400 a 85+400; la ficha técnica y guía de observación, fueron los instrumentos aplicados en el estudio. Como resultados, se obtuvo que la muestra de suelo más el PET con dosificaciones del 12% y 15% obtuvieron su humedad optima al 11.76%, 9.78% y 11.10%, y la densidad máxima seca de 2.012g/cm<sup>3</sup> y 2.079g/cm<sup>3</sup> respectivamente. La capacidad de carga del suelo (CBR) inicial fue de 2.3%, 3.4% y 4.2%, y el valor incrementado con la aplicación del PET fue de 4.8%, 5.3% y 5.1% respectivamente. En conclusión, la incorporación del PET ayuda a mejorar las características físico mecánicas del terreno, y por lo evaluado el porcentaje de PET adecuado para la estabilización de suelos es del 15% a nivel de subrasante.

Bartolo, Domínguez (2021) cuyo objetivo fue identificar la influencia de la ceniza de residuos orgánicos y aditivo químico en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental de Chorrillos-Lima, 2021. El estudio se trabajó bajo una metodología experimental y aplicada, de nivel explicativo, el universo de estudio se centro en 1.5 KM de Av. Cordillera occidental del distrito de Chorrillos, la muestra delimitada en la investigación estuvo dada por 848.5 m de la Av. Cordillera Occidental del distrito de Chorrillos; la encuesta y la observación fueron los instrumentos aplicados. Como resultados principales se obtuvo que, el valor del CBR inicial en las muestras analizadas fue de 3.90% para el suelo en estado natural, se adiciono 2%, 4% y 7% de aditivo químico a la muestra de suelo, obteniendo valores de CBR de 5.70%, 9.70% y 6.20% respectivamente, además para la adición de ceniza de residuos orgánicos, las dosificaciones fueron de 6%,

8% y 10% de incrementando el valor del CBR de un estado natural a 15%, 18.80% y 15.20%. Como conclusión, tanto con cenizas de residuos orgánicos como con aditivos químicos se obtienen resultados positivos, se mejoran sus propiedades físicas, se mejora la capacidad portante, y este tipo de suelo estabiliza el subsuelo.

Bajo el criterio anterior, los antecedentes internacionales consultados indican: García, Morales (2021), planteo como objetivo, evaluar y contrastar el comportamiento de las características físicas y mecánicas de un terreno arcilloso expansivo, con adición de cascara de huevo y cal, comparando diferentes porcentajes de estos; el tipo de estudio fue aplicado con una metodología por fases; los resultados obtenidos fueron, con base en las pruebas de límite de consistencia realizadas (límite líquido, límite plástico), se pudo observar que al agregar el CHP y cal redujo el índice plástico del suelo en estudio. Los mejores resultados de IP se obtuvieron de la muestra con 4,5 añadidos. Cal y 1% de huevo, IP 22. Considerando el comportamiento de cada aditivo, el CHP no es tan efectivo como la cal, pero también vale la pena aclarar que un porcentaje particular de CHP es menor que el porcentaje de cal. Esto complementa a la cal en el sentido de que reduce la IP del suelo.

Duque, Vásquez, Orrego (2019) se planteó como objetivo general la evaluación del cemento como aditivo estabilizador en el suelo de la Vía Llanos Grande, jurisdicción de la ciudad de Pereira-Risaralda; desarrolla un tipo de estudio exploratorio experimental, bajo un enfoque cuantitativo; al evaluar los resultados de la investigación se dieron en cuatro etapas, en primer lugar la toma de muestras, después se ha aplicado el estudio experimental, para en lo posterior pasar a la estabilización con cemento y finalmente el diseño. Después de realizar pruebas de compresión de cilindros de suelo-cemento, se concluyó que la tasa a la que se logró optimizar la capacidad de resistencia fue del 13%. A 75°, los ejemplares de terreno optimizado a este ritmo mejoraron más del 100 %, con en soporte a esfuerzos más bajo alcanzada de 19 tn/m<sup>2</sup> y la más alta en 149 tn/m<sup>2</sup>.

Los artículos de esta investigación según Ospina, Chaves, Jiménez (2020), en este estudio, se investiga el comportamiento de la mezcla arcilla-suelo a través de la

incorporación controlada de desecho de acero en comparación con el estándar de calidad de la subrasante de la carretera. El análisis de la estabilización del suelo con escoria siderúrgica y arcilla, se evaluó mediante un control estricto de dosificaciones que se incrementó gradualmente a razón de 25%, 50% y 75% de muestra que pasa por el tamiz N°4. Los resultados muestran que los desechos de la industria siderúrgica (acero), actúa sobre la muestra de suelo, se consiguió bajar el índice de plasticidad de la muestra al 0%, y se incrementó el CBR en un 78.92%. como conclusión, se logró una mejora en las propiedades físico mecánicas del suelo adicionando escoria de acero a la muestra, se redujo la plasticidad y se incrementó la capacidad de resistencia del mismo para una dosis recomendada de 25%.

Rivera, Guerrero, Mejía de Gutiérrez, Orobio (2020) indica que el creciente interés en desarrollar alternativas al uso masivo de materiales tradicionales a base de cemento en aplicaciones de geingeniería se debe, en gran parte, a los desafíos ambientales y el gasto relacionado con este tipo de aplicación. El cemento alcalino ha demostrado ser una de las alternativas más sostenibles, especialmente por su bajo consumo energético y teóricamente, mínimas emisiones de CO<sub>2</sub> en su producción. Este estudio, muestra las últimas tecnologías en diversos materiales utilizados tradicionalmente para la estabilización química de suelos, la implementación de cementos alcalinos activados, su viabilidad técnica, los impactos ambientales relacionados y aquí hay una descripción general de los artículos públicos sobre los desafíos resultantes. Se concluye que los estudios sobre la aplicación del cemento alcalino activado, en las metodologías de estabilización de suelos, han sufrido un incremento significativo a lo largo del tiempo, especialmente debido al potencial uso de algunos residuos o subproductos como precursores del cemento, con lo que se consumen recursos naturales, minimizando la cantidad de energía. Pero, no todos los residuos subproductos del cemento tienen la calidad, cantidad y homogeneidad suficientes para su uso masivo en la mayoría de países, lo que permite implementar la tecnología respetando los estándares de calidad. Esto significa que es necesario identificar una fuente local viable para el precursor a utilizar.



Serrano, Padilla (2018), tiene como objetivo recoger los principales resultados sobre los cambios en las propiedades del sustrato provocados por la incorporación de fibras naturales y sintéticas para obtener un aporte que justifique su aplicación en proyectos reales. Se aplicó una metodología de estudio bibliográfico relacionada con el aumento positivo de las características de la subrasante con polímeros, además de la evaluación, síntesis y discusión de resultados de cambios en sus propiedades mecánicas. Los resultados obtenidos fueron, el 65% de los estudios realizados corresponden a proyectos sobre cambios en la resistencia al corte. El 30% se centran en estudios centrados en investigar la respuesta a la tracción cuando se trabaja con fibras poliméricas. Otro 5% estima las características como la fatiga y la resistencia a la tracción axial. En conclusión, existe un incremento significativo en la capacidad de carga, esto depende del tipo o material mezclado con tierra o cemento.

Phantachang, Phansri, Nopphan, Chunuan, Wongchinda (2019), the study investigates the improvement in subgrade capacity and shear strength of well-graded sand with the soil layer on top and placement of geotextiles at different depths in L/2, 3L/4 and L/4 were made. Laboratory tests are performed on unforced and reinforced compacted soil samples. The two types of silver sand samples were collected from the road construction project (National Highway No. 118, Chiang Mai to Chiang Rai Province). Laboratory tests include basic and engineering properties. Soaked and non-soaked California Bearing Ratio (CBR) tests and Compression Tests (UCS) are conducted. The results showed that the load capacity increases significantly with the geotextile reinforcement. From the CBR test results, the non-manufactured CBR for non-stressed samples is 5.13% and the CBR value is found to increase in geotextile reinforced soil samples by 27%, 30% and 27%. (Soil 1) and the unharvested CBR of soil 2 are 12.00%, which increase by 27%, 77% and 67% respectively. Therefore, soil performance in CBR can be improved by using reinforced geotextile. The search for this research work may be useful in considering the increase in the resistance capacity of the soil for the design of the pavement and it must be founded and for a similar type of soil available. Asimismo, el documento traducido al español menciona lo siguiente, el estudio investiga la mejora en la capacidad de la subrasante y la resistencia a la cizalladura de arena bien graduada

con la capa del suelo en la parte superior y la colocación de geotextiles a diferentes profundidades en L/2, 3L/4 y L/4 se realizaron. Se realizan pruebas de laboratorio en muestras de suelo compactado no forzadas y reforzadas. Los dos tipos de muestras de arena plateada se recogieron del proyecto de construcción de carreteras (carretera nacional No 118, Chiang Mai a la provincia de Chiang Rai). Las pruebas de laboratorio incluyen propiedades básicas y de ingeniería. Se llevan a cabo pruebas de relación de cojinete de California (CBR) empapadas y no empapadas y pruebas de compresión (UCS). Los resultados demostraron que la capacidad de carga aumenta significativamente con el refuerzo geotextil. A partir de los resultados de las pruebas de CBR, el CBR no fabricado para muestras no forzadas es del 5,13% y el valor de CBR se encuentra que aumenta en muestras de suelo reforzado geotextil en un 27%, 30% y 27% (Suelo 1) y el CBR no cosechado del suelo 2 son del 12,00%, que aumentan en un 27%, 77% y 67% respectivamente. Por lo tanto, el rendimiento del suelo en CBR puede ser mejorado usando geotextil reforzado. La búsqueda de este trabajo de investigación puede ser útil para plantear el aumento de la capacidad de resistencia del suelo para el diseño del pavimento y debe cimentarse y para un tipo similar de suelo disponible.

Farooq, Mir (2021), the results of the tests to evaluate the effect of the use of non-biodegradable residual rubber powder in soft soils as an additive. The behavior of the soil has been characterized by CBR as the intention is to use the soil in situ after the inclusion of the residual rubber material in road subgrades so that the need to transport good soil from loan quarries is eliminated. This will result in economic and environmental benefits. A series of CBR studies were carried out on soil using the inclusion of non-biodegradable waste material. Non-biodegradable rubber powder residues are added to the soil in different percentages: 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8% and 10% of the dry weight of the soil. The experimental program carried out consists of investigating the effect of non-biodegradable waste material on the CBR values of soil sub gradation. The results obtained showed that the incorporation of non-biodegradable waste material improved the CBR properties of the soil. The optimum value of rubber powder that can be added to the soil is found to be 7% of the dry weight of the soil. The further increase in rubber power after 7% resulted in a decrease in CBR value. Asimismo,

el documento traducido al español menciona lo siguiente, los resultados de las pruebas para evaluar el efecto del uso de polvo de caucho residual no biodegradable en suelos blandos como aditivo. El comportamiento del suelo ha sido caracterizado por CBR ya que la intención es utilizar el suelo in situ después de la inclusión del material de caucho residual en subrasantes de carretera para que se elimine la necesidad de transportar un buen suelo de canteras de préstamo. Esto redundará en beneficios económicos y ambientales. Una serie de estudios de CBR se llevaron a cabo en el suelo utilizando la inclusión de material de desecho no biodegradable. Los residuos no biodegradables de caucho en polvo se añaden al suelo en diferentes porcentajes: 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8% y 10% del peso seco del suelo. El programa experimental realizado consiste en investigar el efecto del material de desecho no biodegradable sobre los valores de CBR de la su gradación del suelo. Los resultados obtenidos mostraron que la incorporación de material de desecho no biodegradable mejoró las propiedades de CBR del suelo. El valor óptimo del polvo de caucho que se puede añadir al suelo se descubre que es el 7% del peso seco del suelo. El aumento adicional de la potencia de caucho después del 7% dio lugar a una disminución del valor del CBR.

Majumder, Venkatraman (2021), pavement performance is largely attributed to the quality of the base course and sub-base. The shrinkage and swelling characteristics of BC soils are the biggest challenge in highway projects. In recent years, many engineers had tried to stabilize the subgrade using different materials such as lime, fly ash, brick dust mix, etc. In the present study an attempt has been made to investigate the use of hydrated lime to meet the CBD criteria set by the Ministry of Road Transport and Highways, Government of India. The BC soil collected from the different sites in the Maharashtra region has been tested for suitability as a soil stabilizing material. It was found to be unsuitable as it has a very low CBR value as well as high plasticity. To improve, lime has been added to examine the strength and deformation criteria of the flexible pavement subgrade material. The modification in the flexible pavement design due to the use of the lime-treated subgrade has been studied with the use of IIT Pave software. The thickness of the stabilized subbase layer has been designed according to the different doses of lime

for different CBR values. Asimismo, el documento traducido al español menciona lo siguiente, el rendimiento del pavimento se atribuye en gran medida a la calidad de la capa base y subbase. Las características de contracción e hinchazón de los suelos BC son el mayor reto en proyectos de carreteras. En los últimos años muchos ingenieros habían intentado estabilizar la subrasante usando diferentes materiales como cal, ceniza, mezcla de polvo de ladrillo, etc. En el presente estudio se ha intentado investigar el uso de cal hidratada para cumplir con el criterio de la CDB establecido por el Ministerio de Transporte por Carretera y Carreteras del Gobierno de la India. El suelo BC recolectado de los diferentes sitios de la región de Maharashtra ha sido probado para la idoneidad como material estabilizador del suelo. Se encontró que no es adecuado, ya que tiene un valor muy bajo de CBR, así como alta plasticidad. Para mejorar, se ha añadido cal para examinar la resistencia y el criterio de deformación del material subgradual del pavimento flexible. La modificación en el diseño de pavimento flexible debido al uso de la subrasante tratado con cal se ha estudiado con el uso de software IIT Pave. El espesor de la capa estabilizada de subbase se ha diseñado según las diferentes dosis de cal para diferentes valores de CBR.

En el estudio aquí planteado se analizaron 2 variables de investigación, “Polvo de piedra triturada” y “estabilización de la subrasante”, se revisaron diferentes fuentes bibliográficas para establecer los enfoques conceptuales de las dimensiones y sus indicadores.

La teoría del polvo de piedra triturada, se considera un material de desecho en las canteras piedra chancada, es el producto residual de la trituración de piedras de mayor tamaño, para la obtención de los agregados. La trituración de piedra se da en 3 fases: primaria, secundaria y terciaria. La primera fase se completa con una trituradora de mandíbula, la trituradora de mandíbula se mueve alternativamente con respecto a la placa fija y rompe la roca en pequeños pedazos hasta que penetra desde el fondo de la piedra triturada (Marulanda, 2018, p. 252). En el proyecto de investigación aquí presentado, el polvo de piedra triturada se obtendrá de la cantera municipal, aquel material de residuo que se obtiene del procesamiento de la piedra de diámetro superiores para convertirlos en agregado grueso, y que se considera

material de desecho ya que no se le otorga usos adicionales, este polvo de piedra triturada se procesará en laboratorio, y se utilizara como un aditivo para el incremento positivo de las características mecánicas y físicas de la subrasante en la avenida Francisco Falman del el centro poblado San Francisco.



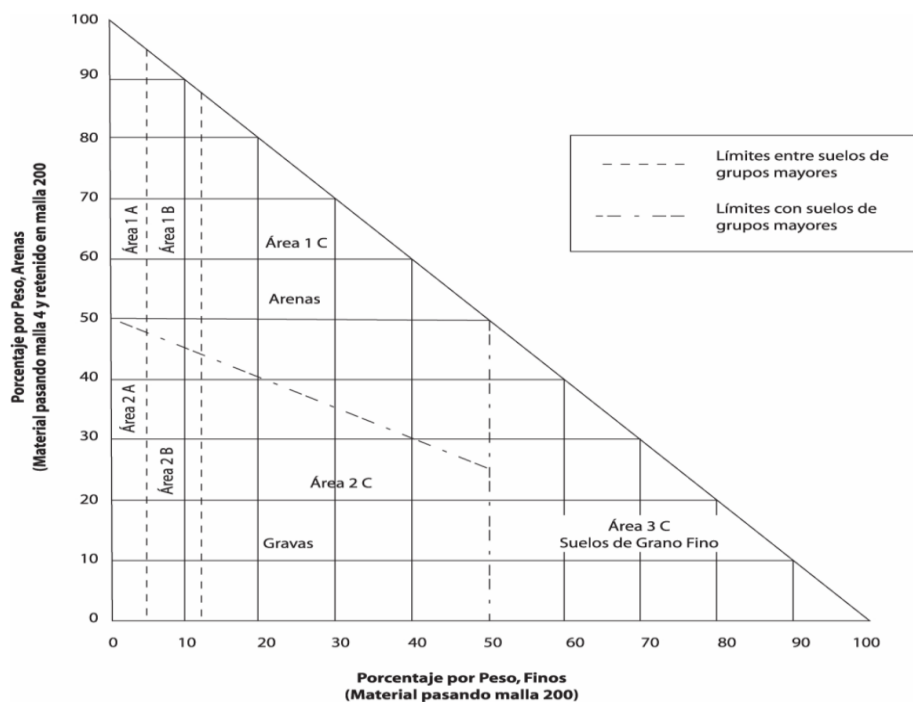
*Figura 1.* Polvo de piedra triturada en cantera

Fuente: Materiales de construcción (Marulanda, 2018)

La estabilización de la subrasante, en términos simples, engloba los procedimientos para perfeccionar las propiedades físico mecánicas del terreno. Para la estabilización de la subrasante, se realiza de un cambio en las características del terreno en campo. La incorporación de un agente externo o un proceso físico, para la alteración de las propiedades del terreno, se considera una metodología de estabilización. Un procedimiento de estabilización mecánica generalmente se da cuando se adiciona un porcentaje de agua sobre el suelo y se lo compacta a un grado determinado, cuando el porcentaje de humedad en el suelo, se incrementa gradualmente y la energía de compactación es la mismas, se alcanza el grado máximo. La razón principal de este fenómeno es que el agua actúa como un agente lubricante entre las partículas del terreno, y genera la redistribución y organización de las partículas sólidas a un estado de mayor densidad (Braja Das, 2017, p.722). La subrasante de la avenida Francisco Falman en el centro poblado de San Francisco, se asume que no cuenta con las características adecuadas para su uso como base de la estructura del pavimento, ya que el CBR y la plasticidad suelen dar valores fuera de lo establecido en la NTP de pavimentos urbanos, se ejecutara una metodología de estabilización para mejorar las características de la subrasante aplicando polvo de piedra triturada como agente estabilizador. La estabilización de suelos surge por criterios ambientales y económicos, la construcción de infraestructura de transporte (carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos) debe

utilizar la mayor cantidad de suelo posible en la construcción misma, sin embargo, esta condición muchas veces es limitada por las características propias del suelo, ya que no necesariamente son las adecuadas para el tipo de proyecto, sobre todo en carreteras (Montejo Piratova, 2017, p.1).

Los conceptos de la dosificación del polvo de piedra triturada, generalmente se entiende por dosificación la administración de proporciones individuales y controladas del material para el tratamiento o mejora de las propiedades del terreno. Las dosis generalmente se administran como una cantidad fija por unidad de masa o peso del suelo (Montejo, 2018, p.35). La dosificación de mezclas para materiales no reglamentados, según la norma técnica peruana, está dada principalmente por los criterios establecidos en los antecedentes para el tipo de estudio, en el caso de la piedra triturada se considera que la estabilización se encontrara en el rango de 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada sobre la cantidad total de muestra.



*Figura 2.* Relación de porcentaje de arenas vs finos para determinar dosificaciones

Fuente: Guía para la estabilización o mejoramiento de rutas no pavimentadas (Elizondo, 2008)

La dimensión del contenido de humedad ( $w$ ) se conoce como la razón del peso de agua ( $W_w$ ) al peso de los sólidos ( $W_s$ ) en un volumen dado de terreno (Braja Das, 2015, p.51). Para la presente investigación la humedad del polvo de piedra triturada se regirá a la norma NTP 339.127.

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

*Figura 3.* Formula de contenido de humedad.

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica (*BrajaDas, 2015*)

Para determinar el contenido de humedad, primero se pesa un espécimen del terreno en estado húmedo, después se deja secar el espécimen a peso constante en un horno a una temperatura de 100 a 110°C, para luego pesarla. La resta entre el peso del espécimen antes y después de secada al horno representa el peso del agua que tenía el espécimen, la humedad es expresada en porcentaje (Villalaz, 2004, p.64).

Los suelos cohesivos se caracterizan por su tener una baja permeabilidad, esto hace difícil que el agua pase al suelo por sus poros pequeños, y su alta compresibilidad; por lo que los terrenos arcillosos, limosos y arenosos pueden colapsar, solo por aumentar su contenido de humedad entre el 85% para suelos arcillosos y el 40-60% para suelos arenosos y limosos (Bañón, Beviá, 2017, p.4).

La dimensión del tamaño de partículas finas, las que constituyen el suelo varía entre el tamaño de la roca y el tamaño de la macromolécula. Los granos mayores de aproximadamente 0,06 mm se pueden examinar a simple vista o con una lupa y forman partes muy gruesas y gruesas del suelo. Los granos de entre 0,06 mm y 2 micrones se pueden examinar con un microscopio para formar finos trozos de suelo. Para las partes más finas y finas, cada partícula suele estar compuesta por un solo mineral. Las partículas son angulares, escamosas ya veces tubulares, pero no redondeadas. En general, la proporción de partículas de finas en un suelo particular crece a medida que decrece el tamaño de la fracción (Ruíz, 2003, p.71).

El tamaño de las partículas de polvo de piedra triturada presentara un diámetro predominante (50% o más) de 0.075 mm o menos (pasando un tamiz 200 ASTM), el polvo de piedra triturada está formado principalmente por partículas de cuarzo o también conocidas como sílice, las partículas de piedra, generalmente son muy duras, y suelen resistir el efecto de las sales y sulfatos, así como de los ácidos. El polvo de piedra triturada de las canteras, generalmente proviene de granito, arenisca, pizarra y cuarcita.

**Tabla 1.** Clasificación de suelos por tamaño de partículas

	NORMA IRAM 10535	MIT	SUCS	ASTM D3282- 93/97
Gravas	5 a 75	> 2	4,75 a 75	2 a 75
Arenas	0,075 a 5	0,06 a 2	0,075 a 4,75	0,075 a 2
Limos	< 0,075	0,002 a 0,060	< 0,075	< 0,075
Arcillas		< 0,002		

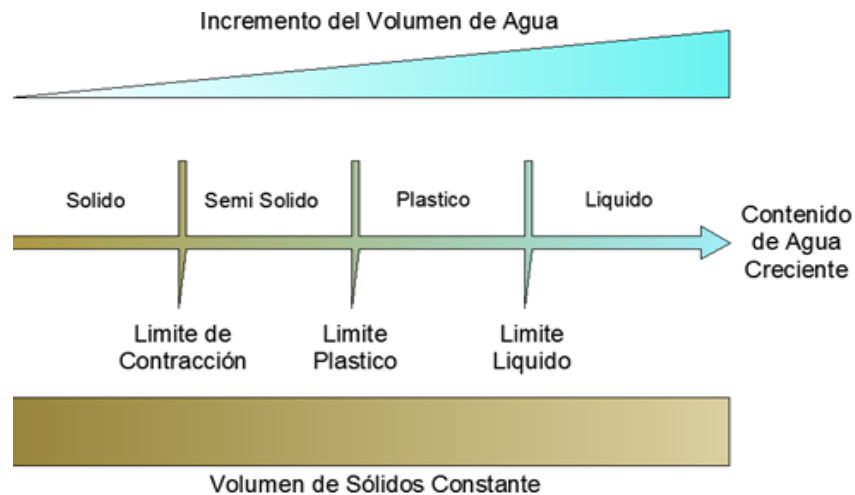
Fuente: Fundamentos de la ingeniería geotécnica (*BrajaDas, 2017*)

En el polvo de piedra triturada, los materiales predominantes son las arenas y los finos, la grava y ciertos limos inorgánicos son causados por fenómenos físicos, y algunos limos y, en general, todos los suelos arcillosos son causados por la meteorización química de las rocas minerales (Marin Nieto, 2008, p.25). El otro grupo de partículas en el polvo de piedra triturada es el contenido de finos, son referidos como los granos menores que pasan por el tamiz N°200, estas partículas finas, se dividen en dos grandes grupos, los limos con diámetro de partículas mayores a 0.002mm y las arcillas con un diámetro de partículas menores a 0.002 (Sowers, 1972, p.42).

Los límites de Atterberg en la estabilización de la subrasante son el índice de plasticidad y los límites de consistencias, dentro de la ingeniería y los EMS, se denominan límites de Atterberg. Estos límites sirven para definir el comportamiento del suelo según el contenido de humedad, y solo es aplicable a la fracción de partículas finas dentro de la muestra. Los límites de consistencia se fundamentan en que el suelo tiene cuatro estados consistentes, cuando el suelo no presenta ningún porcentaje de humedad o contenido de líquidos se denomina la fase sólida,



con el incremento gradual de agua, el suelo atraviesa las fases semisólida, plástica y fase líquida, los límites de Atterberg se definen como el porcentaje de agua necesaria para pasar de un estado a otro (Braja Das, 2017, p.15).



*Figura 4. Límites de Atterberg*

Fuente: Fundamentos de la ingeniería de cimentación (BrajaDas, 2017)

Como indicadores se tiene el límite líquido (LL) es el porcentaje de líquido para pasar de un estado plástico a un estado líquido, en una muestra de suelo, se denomina límite líquido. En ingeniería el límite líquido es una prueba determinada por un método estandarizado por las normas, utilizando una cuchara Casagrande. Se mide el contenido de agua del terreno en un surco que cierra un hueco de unos 13 mm tras dejar caer la cuchara Casa Grande 25 veces desde una altura de 1 cm, se realiza utilizando una muestra de aproximadamente 100g que ha sido previamente pasada por un tamiz ASTM Serie N° 40 o 0.40 UNE y mezclada con agua destilada. Los límites líquidos generalmente se representan con la letra LL (Badillo & Rodríguez, 2005, p.129). El límite plástico (LP) es el porcentaje de líquido necesario para pasar de un estado semisólido a un estado plástico, en una muestra de suelo, se denomina límite plástico. El límite plástico se determina formando un pequeño cilindro de unos 3 mm de diámetro y 25 a 30 mm de longitud sobre la palma de la mano o de una superficie lisa. En el momento en que el pequeño elipsoide se rompe en pedazos de unos 6 mm, alcanza el límite plástico de humedad. Al igual que con la prueba de límite líquido la muestra debe haber pasado un tamiz N° 40 ASTM o 0.40 UNE. Usualmente representado por el acrónimo LP

(Devincenzi & Frank, 2004, p.44) y el índice de plasticidad se calcula como la diferencia entre límite líquido y límite plástico, una de las interpretaciones del índice de plasticidad es que mientras más elevado es, mayor es la permeabilidad del suelo, si el índice de plasticidad se aproxima a cero, significa que el suelo adquiere propiedades para deformarse sin cambio volumétrico, sin ruptura y sin rebote elástico (Jimenez & De Justo, 1975, p.79).

La dimensión de prueba de Proctor modificado busca determinar la máxima densidad seca del suelo y la humedad óptima requerida para lograr esa densidad. Esta es una prueba para el proceso de compactación utilizado en el laboratorio, que define la relación entre el contenido de humedad del suelo y el peso unitario de seco (curva de compactación), Esta prueba solo se utiliza en suelos con un tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada) y un 30 % o menos de material particulado (Braja Das, 2017, p.723). La necesidad de determinar la humedad óptima para la máxima compactación del suelo es importante debido a que este factor influye directamente en el comportamiento del mismo, el ensayo de proctor modificado proporcionará una curva de humedad vs densidad seca, y esta curva permitirá encontrar las condiciones óptimas de compactación de la subrasante.

**Tabla 2.** Especificaciones para la prueba de Proctor estándar

Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	944 cm <sup>3</sup>	944 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Masa del pisón	2.5 kg	2.5 kg	2.5 kg
Altura de caída del pisón	304.8 mm	304.8 mm	304.8 mm
Número de golpes del pisón por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	3	3	3
Energía de compactación	600 kN·m/m <sup>3</sup>	600 kN·m/m <sup>3</sup>	600 kN·m/m <sup>3</sup>
Suelo por usarse	Porción que pasa la malla núm. 4 (4.75 mm). Puede usarse si 20% o menos en peso de material se retiene en la malla núm. 4.	Porción que pasa la malla de 9.5 mm. Puede usarse si el suelo retenido en la malla núm. 4 es más de 20% y 20% o menos en peso se retiene en la malla de 9.5 mm (3/8-pulg.).	Porción que pasa la malla de 19.0 mm. Puede usarse si más de 20% en peso del material se retiene en la malla de 9.5 mm y menos de 30% en peso se retiene en la malla de 19.0 mm.

Fuente: Ingeniería de cimentaciones (BrajaDas, 2017)

**Tabla 3. Especificaciones para la prueba de Proctor modificado**

Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	944 cm <sup>3</sup>	944 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Masa del pisón	4.54 kg	4.54 kg	4.54 kg
Altura de caída del pisón	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes del pisón por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2 700 kN·m/m <sup>3</sup>	2 700 kN·m/m <sup>3</sup>	2 700 kN·m/m <sup>3</sup>
Suelo para usarse	Porción que pasa la malla núm. 4 (4.57 mm). Puede usarse si 20% o menos en peso de material se retiene en la malla núm. 4.	Porción que pasa la malla de 9.5 mm. Puede usarse si el suelo retenido en la malla núm. 4 es más que 20%, y 20% o menos en peso se retiene en la malla de 9.5 mm.	Porción que pasa la malla de 19.0 mm ( $\frac{3}{4}$ pulg). Puede usarse si más de 20% en peso de material se retiene en la malla de 9.5 mm, y menos de 30% en peso se retiene en la malla de 19.0 mm.

Fuente: Ingeniería de cimentaciones (BrajaDas, 2017)

Como indicadores se tiene la humedad óptima de los suelos se define como la cantidad de agua, en porcentaje, para la cual el suelo tiene la capacidad de llegar a su máxima compactación, el ordenamiento de las partículas está en su punto máximo, y lo siguiente que se generaría en la compactación es la falla (Lambe & Whitman, 2012, p.41) y el otro indicador es la densidad máxima es la cantidad asociada con todos los materiales contenidos en un volumen particular. El concepto de densidad se expresa como la relación entre la masa de un objeto o sustancia y su volumen en el espacio en el que reside. La definición de densidad de la mecánica del suelo la establece como una característica que se puede confirmar graficando el estado de compactación del suelo. La densidad máxima, según sus estudios, es la mayor masa posible contenida en un volumen, hasta llegar al punto de falla del suelo (L'Herminier, 1968, p.11).

La dimensión de capacidad de soporte (CBR) son pruebas que se utilizan para determinar el soporte y capacidad de resistencia de los suelos bajo un nivel determinado de compactación, en proyectos como carreteras, caminos, terraplenes, etc. Y para clasificar los suelos. El acrónimo CBR significa "California Bearing Ratio" y se deriva del hecho de que este estudio fue propuesto por el Departamento de Transporte de California. El estudio de CBR para suelos consiste

esencialmente en comprimir la tierra en una forma estándar, sumergirla en agua y aplicar un punzón a la superficie del suelo con un émbolo estándar. En particular, está sujeto a las normas ASM1883 o UNE103502 (Braja Das, 2017, p.190). En proyectos de pavimentación, es importante conocer la capacidad de soporte del suelo compactado, ya que toda la estructura del pavimento, y las cargas que esta soporta, estarán directamente soportadas por el terreno, en la avenida Francisco Falman, en proyectos de pavimentación conocer la capacidad de soporte es esencial para concebir un proyecto de infraestructura vial, además al obtener los valores del CBR en la subrasante de estudio, permitirá conocer la evolución de la capacidad portante del suelo para los distintas dosificaciones consideradas.

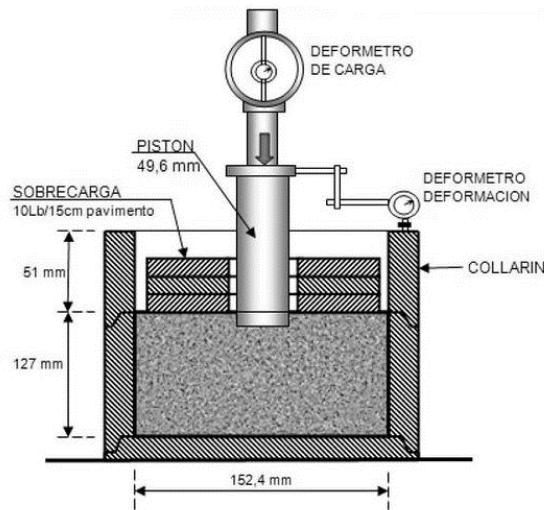


Figura 5. Esquema del equipo para medir el CBR

Fuente: Fundamentos de la ingeniería de cimentación (BrajaDas, 2017)

El CBR es un estudio que determina la resistencia al corte del suelo en la zona de linealidad, esto significa que no llega a el rango plástico y tampoco a la zona de falla. El objetivo es contrastar los esfuerzos que se generan en la muestra a una penetración determinada (Gutiérrez Lázares, 2016, p.55).

La resistencia al corte del suelo, determina factores como la estabilidad, la capacidad de carga admisible, para soportar la estructura del pavimento en carreteras, o para el diseño de una cimentación, también para el empuje del suelo contra un muro de contención (Berry & Reid, 2002, p.181).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación planteada en el presente proyecto es investigación aplicada. Consiste en el entendimiento aplicando los principios teóricos para estimar aspectos prácticos de una variable, lo que más resalta en este tipo de investigación es que permite solucionar problemas no tan complicados con una aplicación inmediata (Fidias, 2012, p. 22). En la presente investigación se aplicará el intelecto teórico sobre la estabilización de suelos para establecer una precedente practico y obtener resultados específicos de la estabilización de una subrasante, con fines de pavimentación, utilizando como aditivo para mejorar sus propiedades el polvo de piedra triturada.

##### **Enfoque de investigación**

El enfoque de la investigación es de carácter cuantitativo. Son aquellos estudios que siguen un enfoque objetivo de la realidad externa tendiente a describir, explicar y predecir causalmente ese hecho y fenómeno. Donde la recopilación de datos sea numérica, estandarizada y cuantificable, el cual se realiza con métodos de estadística. De esta manera, la información que se analiza y la interpretación de los resultados permite comparar o refutar hipótesis con las que se quiere fundamentar, así mismo, sustentar modelos de comportamiento previsible en el estudio. Mediante esta interpretación se generaliza los resultados dentro del marco teórico que sostiene el estudio (Muñoz, 2011, p. 21). En el presente estudio se busca obtener resultados específicos (numéricos) de las características mecánicas y físicas del terreno sometido a un proceso de estabilización mediante el uso de polvo de piedra triturada, ya que se plantea dosificar la muestra del suelo con el material estabilizante y obtener, progresivamente, la variación de sus propiedades.

### **3.1.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es del tipo cuasi experimental. El diseño experimental es un proceso cuya característica principal es verificar cuantitativamente la relación causal entre una variable y otra. Esto significa manipular o controlar variables independientes, esto requiere acciones de planificación que se pueden crear en etapas, tales como un proceso de intervención, o un sistema de análisis de parámetros y rangos (Arias Gonzáles, 2021, p73). En un diseño cuasiexperimental, los individuos no se toman al azar ni se acoplan en grupos, sino que estos grupos se forman antes del experimento (Hernández, 2014, p. 151). La investigación busca determinar los efectos de la variable independiente (polvo de piedra triturada), sobre la variable dependiente (estabilización de subrasante), para tal objetivo los estudios, a realizar, se asignaron de acuerdo al lineamiento de la NTP y el RNE.

### **Nivel de la investigación**

El nivel de la investigación es del tipo explicativa. Tiene como principal propósito la verificación de la hipótesis, lo que pretende es que las conclusiones desencadenen el contraste de leyes o principios científicos (Bernal, 2010, p. 115). Este proyecto plantea demostrar las hipótesis y obtener las conclusiones, explicando el efecto del polvo de piedra triturada sobre la estabilización del suelo, siguiendo los pasos de estabilización de suelos descritos en la norma técnica peruana.

### **3.2. Variables y operacionalización**

El polvo de piedra triturada, es la agrupación de partículas, dentro del rango fino, de desechos que resultan del trituramiento de piedra con objetivos particulares, tiene características puzolánicas. Esta compuesto de dióxido de silicio reactivo ( $\text{SiO}_2$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Lo demás contiene óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y otros compuestos (Sanjuán, Chinchón, 2018, p. 31). El polvo de piedra triturada se usará en el estudio como aditivo para optimizar las propiedades físico mecánicas de la subrasante. Se considerará dosificaciones controladas del 5%, 10% y 20%.

Variable Independiente : Polvo de piedra triturada

Variable Dependiente : Estabilización de la subrasante

La estabilización de la subrasante es un método para la mejora de las características de la subrasante a través de procesos físicos, químicos o mecánicos, que aporten a la obtención de características ideales para el uso del suelo como soporte de la estructura del pavimento, (Rivera, Guerrero, Mejía de Gutiérrez, Orobio, 2020, p. 205). La estabilización de subrasante es el proceso técnico que se aplicara a una muestra de suelo en la avenida Francisco Falman, de estabilización de suelos adicionando a la muestra 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada y determinando mediante los ensayos de límites de consistencia, proctor modificado y capacidad de soporte (CBR) la variación de las propiedades. (Ver matriz de Operacionalizacion en el anexo 1).

### **3.3. Población, muestra, muestreo**

#### **3.3.1 Población**

La población es el conjunto finito o infinito de individuos, objetos que comparten propiedades comunes, dentro del área de estudio, y de las cuales se quiere medir algo para obtener conclusiones de la (Fidias, 2012, p. 81). La población son las 17 cuadras que está conformada la subrasante de la avenida Francisco Falman.

#### **3.3.2 Muestra**

La muestra es un subconjunto finito extraído de una población accesible; las características, cualidades, y aspectos en general de la muestra son factores representativos de las cualidades del grupo poblacional, la muestra es una fracción, con el suficiente nivel de significancia, de la población (Fidias, 2012, p. 83). En esta investigación la muestra es de la cuadra 15 a la cuadra 27, limitado por la Av. Alfonso Ugarte y la Interoceánica Sur, que está conformada la subrasante para el tramo I de 1.32Km de vía donde se realizaran 5 calicatas de acuerdo a la N.T.E. CE. 010 de Pavimentos Urbanos en la avenida Francisco Falman del centro poblado San Francisco en la región Moquegua.

### **3.3.3 Muestreo**

El muestreo es un procedimiento, a través del cual se determina las unidades de estudio que conforman la muestra, que a su vez son el medio de recolección de datos obligatorios para los resultados de la investigación que se está trabajando (Ñaupas, Valdivia, Palacios, Romero, 2018, p. 336). El tipo de muestreo empleado en la presente investigación es un muestreo no probabilístico intencional o por conveniencia. Es no probabilístico, porque se determinó la muestra por criterios y la naturaleza del estudio. Es de conveniencia, porque se eligió la avenida Francisco Falman por sus características dentro de la zona de estudio, su accesibilidad, y principalmente por los problemas de subrasante encontrados en proyectos de pavimentación.

### **Unidades de análisis**

Las unidades analíticas de un estudio, son las características similares que se comparten dentro del grupo muestral, y se encuentran dentro de un rango determinado. Empíricamente, se puede decir que el equipo que se utiliza para medir la variable que se investiga se aplica a las características, propiedades o cualidades de una persona, objeto, fenómeno o hecho (Ñaupas et al., 2018, p. 326). Para esta investigación la unidad de análisis es la subrasante de la avenida Francisco Falman del centro poblado San Francisco en la región Moquegua donde se evaluará los límites de consistencia, el proctor modificado y la capacidad de soporte (CBR) que se obtendrá de las muestras obtenidas de las 5 calicatas de acuerdo a la N.T.E. CE. 010 de Pavimentos Urbanos que se realizará en el tramo I de 1.32Km de vía en la avenida Francisco Falman.

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

### **Técnicas**



Estos son un conjunto de reglas y procedimientos para administrar un proceso en particular y lograr una meta en particular. Las técnicas de recolección de información se pueden definir como un conjunto de reglas que rigen el proceso de investigación de principio a fin. Desde la búsqueda de problemas hasta la prueba de la hipótesis inmersa en la teoría actual. Son parte del método científico (Ñaupas et al., 2018, p. 273). En este proyecto se aplicará la técnica de la observación directa, ya que se realizarán estudios tanto en campo como en laboratorio que ameritan la aplicación de dicha técnica.

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

Los instrumentos de recolección de datos son una herramientas conceptuales o materiales para recolectar datos e información a través de preguntas, ítems, etc. que son elementos que requieren respuestas del estudio. Los instrumentos son medios concretos para recopilar y organizar datos sistemáticamente de acuerdo con la intención planificada. Estos medios, incluidas las preguntas y los ítems, se redactan en función de la hipótesis y variables para la investigación cuantitativa (Ñaupas et al., 2018, p. 273). Por el tipo de investigación planteada, además de los resultados que se buscan obtener, los instrumentos aplicados para recolectar datos e información, en el presente estudio son los siguientes:

**Tabla 4.** *Instrumentos de recolección de datos*

<b>Estudio</b>	<b>Instrumento (ensayo de laboratorio)</b>	
	<b>NTP</b>	<b>ASTM</b>
Límites de consistencia	NTP 339.129	ASTM D4318
Proctor modificado	NTP 339.141	ASTM D 1557
Capacidad de soporte (CBR)	NTP 339.145	ASTM D1883

Fuente: Elaboración propia

Además, estos instrumentos se pueden definir como fichas de recopilación de información. (Ver anexo 3).

### **Validez**

La validez es la relevancia de una herramienta de medición para medir lo que se está buscando determinar. Se refiere a la precisión con la que el instrumento de medición calcula el objeto a estudiar, y del cual se pretende obtener el resultado. La validez del instrumento para pronosticar, describir o representar las características o cualidades que pretende examinar (Ñaupas et al., 2018, p. 276). Para el caso del presente estudio, la validez de los instrumentos está respaldada, principalmente, porque los procedimientos aplicados en las fichas de observación están representados en la Norma Técnica Peruana, y validados por el propio reglamento y formatos firmados por 3 especialistas por el laboratorio donde se realizarán los ensayos. (Ver anexo 4)

### **Confiabilidad de los instrumentos**

Los instrumentos son confiables cuando las medidas tomadas no cambian significativamente con el tiempo o al aplicarse a diferentes personas con el mismo nivel de educación. Confiabilidad significa que la prueba o equipo utilizado en el estudio tienen garantías porque los resultados son siempre los mismos bajo las mismas o similares condiciones. (Ñaupas et al., 2018, p. 277). La confiabilidad de los estudios realizados en la presente investigación estará respaldada por el informe de laboratorio firmado por el especialista, además de los certificados de calibración de equipos utilizados en la aplicación de los ensayos de laboratorio para las muestras evaluadas.

### **3.5. Procedimientos**

Para poder llevar a cabo esta investigación se tuvo que realizar el estudio del suelo correspondientes mediante los ensayos de laboratorio, realizando primero las 05 calicatas para la extracción del suelo que serán las muestras de estudio.

Se aplicó formatos de laboratorio, ya que el proceso de estabilización de la subrasante con polvo de piedra triturada, está dado principalmente por la realización y obtención de resultados para los ensayos de límites de consistencia, proctor modificado y capacidad de soporte (CBR) del suelo en el estudio. El procedimiento aplicado se puede describir por la aplicación de las siguientes etapas:

- 1) Se realizó una exploración del suelo en campo para la obtención de muestras, de acuerdo a lo requerido por la N.T.E. CE. 010, posteriormente se hizo 5 calicatas a una excavación de 1.50 m de profundidad hasta la capa de la subrasante de la avenida Francisco Falman.



*Figura 6.* Exploración en campo.

Fuente: Elaboración propia.

- 2) Se obtuvo de cada calicata muestras representativas suficientes para la cantidad de estudios requeridos, además de realizar los ensayos in situ donde se identificó las propiedades físico mecánicas de la subrasante.



*Figura 7.* Apertura de calicata C-01.



*Figura 8.* Apertura de calicata C-02.



*Figura 9.* Apertura de calicata C-03.



*Figura 10.* Apertura de calicata C-04.



*Figura 11.* Apertura de calicata C-05.

- 3) Las muestras del suelo fueron llevados al laboratorio, para realizar los ensayos correspondientes y obtener las características en estado natural.
- 4) El polvo de piedra triturada se extrajo de la cantera "Municipal" ubicado a 7.30km de la zona de estudio, de saco dos muestras denominadas M-01 y M-02, para realizar los ensayos correspondientes y obtener sus características en estado natural.
- 5) Se aplicó los estudios de densidad, tamaño de partículas y plasticidad a la muestra de polvo de piedra triturada que se utilizará como aditivo estabilizador.
- 6) Se realizó los estudios de límites de consistencia, proctor modificado y CBR a las muestras de suelo con una dosificación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.
- 7) Los resultados obtenidos se procesaron determinando la clasificación del suelo, límites de consistencia, proctor modificado y CBR a las muestras de

suelo con una dosificación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada en la calicata 03, así mismo, viendo su nivel de variación en dichos resultados.

### Características de los materiales de la subrasante en C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05

Una vez obtenida las muestras se realizó los ensayos para las 05 calicatas obteniendo los siguientes datos:

**Tabla 5.** Características de los materiales de la subrasante en las C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05.

Muestra	Clasificación de suelo		Límites de Consistencia			Proctor Modificado		C.B.R (%)	
	SUSCS	AASHTO	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad Óptima (%)	CBR (100%)	CBR (95%)
	(ASTM D2487)	(D3282)							
C - 01	SC	A-2-4 (0)	36.12	21.93	14.19	1.890	14.38	11.80	5.20
	Arenas arcillosas								
C - 02	SC	A-2-6 (0)	35.3	22.04	13.26	1.906	13.85	13.50	5.30
	Arenas arcillosas								
C - 03	SC	A-2-6 (0)	37.88	21.6	16.28	1.885	15.20	11.40	4.90
	Arenas arcillosas								
C - 04	SC	A-2-4 (0)	34.82	23.31	11.51	2.014	13.10	14.60	9.50
	Arenas arcillosas								
C - 05	SC	A-7-5 (0)	40.51	25.1	15.42	1.884	14.65	12.60	6.70
	Arenas arcillosas								

Fuente: Elaboración propia.

### Características de los materiales del polvo de piedra triturada en M-01, M-02

Una vez obtenida las muestras del polvo de piedra triturada M-01, M-02 se realizó los ensayos obteniendo los siguientes datos:

**Tabla 6.** Características de los materiales del polvo de piedra triturada en M-01 y M-02.

Muestra	Clasificación de suelo		Límites de Consistencia			Tamaño de Partículas	
	SUSCS	AASHTO	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	Porcentaje de Arena (%)	Porcentaje de Finos (%)
	(ASTM D2487)	(D3282)					
M - 01	SM	A-2-4 (0)	17.72	17.68	0.04	82.72	17.28
	Arenas limosa						
M - 02	SC	A-2-4 (0)	17.61	17.54	0.07	86.13	13.87
	Arenas limosa						

Fuente: Elaboración propia.

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

Es un método de investigación defendido por Descartes, en el que una parte del todo se separa y se estudia individualmente (análisis), y los elementos dispersos se recombinan racionalmente para examinar el todo (síntesis) (Muñoz, 2011, p. 217). En esta investigación, se basará en criterios objetivos, ya que se aplicarán procedimientos, cálculos y formulas ya planteadas para conocer las propiedades físico mecánicas de la subrasante de manera real. En el análisis de datos se empleará el software Excel (2019) con la intención de crear tablas estadísticas, cuadros de datos y gráficos requeridos para la obtención de los resultados.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente estudio es de autoría propia, inédita; la cual se someterá en cualquier proceso de verificación de originalidad mediante el software TURNITIN y, asimismo, se cumplirá estrictamente el Código de Ética en investigación aprobado mediante Resolución de Consejo Universitario N°0262-2020/UCV de fecha 28 de agosto del 2020. Este proyecto se está trabajando en función al estilo ISO 690, reconoce la autoría intelectual de citas y referencias tomadas de otros autores, nombrando y referenciando cada párrafo según es el caso, además en la bibliografía de la investigación se colocó debidamente el reconocimiento. Así mismo se está utilizando la "Guía de elaboración de productos de investigación de fin de programa" de la UCV aprobada con Resolución de Vicerrectorado de Investigación N°110-2022-VI-UCV, además de la resolución N°200-2018/UCV de líneas de investigación.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación política

La presente investigación se realizó en la avenida Francisco Falman en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua.



Figura 12. Mapa político del Perú



Figura 13. Mapa político del Departamento de Moquegua.

## Ubicación del proyecto



Figura 14. Mapa de la provincia Mariscal Nieto.



Figura 15. Mapa del distrito de Moquegua.

## Limites

- Norte : Con el distrito de Samegua y distrito de Torata.
- Sur : Con el distrito de Ilo.
- Este : Con la región de Tacna, distrito de Jorge Basadre.
- Oeste : Con la provincia General Sánchez Cerro, y el departamento de Arequipa.

## Ubicación geográfica

El distrito de Moquegua presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Sur: Norte 15°, 58', 15", Este 16°, 43', 28", Sur 17°, 49', 04" y Oeste 17°, 16', 58"; longitud Oeste: Norte 70°, 48', 05", Este 69°, 59', 35", Sur 71°, 08', 16" y Oeste 71°, 29', 18"; contando con un área de 3,948 km<sup>2</sup> aproximadamente con una altitud de 1,371 m.s.n.m. Según la INEI hasta el 2017 contaba con una población de 65,808 habitantes.

## Clima

El clima que posee el distrito de Moquegua es templado y desértico, y con amplitud térmica moderada. Se caracteriza por su luminosidad, promediando 8.7 horas de sol al día. Las temperaturas varían entre los 11°C y los 29°C, con grandes



variaciones entre el día y la noche, precipitaciones fluviales escasas o regulares en invierno y una humedad relativa entre el 46% y el 68%. con una temperatura promedio de 14 °C durante todo el año.

Es preciso resaltar que para la determinación de la influencia del polvo de piedra triturada sobre el suelo correspondiente a la subrasante se trabajó con las muestras pertenecientes a la calicata C3, por considerarse como la que tiene las propiedades más críticas con respecto al resto.

**Objetivo específico 1:** Identificar los efectos del polvo de piedra triturada sobre los límites de consistencia del suelo.



*Figura 16.* Ensayos de límite de consistencia.

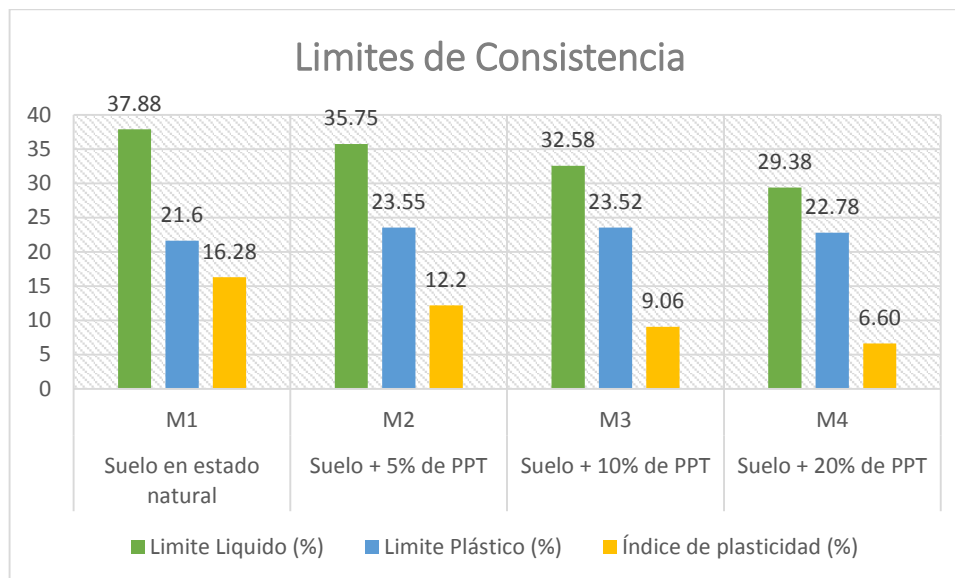


*Figura 17.* Taras con muestras dosificadas al 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.

**Tabla 7.** *Plasticidad de la subrasante con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.*

Muestra		Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
Suelo en estado natural	M1	37.88	21.60	16.28
Suelo + 5% de PPT	M2	35.75	23.55	12.20
Suelo + 10% de PPT	M3	32.58	23.52	9.06
Suelo + 20% de PPT	M4	29.38	22.78	6.60

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 18.** Resultados de la evaluación del índice de plasticidad con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 7 y figura 18, se muestran los resultados obtenidos del procesamiento de las muestras de estudio en el laboratorio, se puede observar los resultados de los ensayos técnicos de plasticidad, se obtuvo que, para el caso de la muestra en estado natural, el límite líquido (LL) obtenido fue de 37.88%, el límite plástico (LP) fue de 21.60% y el índice de plasticidad (IP) fue de 16.28%; mientras que, para el análisis de la muestra de suelo de la subrasante con la adición de 5% de polvo de piedra triturada el valor del límite líquido fue de 35.75%, el límite plástico arrojó un valor de 23.55% y el índice de plasticidad de 12.20%; bajo el mismo criterio, para el análisis de los resultados de la muestra de suelo perteneciente a la subrasante con la adición de 10% de polvo de piedra tritura, se obtuvieron valores de 32.58%, 23.52% y 9.06 para los estudios de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad respectivamente, finalmente para el caso del análisis de la muestra de la subrasante mas la adición del 20% de polvo de piedra triturada, se obtuvo un límite líquido de 29.38%, un límite plástico de 22.78% y un índice de plasticidad de 6.60%. se puede observar, a partir de los resultados, que existe una clara tendencia a la reducción del margen entre el límite líquido y el límite plástico lo que conlleva

a que el índice de plasticidad del suelo se reduzca mejorando las características del suelo para la pavimentación.

**Objetivo específico 2:** Determinar la influencia del polvo de piedra triturada sobre el proctor modificado del suelo.



Figura 19. Proctor modificado muestra en estado natural.



Figura 20. Mezcla de muestra + polvo de piedra triturada + humedad óptima.

**Tabla 8.** Proctor modificado con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.

Muestra		Densidad máxima seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad óptima (%)
Suelo en estado natural	M1	1.885	15.20
Suelo + 5% de PPT	M2	1.976	14.27
Suelo + 10% de PPT	M3	2.094	13.55
Suelo + 20% de PPT	M4	2.214	12.10

Fuente: Elaboración propia.

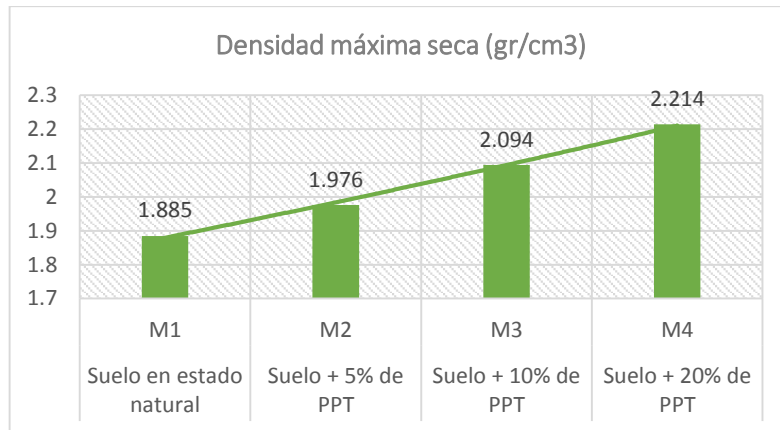


Figura 21. Densidad máxima seca con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.

Fuente: Elaboración propia.

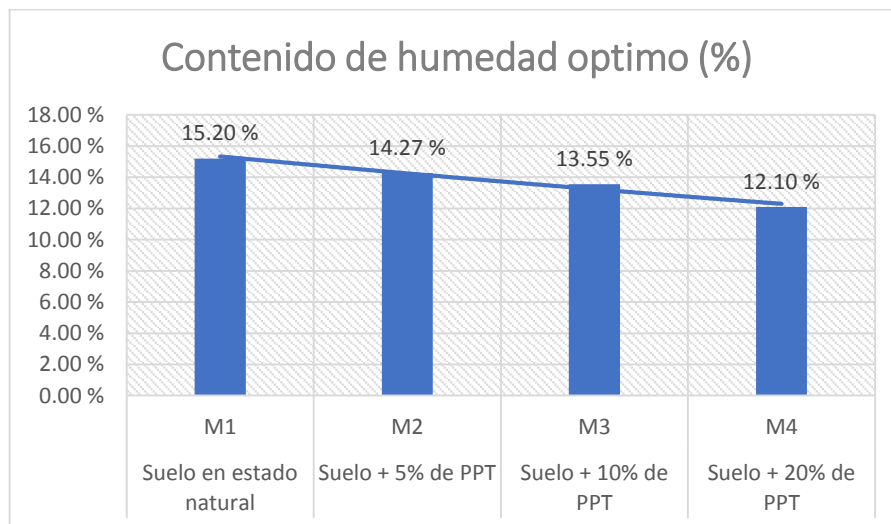


Figura 22. Contenido de la humedad óptima con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 8 y figura 21 y 22, se puede observar los resultados del análisis de muestras en laboratorio producto de la adición de polvo de piedra triturada sobre las muestras de la subrasante de la vía de estudio, los resultados que se muestran están relacionados a través de la dependencia de densidad vs humedad, que el estudio de proctor modificado establece, para la muestra del suelo en estado natural, se obtuvo una densidad máxima seca de 1.885 gr/cm<sup>3</sup> para un contenido de humedad óptimo de 15.20%, en el caso de la muestra de suelo más la adición

del 5% de polvo de piedra triturada, se obtuvieron valores de 1.976 gr/cm<sup>3</sup> y 14.27% como resultados para la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo respectivamente, para el caso del análisis de la muestra de suelo más el 10% de polvo de piedra triturada se obtuvo una densidad máxima seca de 2.094 gr/cm<sup>3</sup> y 13.55% de contenido de humedad óptimo, finalmente, para el análisis de los resultados obtenido de laboratorio para la muestra de suelo más el 20% de adición de polvo de piedra triturada, se obtuvo una densidad máxima seca de 2.214 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo de 12.10%, se puede observar una clara tendencia a incrementar el valor de la densidad máxima seca según se incrementa la adición del polvo de piedra triturada, además de ello se reduce el contenido de humedad óptimo de la muestra a partir de la adición de mayor cantidad de polvo de piedra triturada.

**Objetivo específico 3:** Determinar la influencia del polvo de piedra triturada sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) del suelo.



Figura 23. Ensayo de CBR.

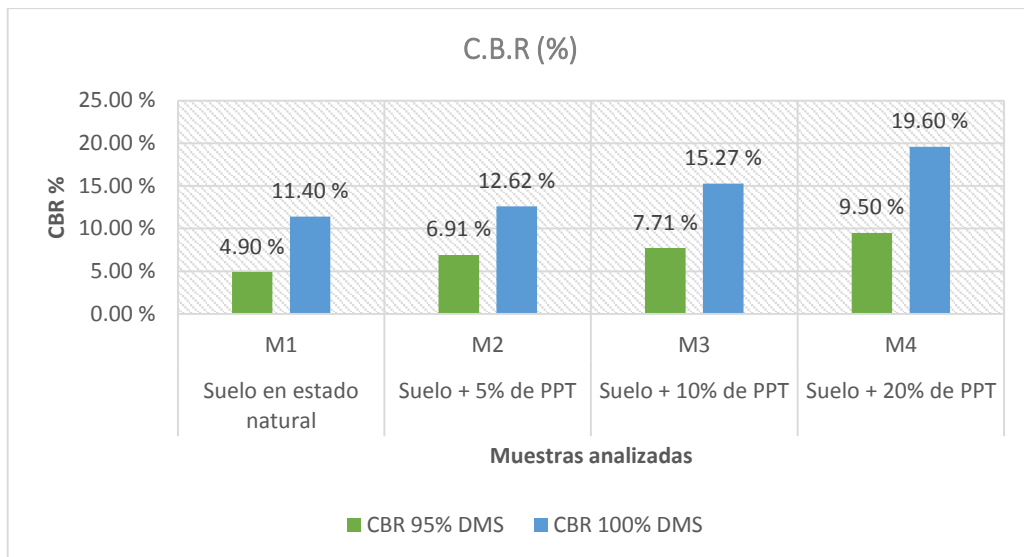


Figura 24. Muestra CBR con La incorporación del 5%, 10% y 20% de Polvo de Piedra Triturada.

**Tabla 9.** CBR con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.

Muestra		CBR 95% DMS	CBR 100% DMS
Suelo en estado natural	M1	4.90	11.40
Suelo + 5% de PPT	M2	6.91	12.62
Suelo + 10% de PPT	M3	7.71	15.27
Suelo + 20% de PPT	M4	9.50	19.60

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 25.* Resultados de la evaluación CBR con la incorporación del 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada.

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 9 y figura 25, se puede identificar los valores obtenidos del procesamiento de muestras en laboratorio para el ensayo de CBR mas la adición de polvo de piedra triturada, se puede identificar los resultados del análisis de la muestra de suelo en estado natural, el valor del CBR al 95% de DMS fue de 4.90% mientras que el valor del CBR al 100% de DMS fue de 11.40%, adicionalmente, para la muestra de suelo más el 5% de polvo de piedra triturada se obtuvo un valor de CBR al 95% DMS de 6.91% y el valor de CBR al 100% DMS fue de 12.62%; de igual manera, en el caso el análisis de la muestra con la adición del 10% de polvo de piedra triturada el valor del CBR al 95% de DMS fue de 7.71% y el valor del CBR al 100% de DMS fue de 15.27%, finalmente para el análisis de la muestra más la adición del 20% de polvo de piedra triturada el valor obtenido para el CBR al 95% de DMS fue de 9.50% y el valor obtenido para el CBR al 100% de DMS fue de 19.60%. se puede observar una clara tendencia a incrementar los valores de la capacidad de soporte del terreno (CBR) a partir de la adición de polvo de piedra triturada con dosificaciones controladas.

## Contrastación de hipótesis

Comprobación de la normalidad de las variables de estudio, para este caso se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks, establece la hipótesis nula de que la muestra proviene de una distribución normal y en función al nivel de significancia de 0,05 se planteó la hipótesis de que la distribución no es normal.

**Hipótesis específica 1:** El polvo de piedra triturada mejora significativamente límites de consistencia del suelo, con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

Formulación de hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: La variable límites de consistencia del suelo procede de una muestra con distribución normal.

H<sub>1</sub>: La variable límites de consistencia del suelo no procede de una muestra con distribución normal.

**Regla de decisión:** Si  $p > 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula (H<sub>1</sub>), por el contrario, si  $p < 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 5.** Shapiro-Wilk, prueba de normalidad límites de consistencia.

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Limite Liquido	,979	4	,896
Limite Plástico	,855	4	,241
Plasticidad	,982	4	,912

Fuente: Análisis de datos SPSS statistics v28.

En la tabla 10 se muestra los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, para la variable límites de consistencia, en el caso de limite liquido el nivel de significancia fue de  $0.896 > 0.05$ , para el límite plástico la significancia fue de  $0.241 > 0.05$  y finalmente para la plasticidad del suelo el grado de significancia fue

de  $0.912 > 0.05$ , en todos los casos el valor de la significancia fue mayor de 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, La variable límites de consistencia del suelo procede de una muestra con distribución normal.

**Hipótesis específica 2:** El polvo de piedra triturada influye significativamente sobre el proctor modificado con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

Formulación de hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: La variable proctor modificado del suelo procede de una muestra con distribución normal.

H<sub>1</sub>: La variable proctor modificado del suelo no procede de una muestra con distribución normal.

**Regla de decisión:** Si  $p > 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula (H<sub>1</sub>), por el contrario, si  $p < 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 6.** *Shapiro-Wilk, prueba de normalidad proctor modificado.*

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Densidad máxima seca	,985	4	,932
Contenido de humedad optimo	,987	4	,940

Fuente: Análisis de datos SPSS statistics v28.

En la tabla 11 se muestra los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, para la variable proctor modificado, en el caso de la densidad máxima seca el nivel de significancia fue de  $0.932 > 0.05$ , para el contenido de humedad optimo la significancia fue de  $0.940 > 0.05$ , en todos los casos el valor de la significancia fue mayor de 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, La variable proctor modificado del suelo procede de una muestra con distribución normal.



**Hipótesis específica 3:** El polvo de piedra triturada influye significativamente sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua

Formulación de hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: La variable capacidad de soporte del suelo CBR procede de una muestra con distribución normal.

H<sub>1</sub>: La variable capacidad de soporte del suelo CBR no procede de una muestra con distribución normal.

**Regla de decisión:** Si  $p > 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), por el contrario, si  $p < 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 7.** *Shapiro-Wilk, prueba de normalidad CBR.*

Prueba de normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CBR 95% DMS	,995	4	,980
CBR 100% DMS	,934	4	,616

Fuente: Análisis de datos SPSS statistics v28.

En la tabla 12 se muestra los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, para la variable capacidad de soporte del suelo CBR, en el caso del valor del CBR al 95% de DMS, el nivel de significancia fue de  $0.980 > 0.05$ , para el CBR al 100% DMS, la significancia fue de  $0.616 > 0.05$ , en todos los casos el valor de la significancia fue mayor de 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, La variable capacidad de soporte del suelo CBR procede de una muestra con distribución normal.

**Prueba de hipótesis, estadística para medir el grado de asociación entre las dosificaciones y la mejora de las propiedades de la subrasante.**

Para las variables que provienen de una distribución normal se aplica la prueba estadística de asociación de Pearson (r) para medir la correlación existente entre las variables de análisis.

**Hipótesis específica 1: Grado de relación entre la dosificación del suelo con polvo de piedra triturada y los límites de plasticidad.**

Formulación de hipótesis estadística

H<sub>0</sub>: El polvo de piedra triturada no mejora significativamente límites de consistencia del suelo, con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

H<sub>1</sub>: El polvo de piedra triturada mejora significativamente límites de consistencia del suelo, con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

**Regla de decisión:** Para un nivel de significancia del 5% (0.05), Si  $p \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), por el contrario, si  $p > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 8.** Correlación r de Pearson para la plasticidad del suelo.

Correlaciones		Dosificaciones	Índice de plasticidad
Dosificaciones	Correlación de Pearson	1	-,958*
	Sig. (bilateral)		,042
	N	4	4
Índice de plasticidad	Correlación de Pearson	-,958*	1
	Sig. (bilateral)	,042	
	N	4	4

Fuente: Análisis de datos SPSS statistics v28.

Conclusión: En la tabla 13, se muestran los resultados para medir el grado de asociación entre las dosificaciones planteadas de la muestra en estado natural 5%, 10% y 20% de adición de polvo de piedra triturada y la mejora de las propiedades de plasticidad del suelo, el grado de significancia obtenido fue de  $0.042 < 0.05$ , es decir, existe la suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y se puede aceptar la hipótesis alternativa, existe relación entre las dosificaciones controladas y la variación del índice de plasticidad del suelo de la subrasante. Además, el coeficiente de correlación de Pearson obtenido fue de  $r = -0.958$ , este valor se encuentra dentro del rango de correlación muy alta (-1 a -0.8), podemos afirmar que el polvo de piedra triturada mejora significativamente límites de consistencia del suelo, con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

**Hipótesis específica 2: grado de relación entre la dosificación del suelo con polvo de piedra triturada y proctor modificado.**

Formulación de hipótesis estadística

$H_0$ : El polvo de piedra triturada no influye significativamente sobre el proctor modificado con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua

$H_1$ : El polvo de piedra triturada influye significativamente sobre el proctor modificado con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua

**Regla de decisión:** Para un nivel de significancia del 5% (0.05), Si  $p \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), por el contrario, si  $p > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 9.** *Correlación r de Pearson para el proctor modificado.*

Correlaciones		Dosificaciones	Densidad máxima seca	Contenido de humedad optimo
Dosificaciones	Correlación de Pearson	1	,989*	-,998**
	Sig. (bilateral)		,011	,002
	N	4	4	4
Densidad máxima seca	Correlación de Pearson	,989*	1	-,992**
	Sig. (bilateral)	,011		,008
	N	4	4	4
Contenido de humedad optimo	Correlación de Pearson	-,998**	-,992**	1
	Sig. (bilateral)	,002	,008	
	N	4	4	4

Fuente: Análisis de datos SPSS statistics v28.

Conclusión: En la tabla 14, se muestran los resultados para medir el grado de asociación entre las dosificaciones planteadas de la muestra en estado natural 5%, 10% y 20% de adición de polvo de piedra triturada y la mejora de las propiedades de proctor modificado, el grado de significancia obtenido fue de  $0.011 < 0.05$  para la densidad máxima seca del suelo y de  $0.002 < 0.05$  para el contenido de humedad optimo del suelo, es decir, existe la suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y se puede aceptar la hipótesis alternativa, existe relación entre las dosificaciones controladas y la variación de la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad del suelo de la subrasante. Además, el coeficiente de correlación de Pearson obtenido fue de  $r=0.989$  para la densidad máxima seca del suelo y  $r=-998$  para el óptimo contenido de humedad del suelo en la subrasante, estos valores se encuentran dentro del rango de correlación muy alta ( $-1$  a  $-0.8$  y  $0.8$  a  $1$ ), podemos afirmar que el polvo de piedra triturada influye significativamente sobre el proctor modificado con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

**Hipótesis específica 3: grado de relación entre la dosificación del suelo con polvo de piedra triturada y la capacidad de soporte del suelo (CBR).**

Formulación de hipótesis estadística

H<sub>0</sub>: El polvo de piedra triturada no influye significativamente sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

H<sub>1</sub>: El polvo de piedra triturada influye significativamente sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

**Regla de decisión:** Para un nivel de significancia del 5% (0.05), Si  $p \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), por el contrario, si  $p > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 10.** Correlación *r* de Pearson para la capacidad de soporte del suelo CBR.

Correlaciones		Dosificaciones	CBR 95% DMS	CBR 100% DMS
Dosificaciones	Correlación de Pearson	1	,977*	,995**
	Sig. (bilateral)		,023	,005
	N	4	4	4
CBR 95% DMS	Correlación de Pearson	,977*	1	,951*
	Sig. (bilateral)	,023		,049
	N	4	4	4
CBR 100% DMS	Correlación de Pearson	,995**	,951*	1
	Sig. (bilateral)	,005	,049	
	N	4	4	4

Fuente: Análisis de datos SPSS statistics v28.

Conclusión: En la tabla 15, se muestran los resultados para medir el grado de asociación entre las dosificaciones planteadas de la muestra en estado natural 5%, 10% y 20% de adición de polvo de piedra triturada y la mejora de las propiedades de la capacidad de soporte del suelo (CBR), el grado de significancia obtenido fue

de  $0.023 < 0.05$  para el valor del CBR 95% DMS y de  $0.005 < 0.05$  para el CBR 100% DMS, es decir, existe la suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula y se puede aceptar la hipótesis alternativa, existe relación entre las dosificaciones controladas y la variación del CBR al 95% y 100% DMS. Además, el coeficiente de correlación de Pearson obtenido fue de  $r=0.977$  para el caso del CBR 95% DMS y  $r=0.995$  para el CBR 100% DMS en la subrasante, estos valores se encuentran dentro del rango de correlación muy alta (0.8 a 1), podemos afirmar que el polvo de piedra triturada influye significativamente sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

## V. DISCUSIÓN

Discusión 1: Según el objetivo específico 1 es identificar los efectos del polvo de piedra triturada sobre los límites de consistencia del suelo de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

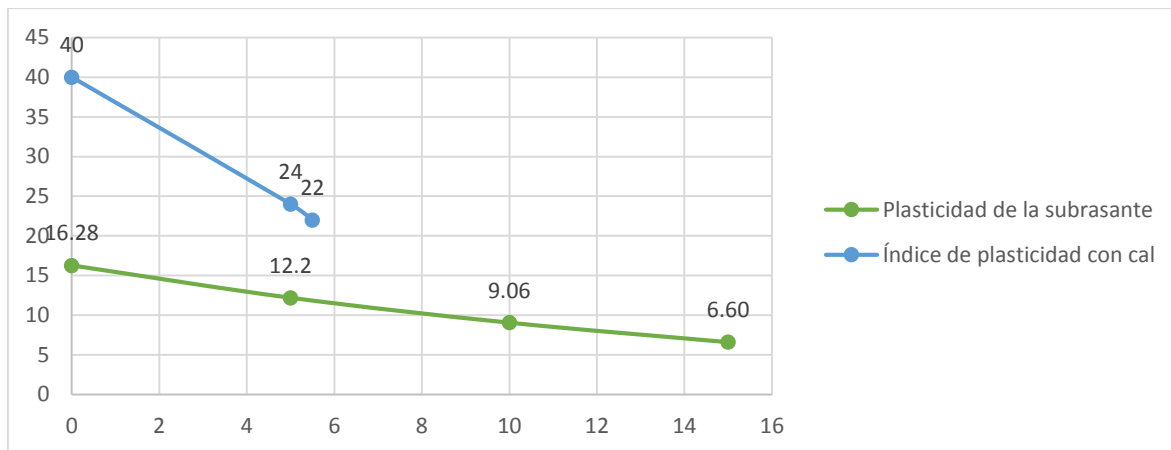


Figura 26. Variación del índice de plasticidad

Fuente: Elaboración propia

En el proyecto tuvo como resultado la optimización de la plasticidad del suelo, como se observa en la figura 26, el valor del índice de plasticidad se redujo de 16.28% en estado natural del suelo a 12.2% con dosificación del 5% de polvo de piedra triturada y 9.06% con 10% de polvo de piedra triturada para finalmente llegar a un valor de 6.60% con el 20% de polvo de piedra triturada. Esto se puede contrastar con lo indicado por García, Morales (2021), que tuvo por objetivo, evaluar y contrastar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de un suelo arcilloso expansivo, con adición de cascara de huevo y cal, comparando diferentes porcentajes de estos; en el estudio planteado, se pudo observar que al agregar el CHP y cal redujo el índice plástico del suelo en estudio. Los mejores resultados de índice de plasticidad se obtuvieron de la muestra con 4,5% de cal y 1% de cascara de huevo donde el índice de plasticidad fue de 22% mientras que en la muestra en estado natural el índice de plasticidad fue de 40%, logrando una reducción de 18% en la plasticidad del suelo. Considerando el comportamiento de cada aditivo, el CHP no es tan efectivo como la cal, pero también vale la pena aclarar que un porcentaje particular de CHP es menor que el porcentaje de cal. Esto también se

refleja y diferencia del uso de polvo de piedra triturada, ya que las dosificaciones de este material resultaron ser muy altas a comparación de la cal. Por lo que concuerdo con la investigación de García, Morales (2021) quien al adicionar la cal redujo el índice de plasticidad del suelo al igual que con el polvo de piedra triturada del proyecto. Por otro lado, discrepo con la investigación de García, Morales (2021) que al adicionar el CHP no tiene buenos resultados para la reducción del índice de plasticidad como la cal y el polvo de piedra triturada.

Discusión 2: Según el objetivo específico 2 es determinar la influencia del polvo de piedra triturada sobre el proctor modificado de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

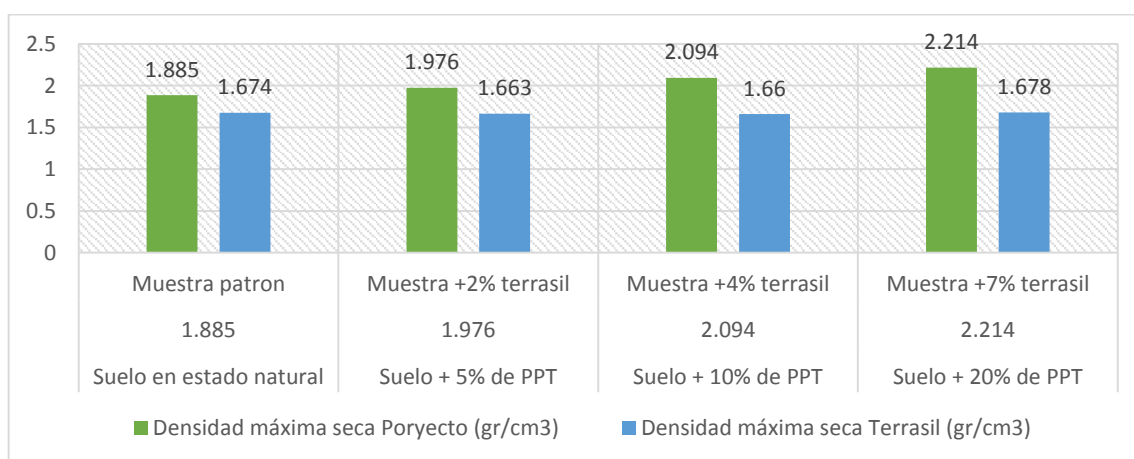


Figura 27. Comparación del proctor modificado.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27 se puede observar la comparación entre los resultados de obtenidos para el estudio de proctor modificado del estudio realizado y un antecedente de consideración, para la investigación aquí planteada se pudo optimizar la densidad máxima seca del suelo de 1.885 gr/cm<sup>3</sup>, de la muestra en estado natural a 1.976 gr/cm<sup>3</sup>, 2.094 gr/cm<sup>3</sup> y 2.214 gr/cm<sup>3</sup> para las dosificaciones de 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada. Mientras que, en el estudio de optimización de suelo planteado por Bartolo, Domínguez (2021) cuyo objetivo fue identificar la influencia de la ceniza de residuos orgánicos y aditivo químico en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental de Chorrillos-Lima, 2021, con el aditivo químico de terrasil la densidad del suelo cambio de 1.674 gr/cm<sup>3</sup>, 1.663 gr/cm<sup>3</sup>,



1.660 gr/cm<sup>3</sup> y 1.678 gr/cm<sup>3</sup>, para el suelo en estado natural y las dosificaciones del 2%, 4% y 7%. Los aditivos químicos, como material de mejora o estabilización de suelos, ayudan en la mejora de manera positiva, las propiedades físicas del suelo, pero en comparación con el polvo de piedra triturada es un material más eficiente logrando mejorar de manera más significativa la densidad máxima seca del suelo de la subrasante de la avenida Francisco Falman. Por lo que concuerdo con la con la investigación de Bartolo, Domínguez (2021) quien al adicionar el aditivo químico de terrasil mejoro la densidad máxima seca del suelo al igual que con el polvo de piedra triturada del proyecto.

Discusión 3: Según el objetivo específico 3 es determinar la influencia del polvo de piedra triturada sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.

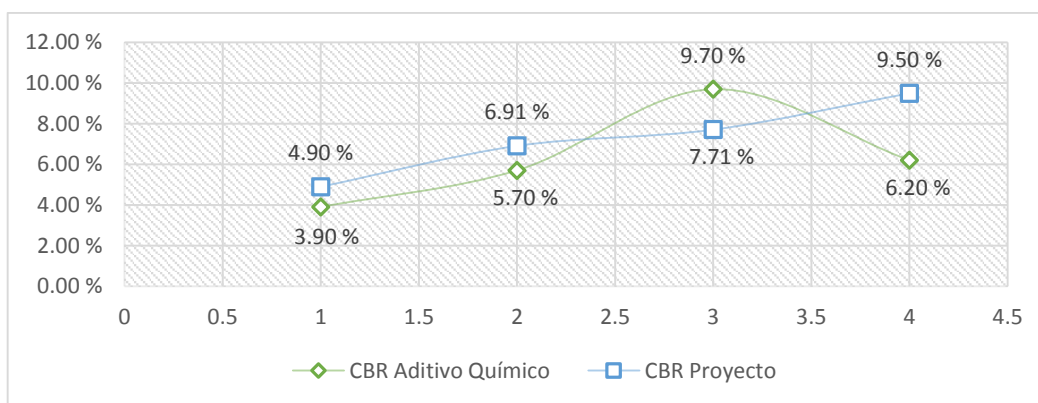


Figura 28. Comparación del CBR.

Fuente: Elaboración propia

En los estudios aplicados para determinar la capacidad de soporte del suelo CBR, en el proyecto, se ha podido identificar una clara mejora del CBR como se muestra en la figura 28, donde el suelo en estado natural, tiene un valor del CBR al 95% de DMS fue de 4.90%, adicionalmente, para la muestra de suelo más el 5% de polvo de piedra triturada se obtuvo un valor de CBR al 95% DMS de 6.91%; de igual manera, en el caso el análisis de la muestra con la adición del 10% de polvo de piedra triturada el valor del CBR al 95% de DMS fue de 7.71%, finalmente para el análisis de la muestra más la adición del 20% de polvo de piedra triturada el valor obtenido para el CBR al 95% de DMS fue de 9.50%. Esto se puede corroborar con

el estudio de Bartolo, Domínguez (2021) cuyo objetivo fue identificar la influencia del aditivo químico en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental de Chorrillos-Lima, 2021, se puede observar que el valor del CBR en estado natural fue de 3.90%, mientras que adicionando el aditivo terrasil el 2% aumento de 3.90% a 5.70%, con 4% aumento de 3.90% a 9.70 % y con 7% aumento de 3.90% a 6.20%. al igual que el estudio aquí planteado se observa una clara mejora en las propiedades de capacidad de soporte del suelo. Por lo que concuerdo con la con la investigación de Bartolo, Domínguez (2021) quien al adicionar el aditivo químico de terrasil mejoro el CBR del suelo al igual que con el polvo de piedra triturada del proyecto.

## VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: Del estudio de la plasticidad del suelo se concluye que, el suelo en estado natural, de la subrasante de la avenida Francisco Falman en el centro poblado de San Francisco, presenta un índice de plasticidad de 16.28%, esto, a partir del límite líquido de 37.88% y el límite plástico de 21.60%, por otro lado, en el estudio de la muestra de suelo más el 20% de polvo de piedra triturada el índice de plasticidad se redujo a 6.60 obteniendo el mejor resultado, además, mediante la prueba de hipótesis se pudo demostrar que las dosificaciones y la reducción de la plasticidad son variables de distribución normal, para la cuales se obtuvo una correlación de  $r=-0.958$ , demostrando que existe una relación muy alta y directa entre las dosificaciones aplicadas y la reducción de la plasticidad del suelo, el polvo de piedra triturada mejora las propiedades de plasticidad de los suelos de la subrasante.

Conclusión 2: De ejecutar el ensayo de proctor modificado en el suelo correspondiente a la subrasante de la avenida Francisco Falman, se obtuvo, del suelo en estado natural, una densidad máxima seca de  $1.885 \text{ gr/cm}^3$ , para la muestra de suelo en estado natural más el 20% de polvo de piedra triturada el valor de la densidad máxima seca obtenido fue de  $2.214 \text{ gr/cm}^3$ , obteniendo el mejor resultado donde se evidencia un claro incremento y mejora de la propiedad, esto se puede corroborar mediante la aplicación de la prueba de hipótesis donde se obtuvo que las variables de las dosificaciones y la densidad máxima seca provienen de una población de distribución normal, obtenido así un valor de correlación de  $r=0.989$ , lo cual quiere decir que el incremento de la densidad máxima seca está relacionada a las dosificaciones del polvo de piedra triturada implementados en la muestra de estudio, logrando la mejora significativa de las propiedades de proctor modificado del suelo de la avenida Francisco Falman.

Conclusión 3: De los resultados obtenidos en el ensayo de CBR 95% DMS, el CBR del suelo en estado natural fue de 4.90%, mientras que 9.50% para la muestra dosificada de 20% de polvo de piedra triturada que obtuvo mejor resultado, mientras que, para el CBR al 100% DMS el suelo en estado natural arrojó un CBR de 11.40%

y para la muestra dosificada se obtuvo 19.60% para 20% de polvo de piedra triturada de adición que tiene el mejor resultado evidenciando un incremento y mejora de la propiedad, mediante la prueba de Shapiro-Wilk se demostró que el valor de CBR procede de una muestra con distribución normal, para la cual se encontró una correlación entre las dosificaciones y el incremento progresivo del valor de la capacidad de soporte de  $r=0.977$ , es decir el incremento del valor de CBR está relacionado de manera directa y muy significativamente a las dosificaciones aplicadas de polvo de piedra triturada, logrando la mejora de la capacidad de soporte de la subrasante de la avenida Francisco Falman.

## VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda utilizar entre el 10% y 20% de polvo de piedra tritura como agente para la mejora de la plasticidad del suelo, ya que dentro de este rango se obtiene las mejoras más significativas, el uso de la cantidad está supeditada a las propiedades base de la subrasante en estado natural, por lo que la elección de la dosificación correcta está sujeta a los estudios de laboratorio del suelo a mejorar.

Recomendación 2: Ya que uno de los objetivos de la estabilización de suelos de una subrasante es la mejora de la densidad máxima seca, se recomienda utilizar una proporción cercana al 20% de polvo de piedra triturada, ya que según el estudio aplicado es la proporción donde se obtuvo los mejores resultados logrando una variación positiva de 1.885 gr/cm<sup>3</sup> a 2.214 gr/cm<sup>3</sup>, demostrando así que en el estudio de proctor modificado en el rango de esta dosificación se obtiene el mejor grado de compactación del suelo.

Recomendación 3: Se recomienda, para la mejora del valor del CBR, utilizar una dosificación dentro del 10% y 20% de polvo de piedra tritura, ya que, según la norma técnica peruana mientras más elevado sea el valor del CBR mejor se comportará el suelo como elemento de soporte de la estructura asfáltica y esto repercute en el diseño de la vía, para la dosificación de 20% se pudo incrementar de 4.90% a 9.50% el valor del CBR 95% DMS, evidenciando que se mejora la capacidad de soporte del suelo para su uso como soporte de vías pavimentadas.

## REFERENCIAS

- Rivera, J., Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. *Informador Técnico* 84(2), 202-226. Obtenido de: <https://doi.org/10.23850/22565035.2530>
- Arias Gonzáles, J. L. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación*. Arequipa: Enfoques Consulting EIRL. Obtenido de <https://cutt.ly/FKuDZZW>
- Arias, F. (2017). *Metodología de la investigación. Serie integral por competencias (3ra Ed.)*. México: Grupo Editorial Patria. Obtained from: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)
- Badillo, J., & Rodríguez, R. (2005). *Mecánica de Suelos*. México D.F.: Editorial LIMUSA Noriega Editores.
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2017). *Manual de Carreteras Construcción y Mantenimiento*. Alicante, España: Ortiz e Hijos, Construcciones (Alicante). Obtenido de [https://ingeniatte.es/wp-content/uploads/2019/08/Manual-Carreteras-Antecedentes-Historicos\\_Tomo\\_2.pdf](https://ingeniatte.es/wp-content/uploads/2019/08/Manual-Carreteras-Antecedentes-Historicos_Tomo_2.pdf)
- Bartolo Medina, F. K., & Domínguez Carrasco, C. I. (2021). *Estudio comparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico, Av. Cordillera Occidental, Chorrillos – Lima, 2021*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89226>
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá D.C., Colombia: Pearson Educación de Colombia Ltda. Obtained from:

<https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

Berry, P., & Reid, D. (2002). *Mecánica de suelos*. Santafé de Bogotá: McGRAW-HILL.

Braja M., D. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Cuarta Edición*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.

Braja M., D. (2017). *Fundamentos de ingeniería de cimentación*. México, D.F: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc. Obtenido de [https://issuu.com/gustavochoyongalcivar/docs/fundamentos\\_de\\_ingenieria\\_de\\_ciment](https://issuu.com/gustavochoyongalcivar/docs/fundamentos_de_ingenieria_de_ciment)

Devincenzi, M., & Frank, N. (2004). *Ensayos Geotécnicos In Situ su ejecución e interpretación*. Girona: IgeoTest, S.L.

Duque Saldarriaga, J., Vásquez Cadena, B. S., & Orrego Cardoza, J. F. (2019). *Mejoramiento de subrasantes en vías de tercer orden*. Pereira, Colombia: Universidad Libre Seccional Pereira Pereira. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10901/17878>

Elizondo Arrieta, F. (2008). *Guía para la estabilización o mejoramiento de rutas no pavimentadas*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Obtenido de <https://o11.me/ME9CF>

Farooq, A., & Mir, F. (2021). Subgrade Stabilization Using Non-Biodegradable Waste Material. *Department of Civil Engineering, National Institute of Technology, Srinagar, India*, 1-10. Obtained from: [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-0886-8\\_50](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-0886-8_50)

Fidias G, A. (2012). *El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)

Gallardo Amaya, R. J., Cuanalo Campos, O. A., Quintero Lemus, L. J., Muñoz, A. A., & Martínez, C. A. (2017). Análisis del comportamiento de suelos de alta plasticidad con la adición del material de residuo en la fabricación de ladrillo cerámico. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 105-110.

García Araujo, B. J., & Morales Delgado, D. M. (2021). *Análisis de la estabilidad de un suelo arcilloso con cáscaras de huevo pulverizadas añadidas*. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle Ciencia Unisalle. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/953/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/953/)

Gutiérrez Lázares, W. (2016). *Mecánica de suelos Aplicada a vías de transporte*. Lima, Perú: Empresa Editora Macro EIRL.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. Obtenido de [https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n\\_Sampieri.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf)

Jimenez Salas, J., & De Justo Alpañes, J. (1975). *Geotecnia y Cimientos propiedades de los suelos y de las rocas*. Madrid: Editorial Rueda.

L'Herminier, R. (1968). *Mecánica del suelo y dimensionamiento de firmes*. Madrid: Editorial Bluma-Rosario.

Lambe, W., & Whitman, R. (2012). *Mecánica de Suelos*. México D.F.: Editorial LIMUSA S.A. de C.V. grupo Noriega Editores.

Linares Chavez, R. R., Aguilar Rojas, M. E., & Rojas De La Puente, E. E. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido*. Amazonas - Perú: Revista de Investigación



Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería. Obtained from:  
<http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v3i2.612>

Majumder, M., & Venkatraman, S. (2021). Utilization of the Lime as Subgrade Stabilizer in the Pavement Construction. *Technical Note Civil Engineering*, 54-68. Obtained from: <http://dx.doi.org/10.1007/s13369-021-06291-2>

Marin Nieto, L. (2008). *Mecánica de suelos*. Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL VICERRECTORADO ACADEMICO.

Marulanda Rendón, J. E. (2018). *Materiales de construcción*. Bogotá, Colombia: Editorial Planeta S.A. Obtenido de [https://issuu.com/jorgemarulanda9/docs/materiales\\_de\\_construccion](https://issuu.com/jorgemarulanda9/docs/materiales_de_construccion)

Ministerio de Transporte y comunicaciones. (2012). *Manual de Diseño de Cimentaciones Superficiales y Profundas Para Carreteras*. Bogotá, Colombia: Instituto Nacional De Vias Ministerio de Transporte y comunicaciones. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manual-de-diseno-de-cimentaciones-superficiales-y-profundas-para-carreteras/1117-manual-de-diseno-de-cimentaciones-superficiales-y-profundas-para-carreteras/file>

Montejo Fonseca, A., Montejo Piratova, A., & Montejo Piratova, A. (2018). *Estabilización de suelos*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U - Carrera 27. Obtenido de <https://edicionesdelau.com/producto/estabilizacion-de-suelos-2/>

Montejo Piratova, A. (2017). *Manual de Esatabilización de suelos con cemento o cal*. Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).

Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. México: Pearson Educación de México, S.A. Obtenido de <http://www.indesgua.org.gt/wp-content/uploads/2016/08/Carlos->

Mu%C3%B1oz-Razo-Como-elaborar-y-asesorar-una-investigacion-de-tesis-2Edicion.pdf

Noriega Armas, Y. V., Junior Arturo , V. A., & Muñoz Pérez, S. P. (2020). *Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento*. Lambayeque Perú: AVANCES: Investigación en ingeniería. Obtained from: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6856>

Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J., & Romero Delgado, H. (2018). *Metodología de la investigación de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis 5a.Edición*. Lima, Perú: Ediciones de la U Conocimiento a su alcance. Obtenido de [https://edicionesdelau.com/wp-content/uploads/2018/09/Anexos-Metodologia\\_Ñaupas\\_5aEd.pdf](https://edicionesdelau.com/wp-content/uploads/2018/09/Anexos-Metodologia_Ñaupas_5aEd.pdf)

Ospina García, M. Á., Chaves Pabón, S. B., & Jiménez Sicachá, L. M. (2020). Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero. *Rev.Investig.Desarro.Innov. Vol. 11*, 185-196. Obtained from: <https://doi.org/10.19053/20278306.v11.n1.2020.11692>

Phantachang, T., Phansri, B., Nopphan, N., Chunuan, S., & Wongchinda, T. (2019). Geosynthetic Application for Subgrade Stabilization. *The 11th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being*, 35-43. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/344068240\\_Geosynthetic\\_Application\\_for\\_Subgrade\\_Stabilization](https://www.researchgate.net/publication/344068240_Geosynthetic_Application_for_Subgrade_Stabilization)

Pinto Valenzuela, R. (2021). *Propiedades físico-mecánicas de la subrasante adicionado residuos plásticos reciclados en la carretera Cusco-Quillabamba, 2021*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89182>

Ruíz Saucedo, U. (2003). *Clasificación de texturas y parámetros mecánicos de suelos*. Mexico, D.F: Secretaría de Medio Ambiente Recursos y Naturales. Obtenido de <https://cutt.ly/4JPIEMh>

- Sanjuán Barbudo, M. Á., & Chinchón Yepes, S. (2018). *Introducción a la fabricación y normalización del Cemento Portland*. Alicante, España: Universidad de Alicante. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/273127822\\_INTRODUCCION\\_A\\_LA\\_FABRICACION\\_Y\\_NORMALIZACION\\_DEL\\_CEMENTO\\_PORTLAND](https://www.researchgate.net/publication/273127822_INTRODUCCION_A_LA_FABRICACION_Y_NORMALIZACION_DEL_CEMENTO_PORTLAND)
- Serrano Rodríguez, E. J., & Padilla González, E. A. (2018). Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados. *Ingeniería Solidaria*, 1-25. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10185/28768>
- Sowers, G. (1972). *Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones*. Atlanta, Georgia: Editorial LIMUSA- WILEY S.A.
- Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México, D.F.: LIMUSA, S.A. de C.V. grupo Noriega Editores. Obtenido de <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

**Título: “Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022”**

**Autora: Sandra Paola Pino Sánchez**

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
<b>Variable 01:</b> Polvo de Piedra triturada	El polvo de piedra triturada, es un polvo fino de partículas esféricas que tiene propiedades puzolánicas. Consta esencialmente de dióxido de silicio reactivo (SiO <sub>2</sub> ) y óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ). El resto contiene óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) y otros compuestos (Sanjuán, Chinchón, 2018, p.31).	El polvo de piedra triturada se usará en el estudio como aditivo para mejorar las propiedades físico mecánicas de la subrasante. Se considerará dosificaciones controladas del 5%, 10% y 20%, estableciendo 3 diseños muestrales controlados.	Dosificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificaciones al 5%, 10% y 20%.</li> </ul>	Razón
			Densidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso unitario</li> <li>• Volumen que ocupa</li> </ul>	Razón
			Tamaño de partículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de Arena</li> <li>• Porcentaje de Finos</li> </ul>	Razón
<b>Variable 02:</b> Estabilización de subrasante	La estabilización de la subrasante es un proceso que permite mejorar la calidad del suelo natural para obtener unas características físicas, químicas y mecánicas estables en relación con las condiciones medioambientales de servicio (Rivera, Guerrero, Mejía de Gutiérrez, Orobio, 2020, p.205).	En este estudio se realizará el proceso de estabilización de subrasante adicionando a la muestra 5%, 10% y 20% de polvo de piedra triturada y determinando, mediante ensayos, la variación de las propiedades.	Límites de consistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limite líquido</li> <li>• Limite plástico</li> <li>• Índice de plasticidad</li> </ul>	Razón
			Proctor modificado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad optima</li> <li>• Densidad máxima suelo</li> </ul>	Razón
			Capacidad de soporte (CBR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia (%)</li> </ul>	Razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

Título: “Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022”

Autora: Sandra Paola Pino Sánchez

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
<b>Problema general:</b> ¿Cuál es el efecto de la adición del polvo de piedra triturada en las propiedades de la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022?	<b>Objetivo general:</b> Evaluar el efecto de la adición del polvo de piedra triturada en las propiedades de la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022”.	<b>Hipótesis general:</b> La adición del polvo de piedra triturada mejora significativamente las propiedades de la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022”.	<b>Variable 01:</b> Polvo de Piedra triturada	Dosificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dosificaciones al 5%, 10% y 20%.</li> </ul>	Ensayo de dosificación	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada  <b>Enfoque de la investigación:</b> Cuantitativo  <b>Diseño de la investigación:</b> Cuasi-experimental  <b>Nivel de la investigación:</b> Explicativa  <b>Población:</b> Las 17 cuadras de la avenida Francisco Falman del
				Contenido de humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.57% en la M-01.</li> </ul>	Ensayo de contenido de humedad (NTP 339.127, ASTM D 2216)	
				Tamaño de partículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>82.72 % de porcentaje de Arena en la M-01.</li> <li>17.28% de porcentaje de Finos en la M-01 .</li> </ul>	Ensayo de granulometría (NTP 339.128)	
<b>Problemas específicos:</b> ¿Cuáles son los efectos del polvo de piedra triturada sobre los límites de	<b>Objetivos específicos:</b> Identificar los efectos del polvo de piedra triturada sobre los límites de	<b>Hipótesis específicas:</b> El polvo de piedra triturada mejora significativamente los límites de consistencia	<b>Variable 02:</b> Estabilización de subrasante	Límites de consistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limite liquido</li> <li>Limite plástico</li> <li>Índice de plasticidad</li> </ul>	Ensayo de límites de consistencia (NTP 339.129, ASTM D4318)	

consistencia del suelo de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua?	consistencia del suelo de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.	del suelo, con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.				centro poblado San Francisco.  <b>Muestra:</b> Desde la cuadra 15 a la cuadra 27 por el tramo I de 1.32Km de vía de la avenida Francisco Falman.	
¿Cuál es la influencia del polvo de piedra triturada sobre el proctor modificado de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua?	Determinar la influencia del polvo de piedra triturada sobre el proctor modificado de la de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.	El polvo de piedra triturada influye significativamente sobre el proctor modificado con fines de pavimentación, de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua		Proctor modificado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad optima</li> <li>• Densidad máxima suelo</li> </ul>	Ensayo de Proctor (NTP 339.141,ASTM D 1557)	<b>Unidades de análisis:</b> Límites de consistencia, proctor modificado y CBR de la subrasante.
¿Cuál es la influencia del polvo de piedra triturada sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua?	Determinar la influencia del polvo de piedra triturada sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.	El polvo de piedra triturada influye significativamente sobre la capacidad de soporte del suelo (CBR) de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua.		Capacidad de soporte (CBR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia (%)</li> </ul>	Ensayo de CBR (NTP 339.145, ASTM D1883)	

### Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos



**ARYU E.I.R.L**

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

### ANALISIS GRANULOMETRICO

MTC E-107-2000

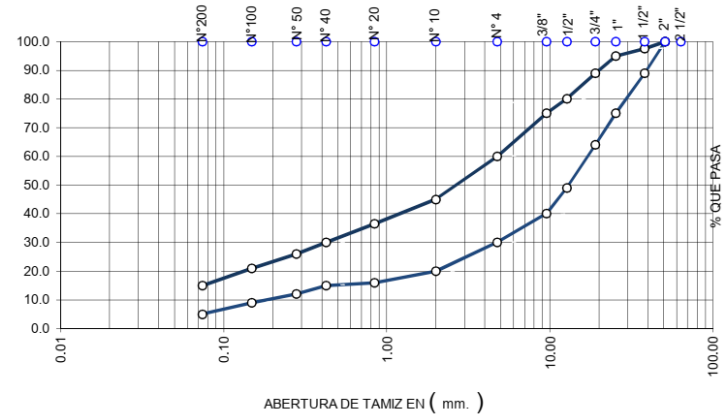
PROYECTO :

LABORATORISTA:  
ING. RESPONSABLE :

UBICACIÓN :  
SOLICITANTE :

TAMIZ		% RETENIDO	% PASA	ESPECIFICA-	
STANDARD	mm.			CIONES	
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				100
1 1/2"	38.10				
1"	25.40			75	95
3/4"	19.05				
1/2"	12.70				
3/8"	9.525			40	75
N° 4	4.760			30	60
N° 10	2.000			20	45
N° 20	0.840				
N° 40	0.426			15	30
N° 50	0.279				
N° 100	0.149				
N° 200	0.074			5	15

**CURVA GRANULOMETRICA**



CALICATA	PROFUNDIDAD :	(SUCS):	(AASHTO):
MUESTREADO POR :	REALIZADO POR:	REVISADO POR:	FECHA :
OBSERVACIONES:			



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

**DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**  
MTC E-110 MTC E-111

PROYECTO :

LABORATORISTA:  
ING. RESPONSABLE :  
FECHA :

UBICACIÓN :  
SOLICITANTE :

LIMITE LIQUIDO				
MUESTRA PROFUNDIDAD RECIPIENTE N° N° DE GOLPES RECIPIENTE + SUELO HUMEDO RECIPIENTE + SUELO SECO PESO DE AGUA PESO DEL RECIPIENTE PESO DEL SUELO SECO % DE HUMEDAD LL	Calicata C-01, E-01			
LIMITE PLASTICO				
MUESTRA PROFUNDIDAD RECIPIENTE N° RECIPIENTE + SUELO HUMEDO RECIPIENTE + SUELO SECO PESO DE AGUA PESO DEL RECIPIENTE PESO DEL SUELO SECO % DE HUMEDAD	Calicata C-01, E-01			

MUESTRA	Calicata C-01, E-01
LL	
LP	
IP	

OBSERVACIONES :



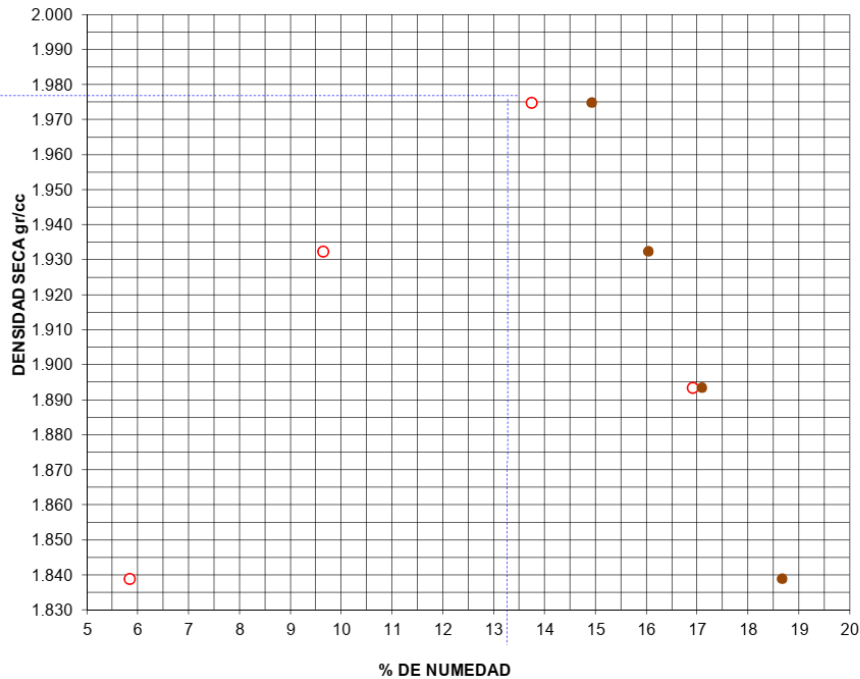


**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

**PROCTOR MODIFICADO**  
AASHTO T 180, ASTM D1557, MTC E115-1999

PROYECTO :	LABORATORISTA :
UBICACIÓN :	ING. RESPONSABLE :
SOLICITANTE:	FECHA :

TIPO PROCTOR : Modificado	PUNTOS			
VOLUMEN 2124	1	2	3	4
METODO DE COMPACTACION	C	C	C	C
PESO SUELO + MOLDE				
PESO MOLDE				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO				
RECIPIENTE N°				
PESO SUELO HUMEDO + TARA				
PESO SUELO SECO + TARA				
TARA				
PESO DE AGUA				
PESO DE SUELO SECO				
CONTENIDO DE AGUA				
PESO VOLUMETRICO SECO				



DENSIDAD MAXIMA  
OBSERVACIONES :

HUMEDAD OPTIMA



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

**ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA  
CBR**

AAHSTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

PROYECTO :

LABORATORISTA :

ING. RESPONSABLE:

FECHA :

UBICACIÓN :

**C B R**

Molde número	1E		2E		3E	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin mojar	Mojado	Sin mojar	Mojado	Sin mojar	Mojado

**E X P A N S I O N**

Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión	
			Dial	Porcentaje	Dial	Porcentaje	Dial	Porcentaje

**P E N E T R A C I O N**

Penetración Pulgadas	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2

OBSERVACIONES:



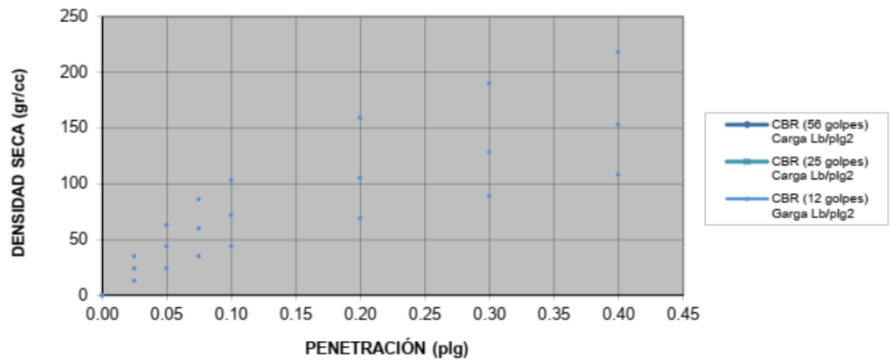
**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

**ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA  
CBR**  
AAHSTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

---

PROYECTO :	LABORATORISTA :
UBICACIÓN :	ING. RESPONSABLE :
SOLICITANTE :	FECHA :

GRÁFICO DE CBR



RESULTADOS DE LOS CBR PARA EL GRÁFICO DE LAS CURVAS

PENETRACIÓN	CBR (56 golpes)	CBR (25 golpes)	CBR (12 golpes)
mm	Carga Lb/plg2	Carga Lb/plg2	Garga Lb/plg2

OBSERVACIONES:

# Instrumentos de recolección de datos polvo de piedra triturada



**ARYU E.I.R.L.**  
**SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD**  
 APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN

PROYECTO

TEC. LAB  
 ING. RESP  
 FECHA

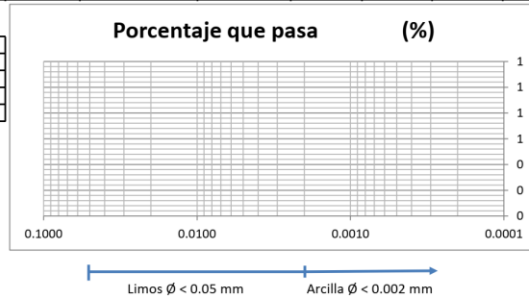
UBICACIÓN  
 TESISISTA  
 MATERIAL  
 MUESTRA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SEDIMENTACIÓN (HIDROMETRÍA); POLVO DE PIEDRA TRITURADA**  
 ASTM D7928-17

Tiempo (min)	Temperatura °C	Lectura del hidrómetro con agua y defloculante Cd	De gráfico		Rc=Rd-Cd+Ct			a=(Gs/(1.65)/(Gs-1)2.65)		P(%)=Rc*a*100/Ws		R=Rd+cm		De gráfico	
			Corrección por temperatura Ct	Lectura real del hidrómetro Rd	Lectura del hidrómetro corregido Rc	Gravedad específica de la muestra (Gs)	Corrección por gravedad específica (a)	Porcentaje que pasa (%)	Lectura del hidrómetro con agua (Cm)	Lectura del hidrómetro corregido sólo por menisco, R	Longitud del hidrómetro, L (cm)	Longitud/tiempo L/t (cm/min)	Constante (K)	Diámetro D=K √L/t (mm)	
1															
2															
5															
10															
15															
30															
60															
240															
480															
1440															

Hora de inicio

Peso de la muestra	Ws
Lectura del hidrómetro con agua más defloculante	Cd
Gravedad específica de la muestra	Gs
Lectura del hidrómetro con agua	Cm
Corrección por gravedad específica	a





**ARYU E.I.R.L.**  
**SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD**  
 APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN

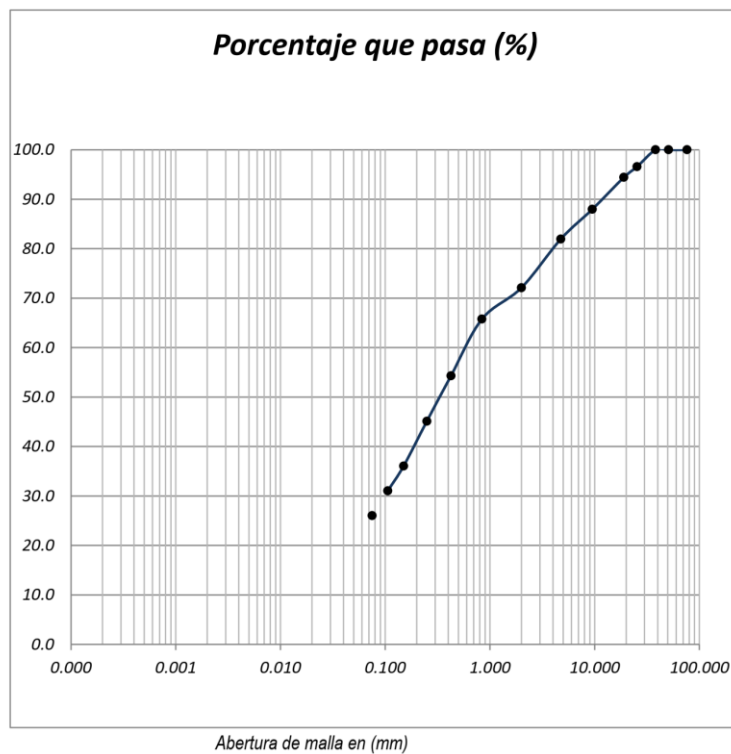
PROYECTO

TEC. LAB  
 ING. RESP  
 FECHA

UBICACIÓN  
 SOLICITANTE  
 MATERIAL  
 MUESTRA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GLOBAL (GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS); SUB RASANTE POLVO DE PIEDRA TRITURADA**

Tamiz (plg)	Tamiz (mm)	% que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1 1/2"	38.100	100.0
1"	25.400	96.6
3/4"	19.000	94.4
3/8"	9.500	88.0
Nº 4	4.750	81.9
Nº 10	2.000	72.1
Nº 20	0.840	65.8
Nº 40	0.425	54.3
Nº 60	0.250	45.1
Nº 100	0.150	36.1
Nº 140	0.106	31.1
Nº 200	0.075	26.0
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000





**ARVUEIRL**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD  
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN

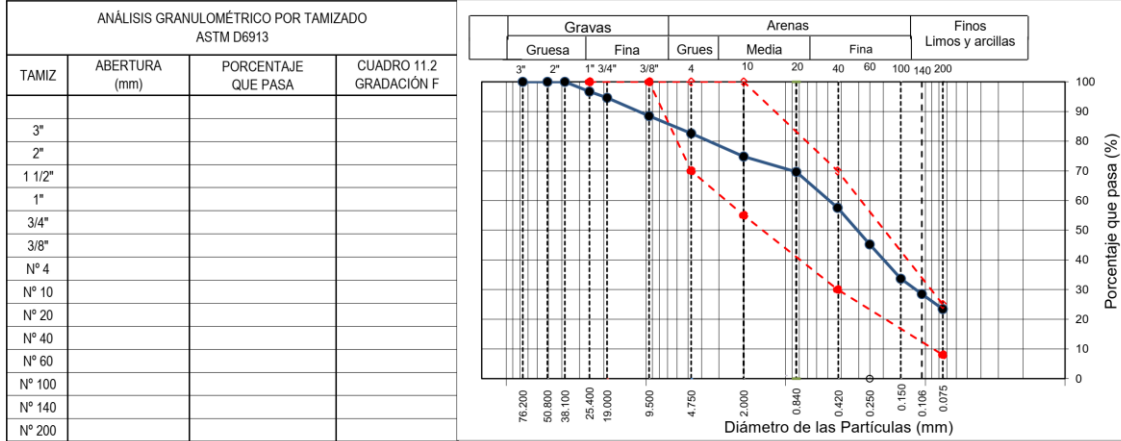
Proyecto

Registro N°:

Tesista  
Ubicación  
Muestra

Tesista  
Ing. Responsable  
Fecha de Ensayo:

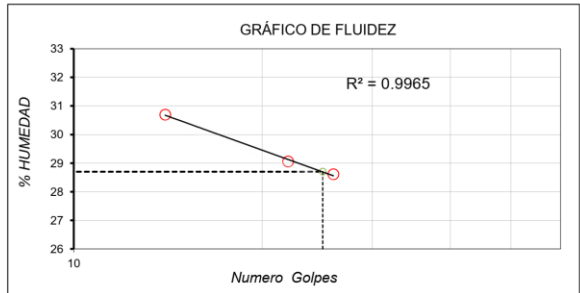
**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17**



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
MÉTODO DE SECADO	
MÉTODO DE REPORTE	
MATERIALES EXCLUIDOS	

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	
TAMIZ SEPARADOR	
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	
LÍMITE PLÁSTICO	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	
NOMBRE DEL GRUPO	Arena arcillosa con grava

Anexo 4. Validez

**CONSTANCIA DE VALIDACION**

Yo, MERCEDES LILIANA PRIETO CASTILLO identificado con DNI 42064805 con CIP N° 93536, como profesional en Ingeniería Civil, con grado de MAESTRA EN CIENCIAS, por medio de este presente hago constar que he revisado los siguientes formatos:

1. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO – MTC E 107-2000.
2. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO - MTC E 110 Y MTC E 111.
3. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO - MTC E 115-1999.
4. DOS FORMATOS DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA (CBR)- MTC E 132-1999.
5. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO POR SEDIMENTACION (HIDROMETRIA); POLVO DE PIEDRA TRITURADA – ASTM D7928-17.
6. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO GLOBAL (GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS); SUBRASANTE Y POLVO DE PIEDRA TRITURADA.
7. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA LOS ENSAYOS DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS ASTM D2487-17.

Con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al tesista de la Universidad Cesar Vallejo SANDRA PAOLA, PINO SANCHEZ quien elabora la tesis titulada:

***“Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022.”***

Puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.					X
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.					X
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.					X
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.				X	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.				X	

CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.					X
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.					X

<b>VALORACION TOTAL</b>	<b>38</b>
-------------------------	-----------

**Fuente:** Adaptación de Olano (2003)

La validación se realiza en función a la valoración total obtenida:

<b>VALIDACION</b>	<b>DEFICIENTE</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BUENO</b>	<b>EXCELENTE</b>
<b>RANGO DE VALORACION</b>	0 – 20	21 – 30	31 – 36	37 – 40

La valoración obtenida fue de 38 y está dentro del rango de valoración 37 - 40 y su validación fue EXCELENTE.

Moquegua, 24 de agosto del 2022

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

  
 M. Liliana Prieto Castillo  
 Ingeniero Civil  
 REG. CIP. N° 93536

Firma del experto

N° DNI: 42064805

N° CIP: 93536



## CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI identificado con DNI 01335859 con CIP N° 81732, como profesional en Ingeniería Civil, magister en ingeniería civil en mención a DISEÑO Y CONSTRUCCIONES, por medio de este presente hago constar que he revisado los siguientes formatos:

1. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO – MTC E 107-2000.
2. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO - MTC E 110 Y MTC E 111.
3. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO - MTC E 115-1999.
4. DOS FORMATOS DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA (CBR)- MTC E 132-1999.
5. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO POR SEDIMENTACION (HIDROMETRIA); POLVO DE PIEDRA TRITURADA – ASTM D7928-17.
6. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO GLOBAL (GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS); SUBRASANTE Y POLVO DE PIEDRA TRITURADA.
7. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA LOS ENSAYOS DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS ASTM D2487-17.

Con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al tesista de la Universidad Cesar Vallejo SANDRA PAOLA, PINO SANCHEZ quien elabora la tesis titulada:

***“Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022.”***

Puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.				X	
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.				X	
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.				X	
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.				X	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.					X

COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.					X

<b>VALORACION TOTAL</b>	35
-------------------------	----

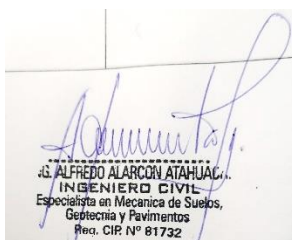
**Fuente:** Adaptación de Olano (2003)

La validación se realiza en función a la valoración total obtenida:

<b>VALIDACION</b>	<b>DEFICIENTE</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BUENO</b>	<b>EXCELENTE</b>
RANGO DE VALORACION	0 – 20	21 – 30	31 – 36	37 – 40

La valoración obtenida fue de 35 y está dentro del rango de valoración 31 - 36 y su validación fue BUENO.

Moquegua, 26 de agosto del 2022



.G. ALFREDO ALARCON ATAHUALPA  
 INGENIERO CIVIL  
 Especialista en Mecánica de Suelos,  
 Geotécnica y Pavimentos  
 Reg. CIR N° 81732

---

Firma del experto

N° DNI: 01335859

N° CIP: 81732

## CONSTANCIA DE VALIDACION

Yo, JOSE LUIS YTUZA PACHECO identificado con DNI 29376793 con CIP N° 51608, como profesional en Ingeniería Civil, maestro en ciencias contables y financieras con mención en GERENCIA PUBLICA Y GOBERNABILIDAD, por medio de este presente hago constar que he revisado los siguientes formatos:

1. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO – MTC E 107-2000.
2. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO - MTC E 110 Y MTC E 111.
3. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO - MTC E 115-1999.
4. DOS FORMATOS DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA (CBR)- MTC E 132-1999.
5. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO POR SEDIMENTACION (HIDROMETRIA); POLVO DE PIEDRA TRITURADA – ASTM D7928-17.
6. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO GLOBAL (GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS); SUBRASANTE Y POLVO DE PIEDRA TRITURADA.
7. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA LOS ENSAYOS DE CLASIFICACION DE LOS SUELOS ASTM D2487-17.

Con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al tesista de la Universidad Cesar Vallejo SANDRA PAOLA, PINO SANCHEZ quien elabora la tesis titulada:

***“Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022.”***

Puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.				X	
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.					X
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.					X
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.				X	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.					X

COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.				X	

<b>VALORACION TOTAL</b>	<b>37</b>
-------------------------	-----------

**Fuente:** Adaptación de Olano (2003)

La validación se realiza en función a la valoración total obtenida:

<b>VALIDACION</b>	<b>DEFICIENTE</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BUENO</b>	<b>EXCELENTE</b>
RANGO DE VALORACION	0 – 20	21 – 30	31 – 36	37 – 40

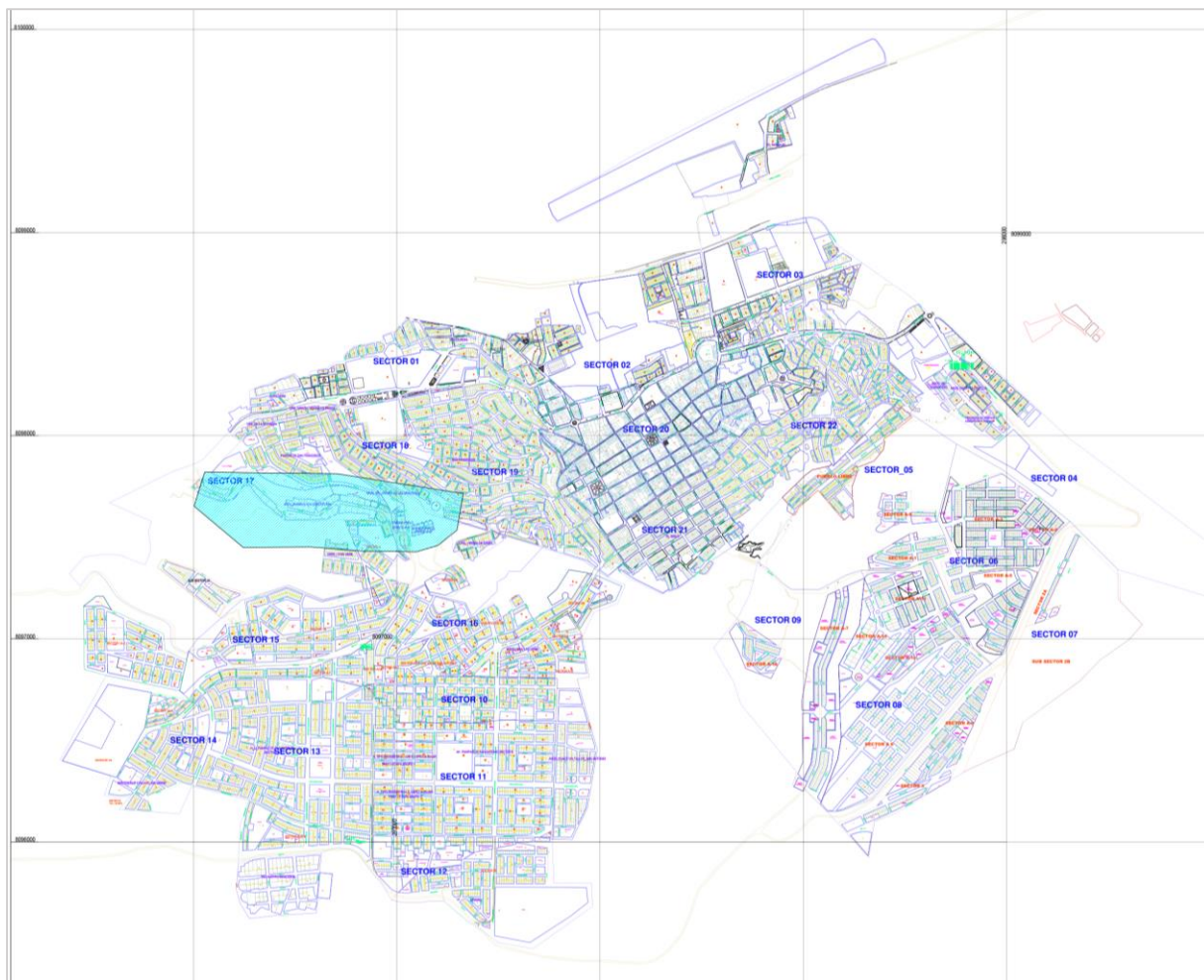
La valoración obtenida fue de 37 y está dentro del rango de valoración 37 - 40 y su validación fue EXCELENTE.

Moquegua, 09 de setiembre del 2022



Firma del experto  
 N° DNI: 29376793  
 N° CIP: 51608

## Anexo 5. Mapas y Planos



*Figura 29.* Mapa de ubicación de la Avenida Francisco Falman

Fuente: Elaboración propia

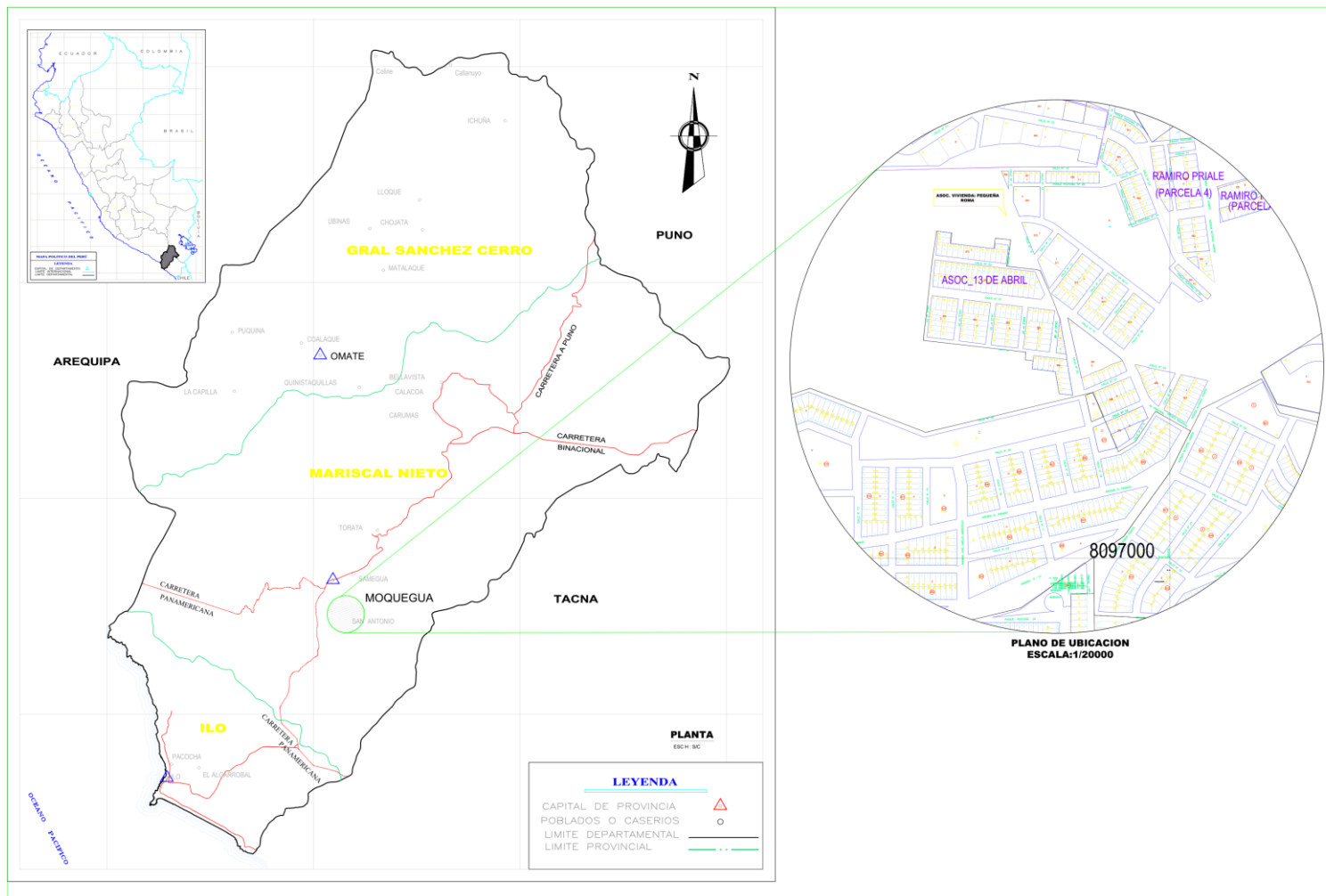


Figura 30. Plano de ubicación del proyecto de investigación en la Avenida Francisco Falman  
Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Panel fotográfico



Fotografía 1: Toma de medidas



Fotografía 2: Sondeo zona de estudio



Fotografía 3: Apertura calicata C1



Fotografía 4: Apertura calicata C2



Fotografía 5: Apertura calicata C3



Fotografía 6: Apertura calicata C4



Fotografía 7: Apertura calicata C5



Fotografía 8: Profundidad de calicata C1



Fotografía 9: Profundidad de calicata  
C2



Fotografía 10: Talud de corte.



Fotografía 11: Profundidad de  
calicata C3



Fotografía 12: Cantera de polvo de  
piedra triturada.





Fotografía 13: Toma de muestras de polvo de piedra triturada.



Fotografía 14: Almacenamiento en cantera de polvo de piedra



Fotografía 15: Cuarteo de muestras para ensayos



Fotografía 16: Separación de gravas y arenas.



Fotografía 17: Tamizado de muestras



Fotografía 18: Pesaje de grava en balanza digital.



Fotografía 19: Ensayo de limite liquido



Fotografía 20: Muestras de límites de plasticidad.



Fotografía 21: Granulometría de arenas.



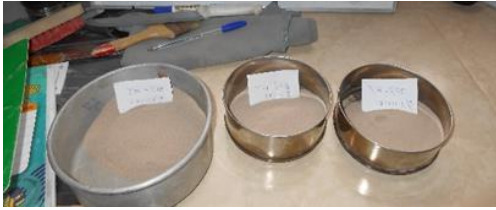
Fotografía 22: Peso unitario de muestras



Fotografía 23: Peso de Polvo de piedra triturada.



Fotografía 24: Ensayo de sedimentación de suelos finos.



Fotografía 25: polvo de piedra triturada con 5%, 10% y 20%.



Fotografía 26: Granulometría por sedimentación.



Fotografía 27: Pasante por tamiz N° 40



Fotografía 28: Gravedad específica de los suelos.



Fotografía 29: Muestras compactadas para CBR.



Fotografía 30: Proctor modificado.



Fotografía 31: Saturación de muestras en agua.



Fotografía 32: Compactado de muestras para CBR.



Fotografía 33: Drenado de muestras CBR.



Fotografía 34: Ensayo de penetración CBR.



## Anexo 8. Certificados de laboratorio de los ensayos



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

APV César Vizcarra Vargas, calle Jerusalén A-15, C. P. Chen Chen  
Celular n° 953965527

---

### **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA PAVIMENTACIÓN EN LA AVENIDA FRANCISCO FALMAN**

#### **LÍNEA DE INVESTIGACION INFRAESTRUCTURA VIAL**

“ADICIÓN DEL POLVO DE PIEDRA TRITURADA PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA FRANCISCO FALMAN, CENTRO POBLADO SAN FRANCISCO – MOQUEGUA 2022”.

#### **UBICACIÓN**

Distrito de San Francisco.

#### **TESISTA**

Bach. Pino Sánchez Sandra Paola.

#### **FECHA**

27/07/2022

## **1. GERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

La presente investigación se realiza a solicitud de la tesista Pino Sánchez Sandra Paola, con la finalidad de determinar las propiedades físicas y mecánicas a nivel de subrasante, Polvo de piedra triturada y la Optimización de los suelos a nivel de subrasante con Polvo de piedra triturada en el marco de Investigación de la influencia del Uso de polvo de piedra triturada en la Estabilización de Suelos para la Pavimentación en la avenida Francisco Falman, ubicado en el distrito de Moquegua, centro poblado de San Francisco, de la ciudad de Moquegua.

Tng. Civil SIMON ORDOÑEZ FALCO  
CIP. 5430J

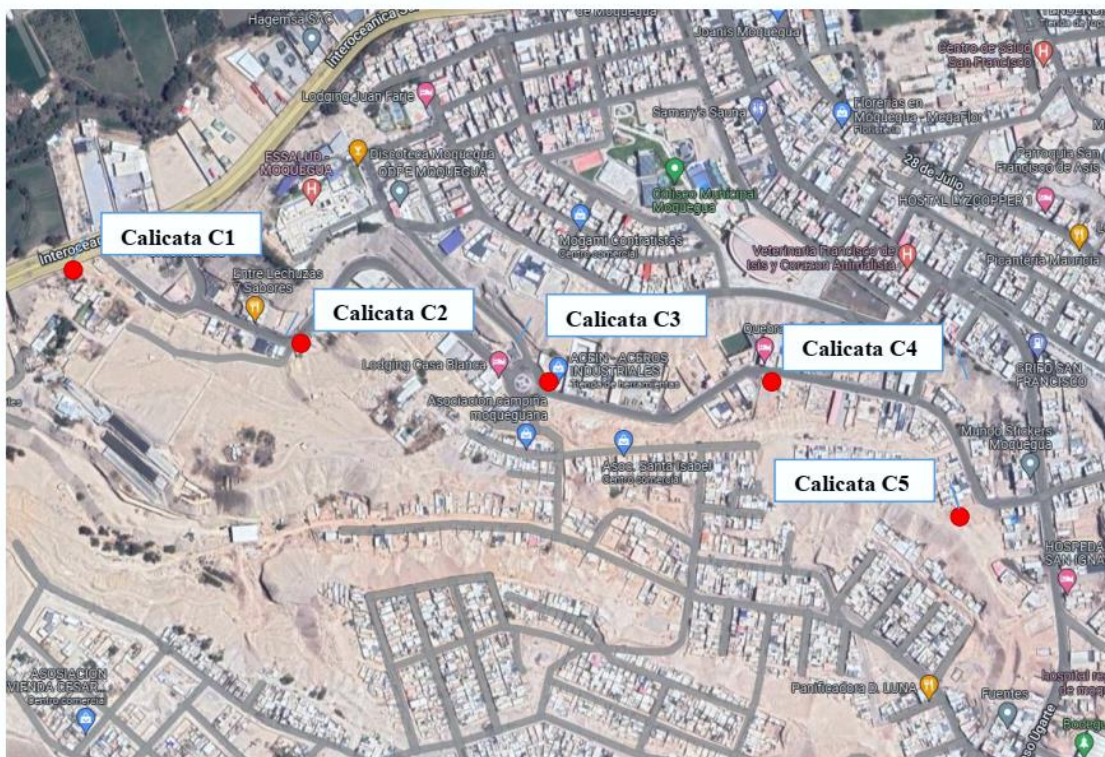
## 1.2 Objetivos del Estudio

- \* Determinar las características físicas y mecánicas de los materiales a nivel de subrasante con fines de estabilización de suelos.
- \* Determinar las propiedades físicas y mecánicas del polvo de piedra triturada, como producto residual del proceso de producción en la planta de agregados de la cantera "Municipal".
- \* Optimización del suelo a nivel de subrasante con Polvo de piedra triturada.
- \* Confeccionar las columnas estratigráficas de las calicatas a nivel de subrasante


## 1.3 Ubicación y descripción del área en estudio

REGION : Moquegua  
PROVINCIA : Mariscal Nieto  
DISTRITO : Moquegua  
SECTOR : cp. San Francisco, Av. Francisco Falman

El Proyecto de investigación, se encuentra ubicado en el sector de la avenida Francisco Falman.



**CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALCO  
CIP. 54333

#### 1.4 Fases del estudio

- Recopilación de información existente
- Investigación de campo
- Ensayos de Laboratorio
- Trabajos de gabinete
- Elaboración del Informe Técnico

#### 1.5 Acceso al área del Proyecto

##### Vía de acceso

Al sector del Proyecto se accede por Interoceánica Sur-Avenida Alfonso Ugarte y por la Avenida Santa Fortunata del distrito de San Antonio, según croquis de ubicación del Proyecto.

#### 1.6 Condición climática y altitud de la zona

De acuerdo a la información meteorológica suministrada por el SENAMHI, establece que el clima se caracteriza por su luminosidad (8.7 horas de sol como promedio al día); la temperatura varía entre los 11°C y 29°C, con marcada variación entre el día y la noche, baja a regular precipitación fluvial en la estación de invierno y una humedad relativa que varía entre 46% y 68%.

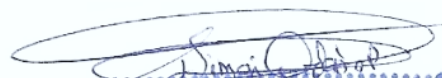
Características climáticas.

Precipitación líquida media anual	75.15mm
Humedad relativa promedio	57%
Temperatura máxima promedio anual	25 °C
Temperatura mínima promedio anual	11 °C
Temperatura media promedio anual	21.5 °C

Se encuentra ubicado aproximadamente a 1400 m.s.n.m.

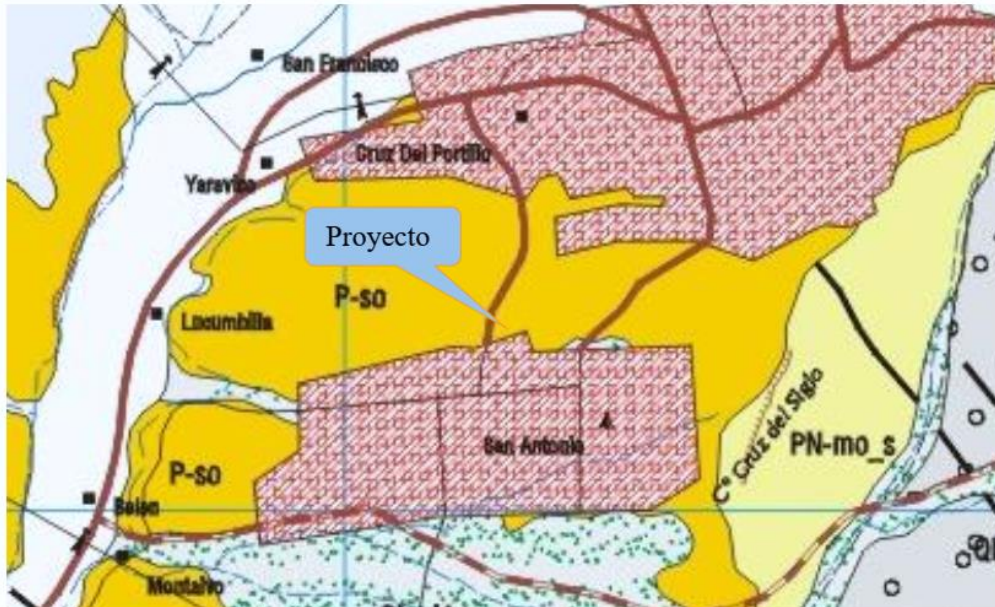
## 2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

El proyecto de Investigación, se ubica geológicamente en la carta 35-u4 Moquegua; del Eratema Cenozoica, Sistema Paleógeno, Serie Eocena-Oligocena, Formación Sotillo, conformado por arcillas y limolitas rojas (P-so),



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALERO  
CIP. 54304





## 2.1 UBICACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Efectos del Sismo

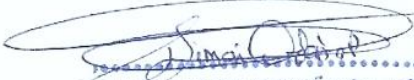
El factor de suelo contemplado en las Normas Técnicas de Edificación Peruana, depende de las características y espesores de los suelos que conforman el perfil estratigráfico del terreno de fundación. En el presente caso, el Proyecto se encuentra ubicado en la Zona 4,  $Z=0.45$ .

Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido como una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor  $Z$  se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

En el presente Proyecto de investigación, se ha realizado la excavación con una retroexcavadora hasta 1.50 metros de profundidad en suelo lodolítico.

La subrasante en el sector del Proyecto, corresponde al Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Suelos Intermedios corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , entre 180m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $N_{60}$  entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia a la corte en condiciones no drenada.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada,  $S_u$ , entre 50 kPa (0.5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1

  
 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALERO  
 CIP. 54303

kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Y los parámetros de Sitio son: factor de suelo de  $S_2= 1.05$  y un periodo predominante de vibración  $T_p$  de 0.6 seg y  $T_L= 2.0$

## 2.2 Geodinámica Interna y externa

### Geodinámica interna.

La distribución de sismos en tiempo y espacio es una materia elemental en sismología, observaciones sísmicas han acumulado una extensa información de la actividad sísmica (Sismicidad).

La definición de la palabra "sismicidad" no es muy precisa, pero podemos describirla como la actividad sísmica en un área particular durante un cierto período de tiempo, o como la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas. Sin embargo, la representación de la sismicidad deberá tener en cuenta no sólo el número de eventos registrados sino también su dimensión, frecuencia y distribución espacial, así como su modo de ocurrencia.

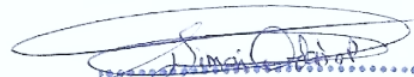
### Sismicidad Histórica

Aunque se tiene referencias históricas del impacto de terremotos durante el Imperio de los Incas, la información se remonta a la época de la conquista. En la descripción de los sismos se han utilizado como documentos básicos los trabajos de Silgado (1968) y Tesis de los cuales hacemos algunas referencias de eventos sísmicos hasta antes del 23 de junio de 2001.

19 de febrero de 1600.- A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza obscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los más pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.

18 de Setiembre de 1833.- A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasionó la destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya, murieron 18 personas; fue, sentido en La Paz y Cochabamba, en Bolivia.

24 de agosto de 1942.- A las 17:51. Terremoto en la región limítrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fue, situado entre los

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAJERO  
CIP. 54333

paralelos de 14° y 16° de latitud Sur. Causó gran destrucción en un área de 18,000 kilómetros cuadrados.

Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sintió fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Su posición geográfica fue -15° Lat. S. y -76° long. W. y una magnitud de 8.4, en Arequipa tuvo una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli.

03 de octubre de 1951.- A las 06:08. Fuerte temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzó una intensidad del grado VI en la Escala Modificada de Mercalli. Se sintió fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición geográfica fue de -17° Lat. S. y -71° Long. W., y su profundidad de 100 Km.

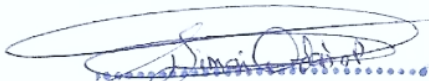
15 de enero de 1958.- A las 14:14:29. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli, y de grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K. (Medvedev, Sponheuer y Karnik), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940.

El pueblo de Yura fue sacudido fuertemente, el movimiento sísmico también se sintió en las localidades de Chuquibamba, Aplao y Moquegua.

La posición geográfica del epicentro fue localizada en las siguientes coordenadas: -16.479° Lat. y -71.648° long. W., con una profundidad focal de 60 Km y una magnitud 6.3.

23 de junio de 2001.- A las 15 horas 33 minutos, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna, Arequipa y parte de Ayacucho, Adjunto al presente se muestran las isosistas del terremoto, elaborado por el Instituto Geofísico - UNSA. Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios miles de post-sacudidas o réplicas.

La localidad más afectada por el terremoto fue la ciudad de Moquegua, donde las casonas de tipo colonial por ser de material rústico de desplomaron, y el centro poblado de San Francisco las viviendas construidas en zonas de fuerte pendiente por pérdida de fricción colapsaron inevitablemente, trayendo consigo destrucción y lamentable pérdida de vidas humanas.



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO  
CIP. 54303

El Sistema de Defensa Civil y medios de comunicación han informado en el departamento de Moquegua la muerte de 35 personas, así como desaparecidos y miles de edificaciones destruidas.

### **Tectonismo de la Región Andina**

El Sur del Perú es, desde el punto de vista tectónico, una de las regiones más activas de la tierra y está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos, la actividad tectónica de la región occidental del continente sudamericano, están relacionadas con la interacción principalmente de las Placas Litosféricas de América del Sur y de Nazca, constituyendo una de las regiones de subducción más extensas en nuestro planeta. En esa interacción también deben ser considerados los efectos que causan las placas menores próximas como la de Cocos y la del Caribe en la porción norte y la placa de Escocia en la porción sur, principalmente por presentar diferentes velocidades y direcciones del movimiento con relación a las Placas principales.

### **Geodinámica externa**

La zona donde se ubica el Proyecto de Investigación, es vulnerable; puesto que está sujeta a peligros de inundación, erosión e infiltración a la subrasante de las vías existente, en las épocas de lluvias extremas que ocurren en los meses de diciembre a marzo.

## **3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

Los trabajos de exploración de campo se desarrollaron, en función a 05 calicatas denominadas C1, C2, C3, C4 y C5 a nivel de subrasante, con fines de estabilización de suelos de la infraestructura vial.

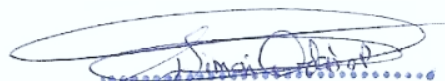
Adjunto al presente, se muestra el croquis de ubicación del Proyecto donde se han realizado las 05 calicatas con una retroexcavadora.

“In Situ”, se tomaron muestras representativas disturbadas de los materiales de los estratos existentes a nivel del terreno de fundación. Asimismo; la descripción de sus características físicas: tamaño y forma de las partículas, humedad, color y densidad.

Asimismo; se ha tomado muestras de polvo de piedra triturada de la cantera “Municipal”, producto del proceso de producción de agregados, durante el chancado y zarandeo del material.

## **4. ENSAYOS DE LABORATORIO**

### **Ensayos estándar**



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO  
CIP. 54303

Para determinar las características físicas mecánicas de los materiales a nivel del terreno de fundación; se realizaron, los ensayos estándares siguientes:

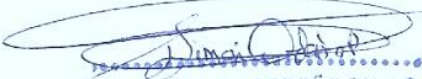
Granulometría por tamizado	ASTM D6913M-17
Humedad natural	ASTM D2216-19
Determinación de LL., LP, IP	ASTMD4318-17e1
Gravedad específica de sólidos	ASTM D854-14
Densidad mínima	ASTM D4254-16
Clasificación SUCS, AASHTO	

### **Ensayos especiales**

Proctor Modificado	ASTM D1557-12e1
California Bearing Ratio CBR (miniplaca)	ASTM D1883-16
Análisis granulométrico por Sedimentación (Hidrometría)	ASTM D7928-17

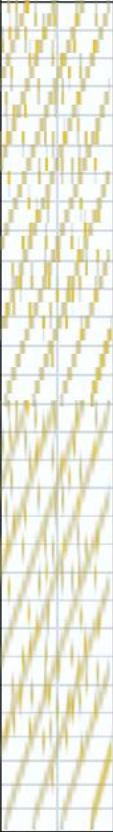
## **5. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS DE LAS CALICATAS A NIVEL DE SUBRASANTE**

De acuerdo a los resultados de los ensayos estándar y la clasificación SUCS de los materiales a nivel del terreno de fundación, se han elaborado las columnas estratigráficas correspondientes; cuyas descripciones detalladas se adjuntan al presente Estudio Técnico.

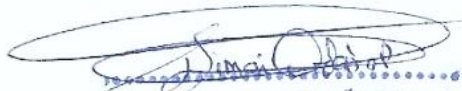


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALERO  
CIP. 54304

## PERFIL ESTRATIGRÁFICO, CALICATA C-01

PROFUNDIDAD		SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00	cm	SC		Conformado por arena arcillosa, con 1.7% de contenido de humedad, de color beige a rojizo; suelo cohesivo compacto.
10	cm			
20	cm			Material de origen lodolítico
30	cm			A la profundidad máximo de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.
40	cm			
50	cm			
60	cm			
70	cm			
80	cm			
90	cm			
100	cm			
110	cm			
120	cm			
130	cm			
140	cm			
150	cm			
160	cm			
170	cm			
180	cm			
190	cm			
200	cm			
:				
:	cm			



  
 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALERO  
 CIP. 54303

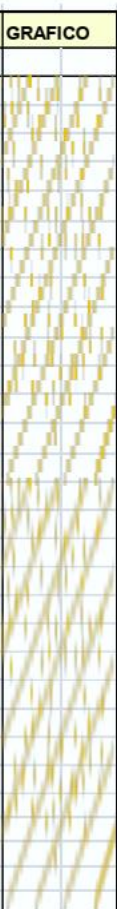
## PERFIL ESTRATIGRÁFICO, CALICATA C-02

PROFUNDIDAD	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00 cm			
10 cm			Conformado por arena arcillosa, con 2.0% de contenido de humedad, de color beige a rojizo; suelo cohesivo compacto.
20 cm			Material de origen lodolítico
30 cm	SC		A la profundidad máximo de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.
40 cm			
50 cm			
60 cm			
70 cm			
80 cm			
90 cm			
100 cm			
110 cm			
120 cm			
130 cm			
140 cm			
150 cm			
160 cm			
170 cm			
180 cm			
190 cm			
200 cm			
:			
:			



  
 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PÁEZ  
 CIP. 5433J

### PERFIL ESTRATIGRÁFICO, CALICATA C-03

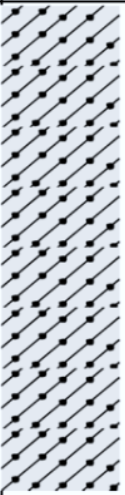
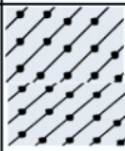
PROFUNDIDAD	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00 cm			
10 cm			Conformado por arena arcillosa, con 1.8% de contenido de humedad, de color beige; suelo cohesivo compacto.
20 cm			Material de origen lodolítico
30 cm	SC		A la profundidad máximo de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.
40 cm			
50 cm			
60 cm			
70 cm			
80 cm			
90 cm			
100 cm			
110 cm			
120 cm			
130 cm			
140 cm			
150 cm			
160 cm			
170 cm			
180 cm			
190 cm			
200 cm			
:			
:			

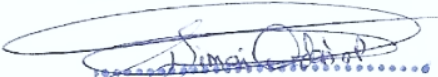


  
 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAUCO  
 CIP. 54303


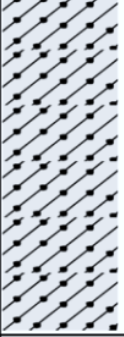


**PERFIL ESTRATIGRÁFICO, CALICATA C-04**

PROFUNDIDAD	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00 cm	SC		<p>Conformado por arena arcillosa con gravas, de color beige, aparentemente seco al estado natural y presenta una compacidad muy suelta</p> <p>Relleno artificial no controlado de origen lodolítico (moro moro).</p>
10 cm			
20 cm			
30 cm			
40 cm			
50 cm			
60 cm			
70 cm			
80 cm			
90 cm			
100 cm	SC		<p>Conformado por arena arcillosa de color beige a rojizo, aparentemente seco al estado natural y presenta una compacidad suelta a media. Material de origen lodolítico (moro moro)</p> <p>A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la la continuidad del estrato.</p>
110 cm			
120 cm			
130 cm			
140 cm			
150 cm			
160 cm			
170 cm			
180 cm			
190 cm			
200 cm			
...			
... cm			

  
 Ing. Civil SIMON ORDOÑO FALERO  
 CIP. 5433J

### PERFIL ESTRATIGRÁFICO, CALICATA C-05

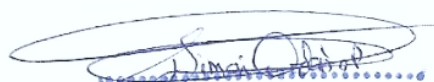
PROFUNDIDAD	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00 cm	SM		Conformado por arena limosa, aparentemente seco al estado natural, de color beige y presenta una compacidad muy suelta. Relleno artificial no controlado de origen lodolítico (moro moro).
10 cm			
20 cm			
30 cm			
40 cm			
50 cm			
60 cm	SC		Conformado por arena arcillosa, aparentemente seco al estado natural, de color beige y presenta una compacidad suelta a media  Material de origen lodolítico (moro moro).  A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.
70 cm			
80 cm			
90 cm			
100 cm			
110 cm			
120 cm			
130 cm			
140 cm			
150 cm			
160 cm			
170 cm			
180 cm			
190 cm			
200 cm			
·			
·			
·			

**6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS MATERIALES A NIVEL DE SUBRASANTE CON FINES DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y PAVIMENTACIÓN.**

**Calicata C-01**

Se ha excavado hasta 1.50 metros de profundidad; está conformado por arenas arcillosas (SC), con 1.7% de contenido de humedad, de color beige a rojizo y es un suelo cohesivo compacto. A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.

**Calicata C-02**

  
 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO  
 CIP. 54303

Se ha excavado hasta 1.50 metros de profundidad; está conformado por arenas arcillosas (SC), con 2.0% de contenido de humedad, de color beige a rojizo y es un suelo cohesivo compacto. A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.

#### **Calicata C-03**

Se ha excavado hasta 1.50 metros de profundidad; está conformado por arenas arcillosas (SC), con 1.8% de contenido de humedad, de color beige y es un suelo cohesivo compacto. A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.

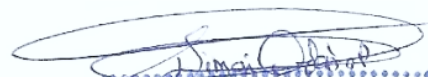
#### **Calicata C-04**

Se ha excavado hasta 1.50 metros de profundidad; está conformado por arenas arcillosas (SC), con 2.0% de contenido de humedad, de color beige a rojizo y es un suelo cohesivo compacto. A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.

#### **Calicata C-05**

Se ha excavado hasta 1.50 metros de profundidad; está conformado por arenas arcillosas (SC), con 1.8% de contenido de humedad, de color beige y es un suelo cohesivo compacto. A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la continuidad del estrato.

- 7. DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL POLVO DE PIEDRA TRITURADA, COMO PRODUCTO RESIDUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE AGREGADOS DE LA CANTERA "Municipal".**



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALCO  
CIP. 54303

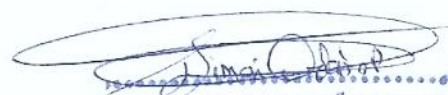


### UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CON RESPCTO A LA CANTERA “MUNICIPAL”

— Ruta desde el Proyecto hasta la cantera: 7.30 km.

**Acceso:** La distancia desde el Proyecto de Tesis hasta la cantera “Municipal” (Alonso III) es de 7.30 km., y el recorrido es por la avenida Santa Fortunata-carretera Binacional-San Antonio-carretera a Toquepala y finalmente a través de una trocha carrozable se arriba a la indicada cantera.

Realizado los ensayos estándar de granulometría, límites de consistencia y clasificación: SUCS y AASHTO, se ha obtenido los resultados siguientes

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALERO  
CIP. 54333



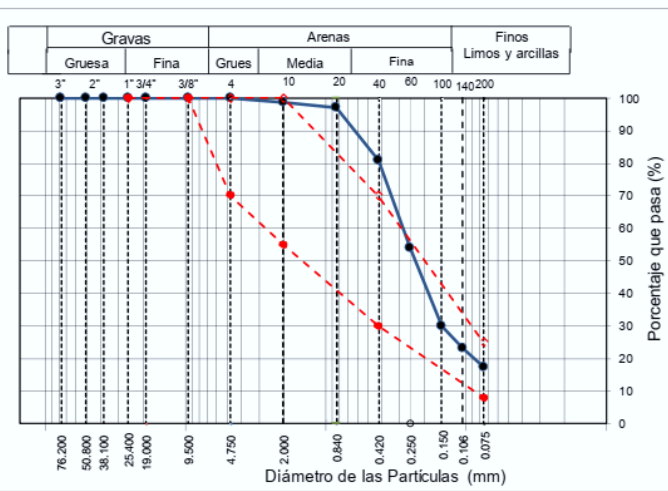
Proyecto : "Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022  
 Tesista : Bach. Ing. Pino Sánchez, Sandra Paola  
 Ubicación : Distrito de San Francisco  
 Progresiva : M-1  
 Material : Material de Subrasante

Registro N°: ARYU-SUCS-01-2022

Laboratorista: G. Flores M.  
 Ing. Responsable: Simón Ordoño P.  
 Fecha de Ensayo: 07/27/2022

**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17 + ADICIÓN DE POLVO DE PIEDRA TRITURADA**

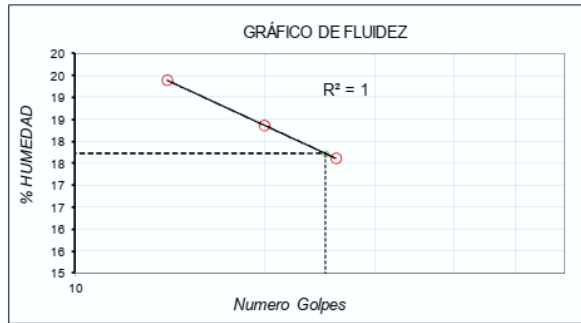
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	TABLA 301-01 GRADACIÓN A-2
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100 - 100
3/8"	9.500	100.0	
Nº 4	4.750	100.0	70 - 100
Nº 10	2.000	98.7	55 - 100
Nº 20	0.840	97.2	
Nº 40	0.425	80.8	30 - 70
Nº 60	0.250	53.8	
Nº 100	0.150	29.9	
Nº 140	0.106	23.2	
Nº 200	0.075	17.3	08 - 25



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.6
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/-5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM arena limosa, de color beige, aparentemente seco
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	Nº4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	17.72
LÍMITE PLÁSTICO	17.68
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0.04
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	423.1
ÍNDICE DE LIQUEDEZ (IL)	-422.1
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	82.7
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	17.3

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limosa

Ing. Civil SIMÓN ORDOÑO PABLO  
 CIP. 54303



**ARVU EIRC**  
**SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD**  
**APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN**  
 CELULAR N° 953965527

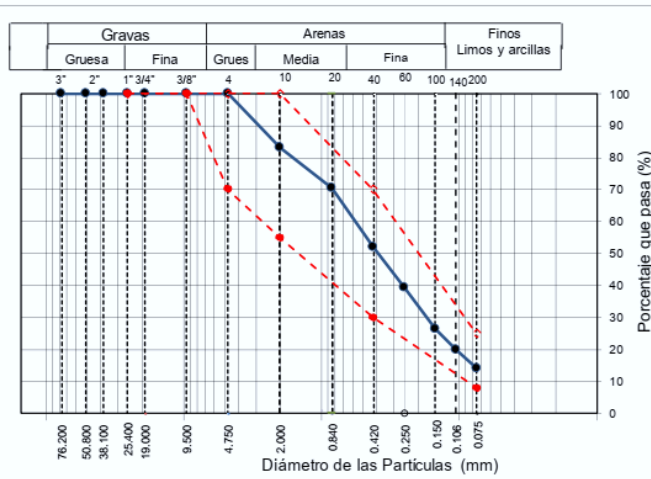
Proyecto : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022  
 Testista : Bach. Ing. Pino Sánchez, Sandra Paola  
 Ubicación : Distrito de San Francisco  
 Progresiva : M-2  
 Material : Material de Subrasante

Registro N°: ARYU-SUCS-01-2022

Laboratorista: G. Flores M.  
 Ing. Responsable: Simón Ordoño P.  
 Fecha de Ensayo: 07/27/2022

**ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS, ASTM D2487-17 + ADICIÓN DE POLVO DE PIEDRA TRITURADA**

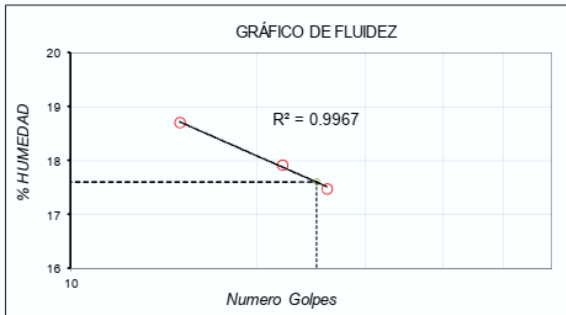
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	TABLA 301-01 GRADACIÓN A-2
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100 - 100
3/8"	9.500	100.0	
Nº 4	4.750	100.0	70 - 100
Nº 10	2.000	83.2	55 - 100
Nº 20	0.840	70.4	
Nº 40	0.425	52.0	30 - 70
Nº 60	0.250	39.4	
Nº 100	0.150	26.2	
Nº 140	0.106	19.8	
Nº 200	0.075	13.9	08 - 25



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.2
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	SM arena limosa, de color beige, aparentemente seco
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	Secada al horno a 110 +/- 5°C
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	Tamizado compuesto
TAMIZ SEPARADOR	Nº 4
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	17.61
LÍMITE PLÁSTICO	17.54
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0.07
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	250.8
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	-249.8
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4 (0)
NOMBRE DEL GRUPO	Arena limosa

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	86.1
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	13.9

Ing. Civil SIMÓN ORDOÑO PAULINO  
 CIP. 54333

El polvo de piedra triturada denominados M-01 y M-02, son productos del zarandeo durante el proceso de producción de agregados en la cantera "Municipal". Son arenas limosas no plásticas; siendo la muestra M-01 el material más fino, con la cual se ha realizado las combinaciones en diferente proporciones con la arena arcillosa del material de subrasante correspondiente a la calicata C-03 (utilizándose ésta muestra para la investigación del presente Proyecto, debido a que supera los límites máximos de plasticidad y su CBR es menor al especificado en las normas MTC EG 2013 y Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia, Sección Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC14 (CBR=4.9%)

## 8. OPTIMIZACIÓN DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE CON POLVO DE PIEDRA TRITURADA



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD  
APV CESAR VIZCARRA VARGAS A-15 C.P. CHEN CHEN  
RUC: 20532797081

Proyecto : \*Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022  
ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.  
Tesis : Bach. Ing. Pino Sánchez, Sandra Paola  
Ubicación : Distrito de San Francisco  
Muestra : Material de Subrasante

**CUADRO RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE LA SUBRASANTE, POLVO DE PIEDRA TRITURADA Y OPTIMIZACIÓN DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE CON PPT**

Calicata	SUCS	AASHTO	Contenido de Humedad (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	% de grava	% de Arena	% de finos	Densidad Máxima Seca (g/cc)	Humedad Óptima (%)	CBR (100%)	CBR (95%)	Gravedad específica de sólidos
----------	------	--------	--------------------------	--------	--------	--------	------------	------------	------------	-----------------------------	--------------------	------------	-----------	--------------------------------

**SUBRASANTE**

C-01	SC	A-2-4 (0)	1.72	36.12	21.93	14.19	7.3	66.03	26.67	1.890	14.38	11.8	5.2	2.589
C-02	SC	A-2-6 (0)	1.96	35.30	22.04	13.26	18.1	55.93	26.02	1.906	13.85	13.5	5.3	2.601
C-03	SC	A-2-6 (0)	1.77	37.88	21.60	16.28	6.7	66.90	26.39	1.885	15.20	11.4	4.9	2.583
C-04	SC	A-2-4 (0)	1.82	34.82	23.31	11.51	5.6	53.2	21.2	2.014	13.10	14.6	9.5	2.715
C-05	SC	A-7-5 (0)	1.70	40.51	25.10	15.42	9.5	43.6	18.9	1.884	14.65	12.6	6.7	2.596

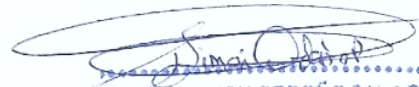
**DE PIEDRA TRITURADA**

M-01	SM	A-2-4 (0)	1.57	17.72	17.68	0.04	0.00	82.72	17.28					
M-02	SM	A-2-4 (0)	1.23	17.61	17.54	0.07	0.00	86.13	13.87					

**E LA CALICATA A TRABAJAR**

CALICATA CRITICA	SUCS	AASHTO	Contenido de Humedad (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	% de grava	% de Arena	% de finos	Densidad Máxima Seca (g/cc)	Humedad Óptima (%)	CBR (100%)	CBR (95%)	Gravedad específica de sólidos
C-03	SC	A-2-6 (0)	1.77	37.88	21.60	16.28	6.71	66.90	26.39	1.89	15.20	11.38	4.90	2.58

En el cuadro anterior, se observa los resultados de los ensayos estándar y especiales de las 05 calicatas a nivel de subrasante, conformado por arenas

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO  
CIP. 9430J

arcillosas y los resultados de los ensayos estándar de las 02 muestras M-01 y M-02 provenientes de la cantera "Municipal".

Al final del cuadro se observa los resultados de los ensayos estándar y especiales de la calicata con propiedades críticas siendo la calicata 3 la seleccionada.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El proyecto de Investigación, se ubica geológicamente en la carta 35-u4 Moquegua; del Eratema Cenozoica, Sistema Paleógeno, Serie Eocena-Oligocena, Formación Sotillo, conformado por arcillas y limolitas rojas (P-so),
- 2.- La subrasante en el sector del Proyecto, corresponde al Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Suelos Intermedios corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte Vs, entre 180m/s y 500 m/s:

En el presente caso está conformada por suelo cohesivo compacto de origen lodolítico, con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Los parámetros de Sitio son: factor de suelo de  $S_2 = 1.05$  y un periodo predominante de vibración  $T_p$  de 0.6 seg y  $T_L = 2.0$

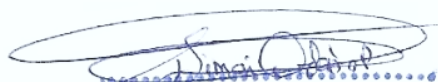
- 3.- En el cumplimiento de los objetivos del presente Proyecto de Investigación con fines de estabilización de suelos para la pavimentación de la avenida Francisco Falman, se ha determinado las características estándar y especiales del material de subrasante y polvo de piedra triturada proveniente de la cantera "Municipal"; luego de ello, se han realizado mezclas.

Sub rasante (SC) 95% + 5% de polvo de piedra triturada

Sub rasante (SC) 90% + 10% de polvo de piedra triturada

Sub rasante (SC) 80% + 20% de polvo de piedra triturada

Finalmente utilizando el método gráfico, se ha determinado la mezcla la calicata con las propiedades mas desfavorables para poder trabajar sobre las mismas siendo la elegida la calicata C-3



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALERO  
CIP. 54333



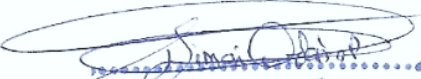
## 10. ANEXOS

### 10.1 Referencias

- Juárez Badillo – Rico Rodríguez: Mecánica de Suelos, Tomos I y II.
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck: Mecánica de Suelos en la ingeniería Práctica. Segunda Edición 1973
- K.Terzaghi, R.Peck y G.Mesri: "Soil Mechanics in Engineering Practice". Third Edition 1996
- Braja MDa. s / Fundamentos de Ingeniería Geotecnia. 7 edición 2001
- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones (2018).
- Manual de Ensayos de Materiales, 2016
- Norma E-030, Diseño Sismo resistente (2018).
- Norma ASTM
- Mapa geológico
- normas MTC EG 2013
- Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia, Sección Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC14

### 10.2 Ensayos de Laboratorio

### 10.4 Vistas fotográficas



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO  
CIP. 54303



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

**DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**

Suelo + 5% de Polvo de Piedra Triturada

MTC E-110

MTC E-111

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022

UBICACIÓN : C. P. San Francisco

SOLICITANTE : Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA: G. Flores M.

ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.

FECHA : 27 de Julio del 2022

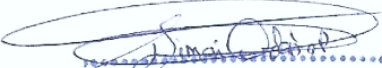
LIMITE LIQUIDO				
MUESTRA	Calicata C-03, Subrasante			
	PROFUNDIDAD	A-9		A-12
RECIPIENTE N°				
N° DE GOLPES	22		36	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	38.77		38.12	
RECIPIENTE + SUELO SECO	33.53		33.22	
PESO DE AGUA	5.24		4.90	
PESO DEL RECIPIENTE	18.67		18.49	
PESO DEL SUELO SECO	14.86		14.73	
% DE HUMEDAD	35.26		33.27	
LL	34.72		34.77	

LIMITE PLASTICO				
MUESTRA	Calicata C-03, Subrasante			
	PROFUNDIDAD	A-11		A-13
RECIPIENTE N°				
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	25.58		25.72	
RECIPIENTE + SUELO SECO	24.26		24.41	
PESO DE AGUA	1.32		1.31	
PESO DEL RECIPIENTE	18.72		18.78	
PESO DEL SUELO SECO	5.54		5.63	
% DE HUMEDAD	23.83		23.27	

MUESTRA	Calicata C-03, Subrasante
LL	35.75
LP	23.55
IP	12.20

OBSERVACIONES :Material con finos de plasticidad media

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO FALCO  
CIP. 54303



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

**DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**

**Suelo + 10% de Polvo de Piedra Triturada**

**MTC E-110**

**MTC E-111**

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE : Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA: G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.  
FECHA : 27 de Julio del 2022

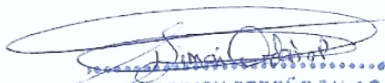
LIMITE LIQUIDO				
MUESTRA	Calicata C-03,Subrasante			
	PROFUNDIDAD			
RECIPIENTE N°	A-16		A-17	
N° DE GOLPES	16		26	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	38.81		38.99	
RECIPIENTE + SUELO SECO	33.64		33.85	
PESO DE AGUA	5.17		5.14	
PESO DEL RECIPIENTE	18.68		17.92	
PESO DEL SUELO SECO	14.96		15.93	
% DE HUMEDAD	34.56		32.27	
LL	32.74		32.42	

LIMITE PLASTICO				
MUESTRA	Calicata C-03,Subrasante			
	PROFUNDIDAD			
RECIPIENTE N°	A-20		A-4	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	25.75		26.03	
RECIPIENTE + SUELO SECO	24.24		24.50	
PESO DE AGUA	1.51		1.53	
PESO DEL RECIPIENTE	17.86		17.95	
PESO DEL SUELO SECO	6.38		6.55	
% DE HUMEDAD	23.67		23.36	

MUESTRA	Calicata C-03,Subrasante
LL	32.58
LP	23.52
IP	9.06

OBSERVACIONES :Material con finos medianamente plásticos

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO FALCO  
CIP. 54333



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

**DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**

Suelo + 20% de Polvo de Piedra Triturada

MTC E-110

MTC E-111

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE : Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA: G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.  
FECHA : 27 de Julio del 2022

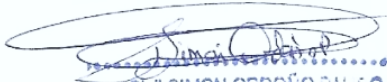
LIMITE LIQUIDO				
MUESTRA	Calicata C-03,Subrasante			
	A-2		A-4	
PROFUNDIDAD				
RECIPIENTE N°	20		30	
N° DE GOLPES				
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	38.44		37.94	
RECIPIENTE + SUELO SECO	33.87		33.52	
PESO DE AGUA	4.57		4.42	
PESO DEL RECIPIENTE	18.91		17.95	
PESO DEL SUELO SECO	14.96		15.57	
% DE HUMEDAD	30.55		28.39	
LL	29.74		29.02	

LIMITE PLASTICO				
MUESTRA	Calicata C-03,Subrasante			
	A-5		A-6	
PROFUNDIDAD				
RECIPIENTE N°				
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	24.97		25.15	
RECIPIENTE + SUELO SECO	23.76		23.70	
PESO DE AGUA	1.21		1.45	
PESO DEL RECIPIENTE	18.40		17.39	
PESO DEL SUELO SECO	5.36		6.31	
% DE HUMEDAD	22.57		22.98	

MUESTRA	Calicata C-03,Subrasante
LL	29.38
LP	22.78
IP	6.60

OBSERVACIONES :Material con finos de cierta plasticidad

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO  
CIP. 84303



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

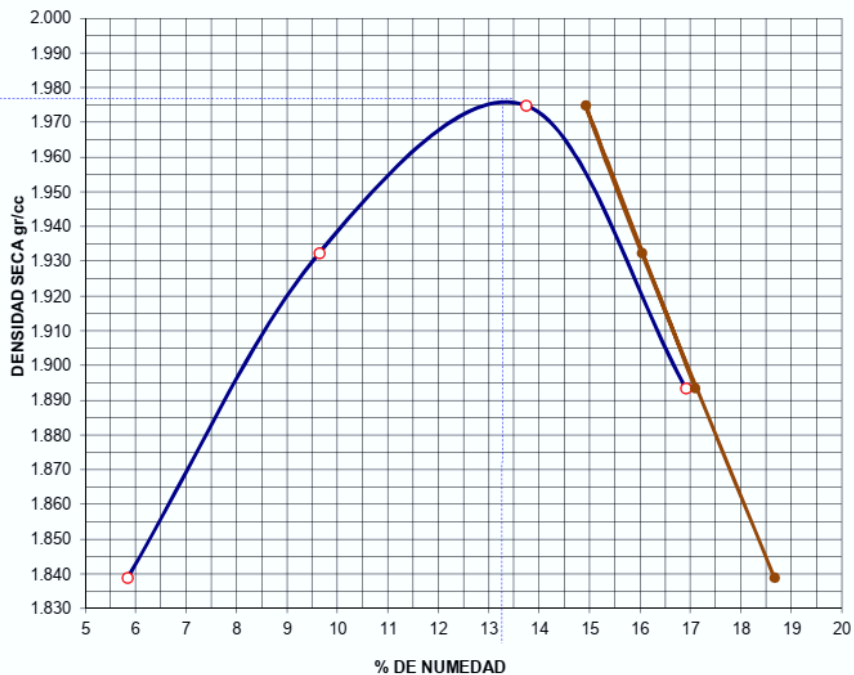
**PROCTOR MODIFICADO**  
**Suelo + 5% de Polvo de Piedra Triturada**

AASHTO T 180, ASTM D1557, MTC E115-1999

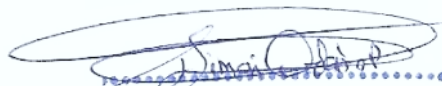
PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE: Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.  
FECHA : Julio 2022

TIPO PROCTOR	Modificado	PUNTOS			
		1	2	3	4
VOLUMEN	2124				
METODO DE COMPACTACION	C				
PESO SUELO + MOLDE		10509	10875	11146	11077
PESO MOLDE		6375	6375	6375	6375
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4134	4500	4771	4702
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		1.946	2.119	2.246	2.214
RECIPIENTE N°					
PESO SUELO HUMEDO + TARA		471	455	447	477
PESO SUELO SECO + TARA		445	415	393	408
TARA					
PESO DE AGUA		26.00	40.00	54.00	69.00
PESO DE SUELO SECO		445.00	415.00	393.00	408.00
CONTENIDO DE AGUA		5.84	9.64	13.74	16.91
PESO VOLUMETRICO SECO		1.839	1.932	1.975	1.894



DENSIDAD MAXIMA : 1.976 gr/cc      HUMEDAD OPTIMA : 14.27%  
OBSERVACIONES : Material de préstamo correspondiente al terreno de fundación Calicata: C-03, Subrasante

  
 Ing. Civil SIMÓN ORDOÑO PAURO  
 CIP. 54303



**ARYU E.I.R.L.**  
**SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD**

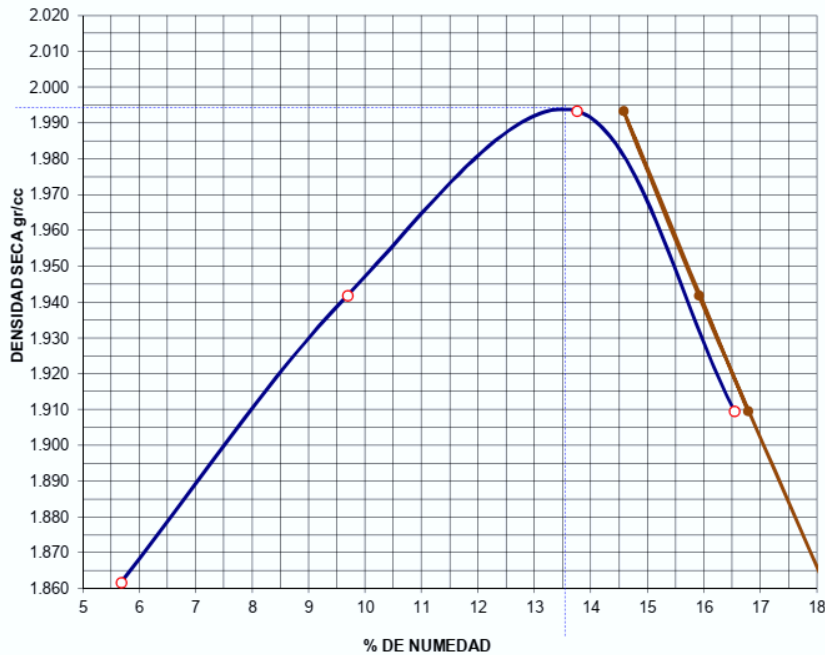
**PROCTOR MODIFICADO**  
**Suelo + 10% de Polvo de Piedra Triturada**

AASHTO T 180, ASTM D1557, MTC E115-1999

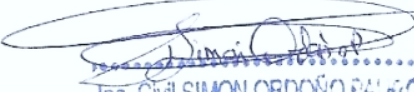
PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022  
 UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
 SOLICITANTE: Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.  
 ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.  
 FECHA : Julio 2022

TIPO PROCTOR	: Modificado	PUNTOS			
		1	2	3	4
VOLUMEN	2124				
METODO DE COMPACTACION		C	C	C	C
PESO SUELO + MOLDE		10554	10899	11191	11102
PESO MOLDE		6375	6375	6375	6375
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4179	4524	4816	4727
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		1.968	2.130	2.267	2.226
RECIPIENTE N°					
PESO SUELO HUMEDO + TARA		428	419	488	472
PESO SUELO SECO + TARA		405	382	429	405
TARA					
PESO DE AGUA		23.00	37.00	59.00	67.00
PESO DE SUELO SECO		405.00	382.00	429.00	405.00
CONTENIDO DE AGUA		5.68	9.69	13.75	16.54
PESO VOLUMETRICO SECO		1.862	1.942	1.993	1.910



DENSIDAD MAXIMA : 2.094 gr/cc      HUMEDAD OPTIMA : 13.55%  
 OBSERVACIONES : Material de préstamo correspondiente al terreno de fundación Calicata: C-03, Subrasante

  
 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO  
 CIP. 54303



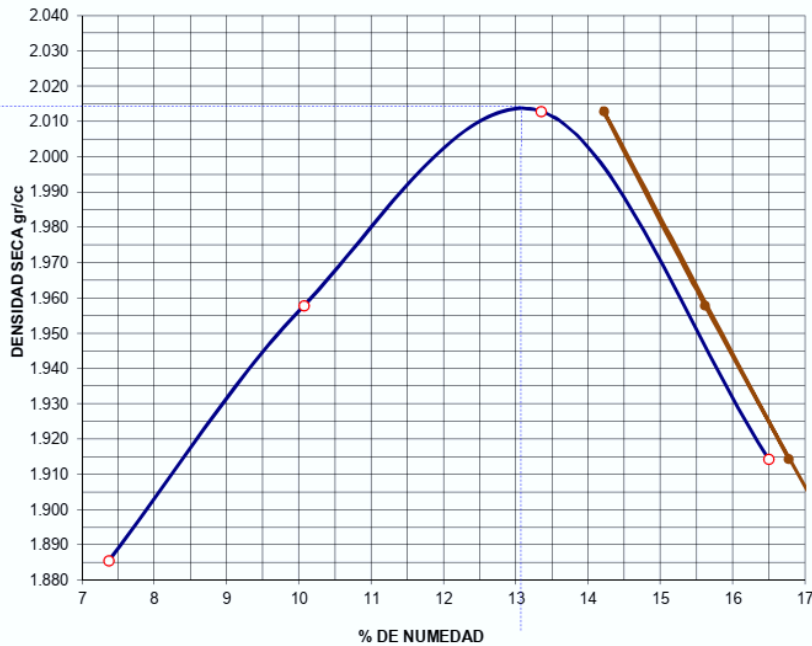
**ARYU E.I.R.L.**  
**SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD**

**PROCTOR MODIFICADO**  
**Suelo + 20% de Polvo de Piedra Triturada**

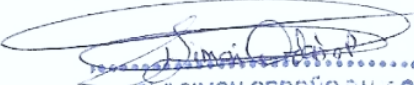
AASHTO T 180, ASTM D1557, MTC E115-1999

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022	LABORATORISTA : G. Flores M.
UBICACIÓN : C. P. San Francisco	ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.
SOLICITANTE: Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola	FECHA : Julio 2022

TIPO PROCTOR : Modificado	PUNTOS			
	1	2	3	4
VOLUMEN	2124			
METODO DE COMPACTACION	C	C	C	C
PESO SUELO + MOLDE	10675	10952	11221	11112
PESO MOLDE	6375	6375	6375	6375
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4300	4577	4846	4737
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.024	2.155	2.282	2.230
RECIPIENTE Nº				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	437	481	501	466
PESO SUELO SECO + TARA	407	437	442	400
TARA				
PESO DE AGUA	30.00	44.00	59.00	66.00
PESO DE SUELO SECO	407.00	437.00	442.00	400.00
CONTENIDO DE AGUA	7.37	10.07	13.35	16.50
PESO VOLUMETRICO SECO	1.886	1.958	2.013	1.914



DENSIDAD MAXIMA : 2.214 gr/cc      HUMEDAD OPTIMA : 12.10%  
 OBSERVACIONES : Material de préstamo correspondiente al terreno de fundación Calicata: C-03, Subrasante

  
 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO  
 CIP. 54333



**ARYU E.I.R.L.**  
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

**ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA  
CBR**

Subrasante + 5% de Polvo de Piedra Triturada

AAHSTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco -Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.  
FECHA : 27 de julio de 2022

**C B R**

Molde número	1B		2B		3B	
	5		5		5	
Número de capas	56		25		12	
Número de golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin mojar	Mojado	Sin mojar	Mojado	Sin mojar	Mojado
Peso molde + suelo húmedo	11823	12025	11696	11900	11500	11744
Peso del molde	7211	7211	7230	7230	7241	7241
Peso del suelo húmedo	4612	4814	4466	4670	4259	4503
Volumen del suelo	2072	2072	2075	2075	2081	2081
Densidad húmedo	2.226	2.323	2.152	2.251	2.047	2.164
Densidad seca	1.962	1.971	1.885	1.886	1.789	1.793
Tarro N°						
Tarro + suelo húmedo	447	488	492	463	477	455
Tarro + suelo seco	394	414	431	388	417	377
Peso del agua	53	74	61	75	60	78
Peso del tarro						
Peso del suelo seco	394	414	431	388	417	377
Contenido de humedad	13.45	17.87	14.15	19.33	14.39	20.69

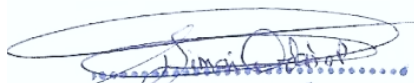
**E X P A N S I O N**

Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión	
			Dial	Porcentaje	Dial	Porcentaje	Dial	Porcentaje
13.01.2013	14.00	0 horas	171	0.00				
14.01.2013	14.00	24 horas	300	3.59				
15.01.2013	14.00	48 horas	312	3.92				
16.01.2013	14.00	72 horas	315	4.01				
17.01.2013	14.00	96 horas	316	4.03				

**P E N E T R A C I O N**

Penetración Pulgadas	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2
0.025	14	105	35	10	72	24	6	38	13
0.050	24	190	63	17	131	44	10	72	24
0.075	32	257	86	23	181	60	14	105	35
0.100	38	308	103	27	215	72	17	131	44
0.200	58	476	159	39	316	105	26	206	69
0.300	69	569	190	47	384	128	33	266	89
0.400	79	653	218	56	459	153	40	325	108
0.500									

OBSERVACIONES: Material de terreno de fundación, correspondiente a la Calicata C-03 Subrasante

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAUCO  
CIP. 54333





## ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

### ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA CBR

Subrasante + 5% de Polvo de Piedra Triturada

AAHSTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco –Moquegua 2022

UBICACIÓN : C. P. San Francisco

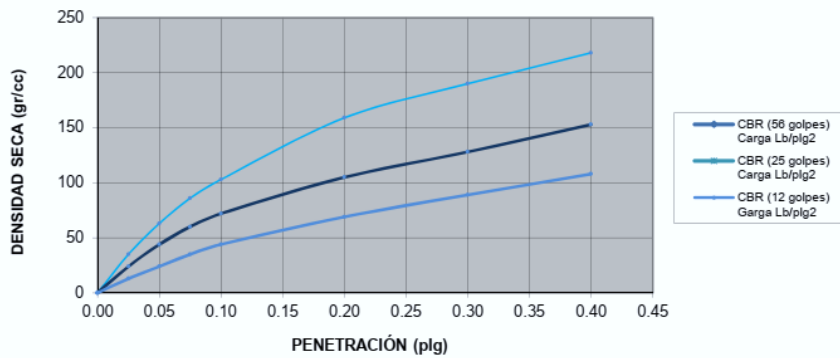
SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.

ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.

FECHA : 27 de julio de 2022

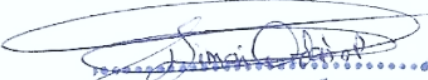
GRÁFICO DE CBR



RESULTADOS DE LOS CBR PARA EL GRÁFICO DE LAS CURVAS

PENETRACIÓN	CBR (56 golpes)	CBR (25 golpes)	CBR (12 golpes)
mm	Carga Lb/plg2	Carga Lb/plg2	Carga Lb/plg2
0.00	0	0	0
0.025	35	24	13
0.050	63	44	24
0.075	86	60	35
0.100	103	72	44
0.200	159	105	69
0.300	190	128	89
0.400	218	153	108

OBSERVACIONES: Material de terreno de fundación, correspondiente a la Calicata C-03 Subrasante

  
Ing. Civil SIMÓN ORDOÑO PAURO  
CIP. 54303



# ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

## ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA CBR

Subrasante + 5% de Polvo de Piedra Triturada

AASHTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco –Moquegua 2022

UBICACIÓN : C. P. San Francisco

SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.

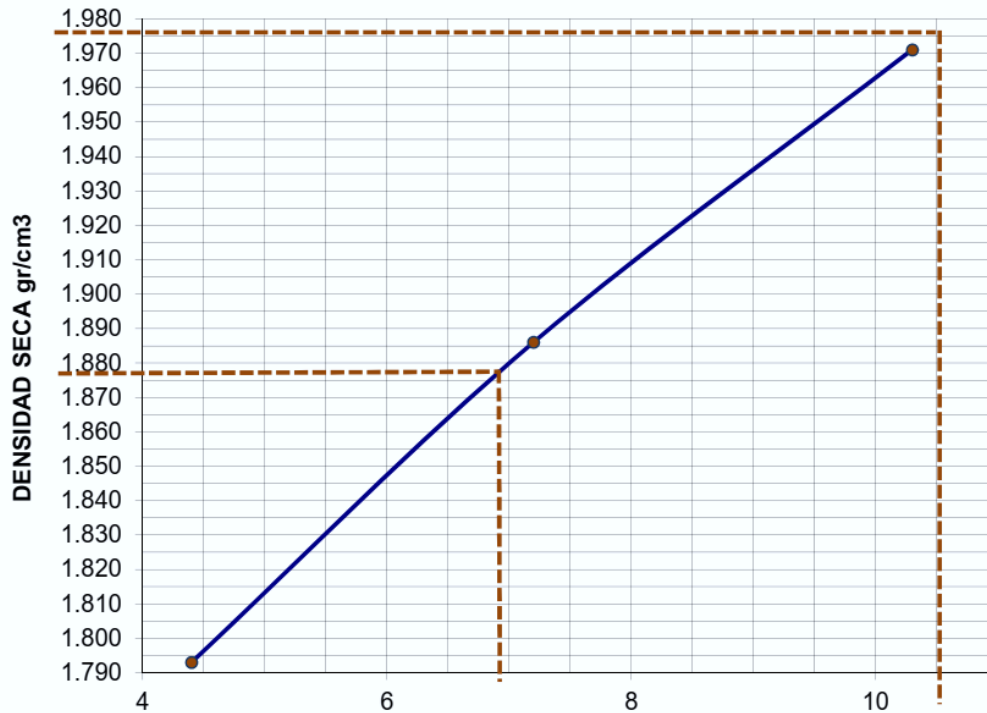
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.

FECHA : 27 de julio de 2022

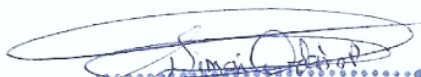
CBR (%)	DMS (gr/cc)
10.3	1.976
7.2	1.886
4.4	1.793

DMS	1.976	gr/cm <sup>3</sup>
CBR 100% DMS	12.62	%
CBR 95% DMS	6.91	%
HUMEDAD OPTIMA	14.27	%

CBR %



OBSERVACIONES: Material de préstamo correspondiente al terreno de fundación, calicata: C-03 Subrasante

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO  
CIP. 54303



# ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

## ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA CBR

Subrasante + 10% de Polvo de Piedra Triturada

AAHSTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco –Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.  
FECHA : 27 de julio de 2022

### C B R

Molde número	1C		2C		3C	
	5		5		5	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Sin mojar	Mojado	Sin mojar	Mojado	Sin mojar	Mojado
Peso molde + suelo húmedo	11948	12088	11728	11924	11526	11792
Peso del molde	7220	7220	7215	7215	7225	7225
Peso del suelo húmedo	4728	4868	4513	4709	4301	4567
Volumen del suelo	2100	2100	2094	2094	2086	2086
Densidad húmedo	2.251	2.318	2.155	2.249	2.062	2.189
Densidad seca	1.984	1.990	1.898	1.900	1.817	1.814
Tarro N°						
Tarro + suelo húmedo	437	459	444	477	488	473
Tarro + suelo seco	385	394	391	403	430	392
Peso del agua	52	65	53	74	58	81
Peso del tarro						
Peso del suelo seco	385	394	391	403	430	392.00
Contenido de humedad	13.51	16.50	13.55	18.36	13.49	20.66

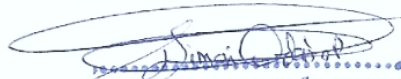
### E X P A N S I O N

Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión	
			Dial	Porcentaje	Dial	Porcentaje	Dial	Porcentaje
13.01.2013	16.00	0 Horas	174	0.00				
14.01.2013	16.00	24 Horas	287	3.14				
15.01.2013	16.00	48 Horas	314	3.89				
16.01.2013	16.00	72 Horas	316	3.95				
17.01.2013	16.00	96 Horas	317	3.98				

### P E N E T R A C I O N

Penetración Pulgadas	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2
0.025	14	105	35	10	72	24	7	46	15
0.050	26	206	69	17	131	44	12	88	29
0.075	35	282	94	22	173	58	16	122	41
0.100	41	333	111	26	206	69	18	139	46
0.200	58	476	159	36	291	97	25	198	66
0.300	71	586	195	42	341	114	29	232	77
0.400	80	662	221	48	392	131	33	266	89
0.500									

OBSERVACIONES: Material de terreno de fundación, correspondiente a la Calicata C-03 Subrasante

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO FALCO  
CIP. 54304



# ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

## ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA CBR

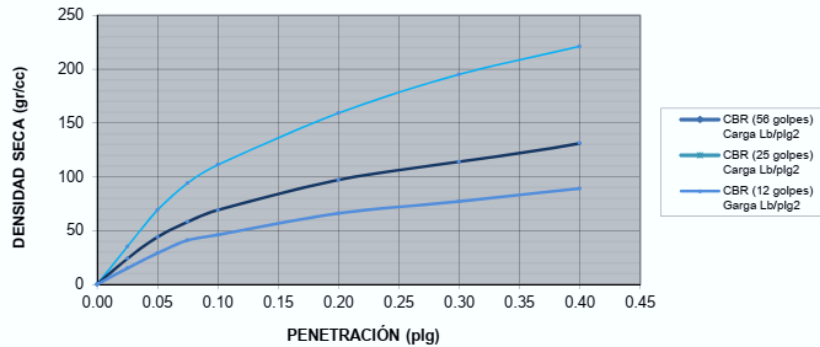
Subrasante + 10% de Polvo de Piedra Triturada

AAHSTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco –Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.  
FECHA : 27 de julio de 2022

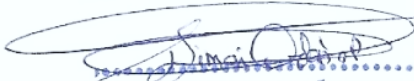
GRÁFICO DE CBR



RESULTADOS DE LOS CBR PARA EL GRÁFICO DE LAS CURVAS

PENETRACIÓN	CBR (56 golpes)	CBR (25 golpes)	CBR (12 golpes)
mm	Carga Lb/plg2	Carga Lb/plg2	Garga Lb/plg2
0.00	0	0	0
0.025	35	24	15
0.050	69	44	29
0.075	94	58	41
0.100	111	69	46
0.200	159	97	66
0.300	195	114	77
0.400	221	131	89

OBSERVACIONES: Material de terreno de fundación, correspondiente a la Calicata C-03 Subrasante

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO  
CIP. 94333



# ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

## ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA CBR

Subrasante + 10% de Polvo de Piedra Triturada

AASHTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

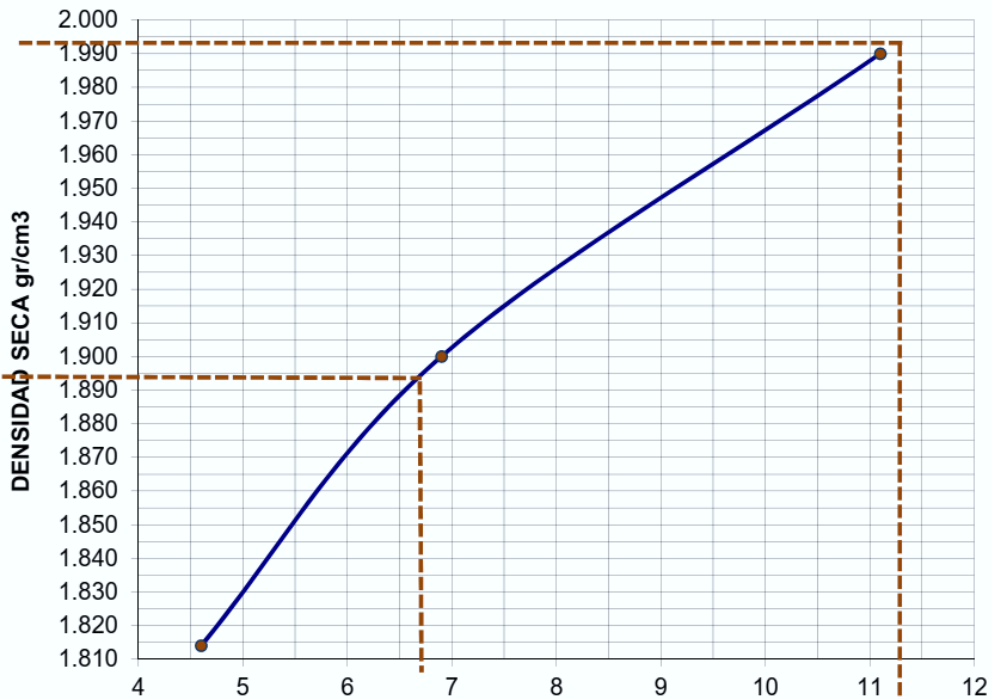
PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco -Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.  
FECHA : 27 de julio de 2022

CBR (%)	DMS (gr/cc)
11.1	2.094
6.9	1.900
4.6	1.814

DMS 2.094 gr/cm<sup>3</sup>  
CBR 100% DMS 15.27 %  
CBR 95% DMS 7.71 %  
HUMEDAD OPTIMA 13.55 %

CBR %



OBSERVACIONES: Material de préstamo correspondiente al terreno de fundación, calicata: C-03 Subrasante

Ing. Civil SIMON ORDOÑO FAJARO  
CIP. 54303



# ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

## ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA CBR

Subrasante + 20% de Polvo de Piedra Triturada

AAHSTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco –Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.  
FECHA : 27 de julio de 2022

### C B R

	1D		2D		3D	
Molde número	5		5		5	
Número de capas	56		25		12	
Número de golpes por capa						
Condición de la muestra	Sin mojar	Mojado	Sin mojar	Mojado	Sin mojar	Mojado
Peso molde + suelo húmedo	11800	11866	11597	11674	11374	11528
Peso del molde	7209	7209	7212	7212	7218	7218
Peso del suelo húmedo	4591	4657	4385	4462	4156	4310
Volumen del suelo	2074	2074	2088	2088	2095	2095
Densidad húmedo	2.214	2.245	2.100	2.137	1.984	2.057
Densidad seca	1.957	1.926	1.853	1.826	1.753	1.737
Tarro N°						
Tarro + suelo húmedo	449	457	433	433	464	417
Tarro + suelo seco	397	392	382	370	410	352
Peso del agua	52	65	51	63	54	65
Peso del tarro						
Peso del suelo seco	397	392	382	370	410	352.00
Contenido de humedad	13.10	16.58	13.35	17.03	13.17	18.47

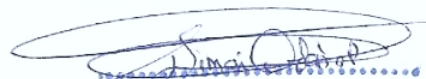
### E X P A N S I O N

Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión	
			Dial	Porcentaje	Dial	Porcentaje	Dial	Porcentaje
13.01.2013	18.00	0 Horas	168	0.00				
14.01.2013	18.00	24 Horas	300	3.67				
15.01.2013	18.00	48 Horas	306	3.84				
16.01.2013	18.00	72 Horas	307	3.87				
17.01.2013	18.00	96 Horas	308	3.89				

### P E N E T R A C I O N

Penetración Pulgadas	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2	Carga Dial	Carga Lbs	Presión lbs/plg2
0.025	20	156	52	14	105	35	7	46	15
0.050	34	274	91	24	190	63	13	97	32
0.075	45	367	122	31	249	83	17	131	44
0.100	53	434	145	36	291	97	21	164	55
0.200	75	620	207	49	400	133	29	232	77
0.300	89	738	246	58	476	159	34	274	91
0.400	100	830	277	71	586	195	40	325	108
0.500									

OBSERVACIONES: Material de terreno de fundación, correspondiente a la Calicata C-03 Subrasante

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALERO  
CIP. 54303



## ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

### ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA CBR

Subrasante + 20% de Polvo de Piedra Triturada

AAHSTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco –Moquegua 2022

UBICACIÓN : C. P. San Francisco

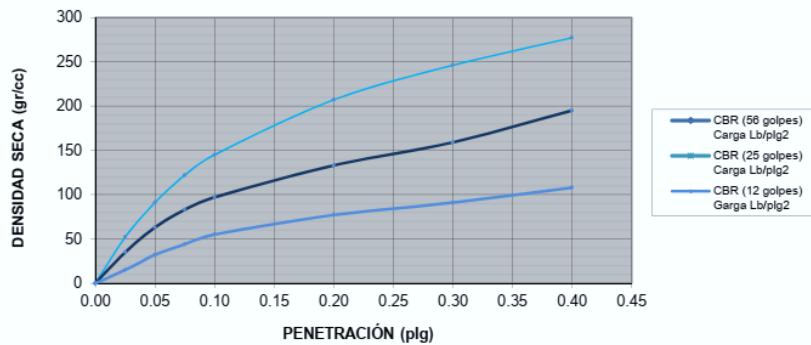
SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.

ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.

FECHA : 27 de julio de 2022

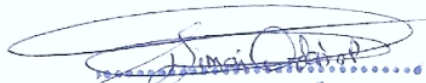
GRÁFICO DE CBR



RESULTADOS DE LOS CBR PARA EL GRÁFICO DE LAS CURVAS

PENETRACIÓN	CBR (56 golpes)	CBR (25 golpes)	CBR (12 golpes)
mm	Carga Lb/plg2	Carga Lb/plg2	Garga Lb/plg2
0.00	0	0	0
0.025	52	35	15
0.050	91	63	32
0.075	122	83	44
0.100	145	97	55
0.200	207	133	77
0.300	246	159	91
0.400	277	195	108

OBSERVACIONES: Material de terreno de fundación, correspondiente a la Calicata C-03 Subrasante

  
Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO  
CIP. 9133J



# ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD

## ENSAYO DE RAZON SOPORTE CALIFORNIA CBR

Subrasante + 20% de Polvo de Piedra Triturada

AASHTO T 190, ASTM D1883, MTC132-1999

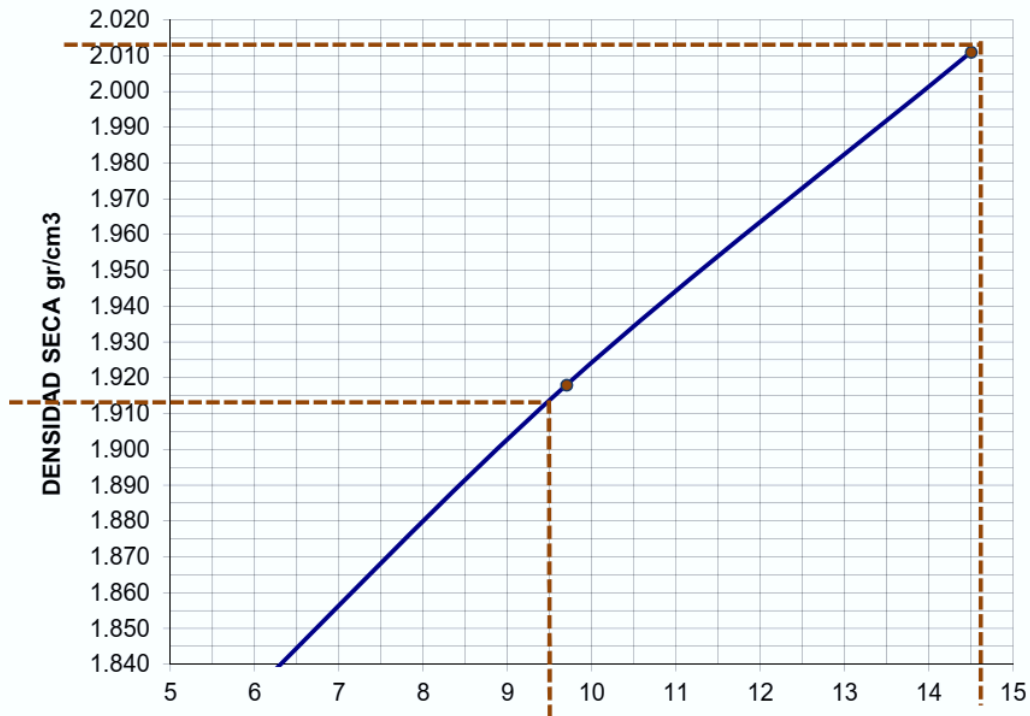
PROYECTO : Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco -Moquegua 2022  
UBICACIÓN : C. P. San Francisco  
SOLICITANTE Bach. Pino Sánchez, Sandra Paola

LABORATORISTA : G. Flores M.  
ING. RESPONSABLE: S. Ordoño P.  
FECHA : 27 de julio de 2022

CBR (%)	DMS (gr/cc)
14.5	2.214
9.7	1.918
5.5	1.821

DMS	2.214	gr/cm <sup>3</sup>
CBR 100% DMS	19.60	%
CBR 95% DMS	9.50	%
HUMEDAD OPTIMA	12.10	%

CBR %



OBSERVACIONES: Material de préstamo correspondiente al terreno de fundación, calicata: C-03 Subrasante

Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAJERO  
CIP. 9433J



## Anexo 9. Certificado de calibración del equipo



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



### CERTIFICADO DE CALIBRACION

**TC - 03843 - 2022**

PROFORMA : 1329A Fecha de emisión : 2022-05-10

**SOLICITANTE : ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL E.I.R.L.**  
Dirección : AV. EJERCITO MZA. Ñ LOTE. 32 MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : OHAUS  
Modelo : R31P30  
N° de Serie : 8339450115  
Capacidad Máxima : 30000 g  
Resolución : 1 g  
División de Verificación : 1 g  
Clase de Exactitud : II  
Capacidad Mínima : 50 g  
Procedencia : CHINA  
N° de Parte : No Indica  
Identificación : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
Variación de  $\Delta T$  Local : 3 °C  
Fecha de Calibración : 2022-05-08

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Instalaciones de ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL E.I.R.L.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Certificado de Calibración  
TC - 03843 - 2022

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-178-2021 Agosto 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-133-2021 Julio 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 10 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-134-2021 Julio 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 20 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-135-2021 Julio 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	No Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	No Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	No Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,7 °C
Humedad Relativa	63 %	62 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	15 000	0,6	-0,1	1	30 000	30 000	0,6	-0,1
2		15 000	0,5	0,0	2		30 000	0,6	-0,1
3		15 000	0,5	0,0	3		30 000	0,6	-0,1
4		15 000	0,5	0,0	4		30 001	0,9	0,6
5		15 001	0,9	0,6	5		30 001	0,9	0,6
6		15 000	0,5	0,0	6		30 000	0,5	0,0
7		15 001	0,9	0,6	7		30 000	0,6	-0,1
8		15 000	0,5	0,0	8		30 000	0,6	-0,1
9		15 000	0,6	-0,1	9		30 001	0,9	0,6
10		15 000	0,6	-0,1	10		30 000	0,5	0,0
Emáx - Emín   (g)				0,7	Emáx - Emín   (g)				0,7
error máximo permitido (±g)				2,0	error máximo permitido (±g)				3,0





## CERTIFICADO DE CALIBRACION

**TC - 03844 - 2022**

PROFORMA : 1329A Fecha de emisión : 2022-03-10

**SOLICITANTE : ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL E.I.R.L.**  
Dirección : AV. EJERCITO MZA. Ñ LOTE. 32 MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : DIGITAL PRECISION  
Modelo : YP-B20002  
N° de Serie : No Indica  
Capacidad Máxima : 2000 g  
Resolución : 0,01 g  
División de Verificación : 0,01 g  
Clase de Exactitud : I  
Capacidad Mínima : 1 g  
Procedencia : No Indica  
N° de Parte : No Indica  
Identificación : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
Variación de  $\Delta T$  Local : 3 °C  
Fecha de Calibración : 2022-03-08

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL E.I.R.L.

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Certificado de Calibración  
TC - 03844 - 2022

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-178-2021 Agosto 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-133-2021 Julio 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 10 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-134-2021 Julio 2021
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 20 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-135-2021 Julio 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	No Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	No Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	No Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	68 %	67 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 000,000	1 000,00	6	-1	1	2 000,000	1 999,99	5	-10
2		1 000,00	6	-1	2		1 999,99	5	-10
3		999,99	2	-7	3		1 999,99	5	-10
4		1 000,00	5	0	4		1 999,99	5	-10
5		1 000,00	6	-1	5		1 999,98	2	-17
6		1 000,00	6	-1	6		1 999,99	6	-11
7		999,99	2	-7	7		1 999,99	5	-10
8		1 000,00	6	-1	8		1 999,98	2	-17
9		1 000,00	6	-1	9		1 999,99	5	-10
10		1 000,00	5	0	10		1 999,99	6	-11
Emáx - Emin   (mg)				7	Emáx - Emin   (mg)				7
error máximo permitido (±mg)				20	error máximo permitido (±mg)				20



Certificado de Calibración  
TC - 03844 - 2022

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	67 %	67 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. (±mg)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	0,100	0,10	6	-1	600,000	600,00	6	-1	0	20
2		0,10	7	-2		600,00	7	-2	0	
3		0,10	6	-1		600,00	6	-1	0	
4		0,10	5	0		599,98	2	-17	-17	
5		0,10	5	0		599,98	2	-17	-17	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,7 °C
Humedad Relativa	67 %	66 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,100	0,10	6	-1						
1,000	1,00	6	-1	0	1,00	6	-1	0	10
200,000	200,00	7	-2	-1	200,00	6	-1	0	10
400,000	400,00	6	-1	0	400,00	5	0	1	10
600,000	600,00	7	-2	-1	600,00	6	-1	0	20
800,000	800,00	6	-1	0	800,00	6	-1	0	20
1 000,002	1 000,00	6	-3	-2	1 000,00	6	-3	-2	20
1 200,002	1 200,00	6	-3	-2	1 200,00	6	-3	-2	20
1 500,002	1 500,00	5	-2	-1	1 500,00	5	-2	-1	20
1 700,002	1 700,00	5	-2	-1	1 700,00	5	-2	-1	20
2 000,005	1 999,99	5	-14	-13	2 000,00	8	-8	-6	20

Donde:

I : Indicación de la balanza  
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)  
ΔL : Carga adicional  
E : Error del instrumento  
Eo : Error en cero  
Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	:	$R_{\text{corregida}} = R + 2,45 \times 10^{-6} \times R$
Incetidumbre Expandida	:	$U_R = 2 \times \sqrt{2,90 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 1,43 \times 10^{-10} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.  
La indicación de la balanza fue de 2 000,96 g para una carga de valor nominal 2000 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército N° 32
- Datos del Instrumento**  
**Instrumento de medición** : Cazueta Casagrande Manual  
**Marca** : PINZUAR LTDA.  
**Modelo** : PS - 11  
**Serie** : 1938  
**Tipo** : Manual
- Lugar y fecha de calibración**  
**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA  
**Fecha** : 18-03-2022

- Método de Calibración**  
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones calibrados por Laboratorio Acreditado INACAL. Tomando como referencia la Norma ASTM D-4318

**6. Trazabilidad**

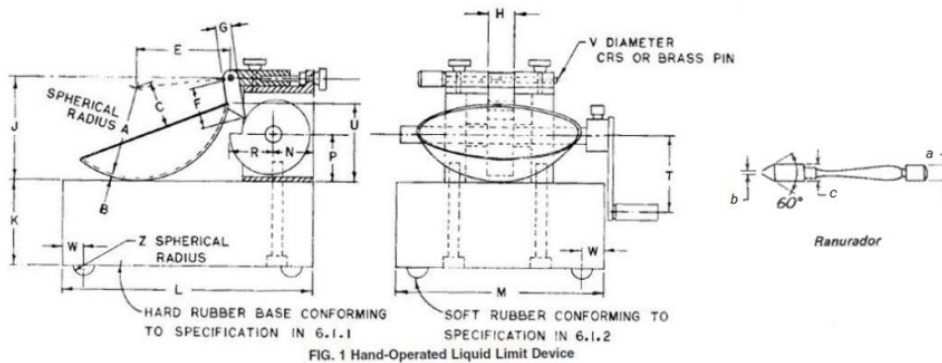
Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

**7. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

**8. Resultados**

Medidas	Copa Casa Grande							Ranurador		
	Conjunto de la cazueta			Base				Ranurador metálico		
	A	B	C	U	K	L	M	a	b	c
Actual	54.30	2.07	27.05	47.00	50.50	150.87	125.39	10.02	2.07	13.41
Estándar	54	2	27	47	50	150	125	10	2	13.5
Tolerancia	±0.50	±0.10	±0.50	±1.00	±2.00	±2.00	±2.00	±0.10	±0.10	±0.10
Error	-0.20	0.07	0.05	0.00	0.50	0.87	0.39	0.02	0.07	-0.09



**9. Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados del manual del equipo.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:  
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
Jefe de Laboratorio de Calibración  
ROELCYMA



Punto de Precisión SAC

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

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 031 - 2022

Página : 1 de 3

**Expediente** : T 025-2022  
**Fecha de emisión** : 2022-01-25

**1. Solicitante** : ARYU E.I.R.L.

**Dirección** : APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J.  
CHEN CHEN - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

**2. Descripción del Equipo** : CELDA DE CARGA Y PESAS PARA CORTE  
DIRECTO

**Marca de Corte Directo** : PINZUAR  
**Modelo de Corte Directo** : PS-107 - C  
**Serie de Corte Directo** : 138  
**Código de Identificación** : NO INDICA

**Marca de Celda** : NING B BOARD ELECTRIC CO.LTD  
**Modelo de Celda** : TSA-300 kg  
**Serie de Celda** : G03AC21080  
**Capacidad de Celda** : 2500 N

**Marca de Indicador** : PINZUAR  
**Modelo de Indicador** : PS-107 - C  
**Serie de Indicador** : 138

**3. Lugar y fecha de Calibración**  
LABORATORIO DE ARYU E.I.R.L.  
22 - ENERO - 2022

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

### 5. Trazabilidad

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

### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,9	25,1
Humedad %	61	60


### 7. Resultados de la Medición

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

### 8. Observaciones

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



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

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

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

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

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

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

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





Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 031 - 2022

Página : 2 de 3

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" N	SERIES DE VERIFICACIÓN (N)				PROMEDIO "B" N	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
250	249,51	249,32	0,20	0,27	249,42	0,23	0,08
500	499,85	499,51	0,03	0,10	499,68	0,06	0,07
750	752,72	755,41	-0,36	-0,72	754,07	-0,54	-0,36
1000	998,83	1001,63	0,12	-0,16	1000,23	-0,02	-0,28
1250	1249,82	1250,49	0,01	-0,04	1250,16	-0,01	-0,05
1500	1504,91	1503,52	-0,33	-0,23	1504,22	-0,28	0,09
1750	1749,69	1751,49	0,02	-0,09	1750,59	-0,03	-0,10
2000	1998,44	1998,71	0,08	0,06	1998,58	0,07	-0,01

### NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

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

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

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

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

$$\text{Ecuación de ajuste} : y = 1x + 0,9034$$

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

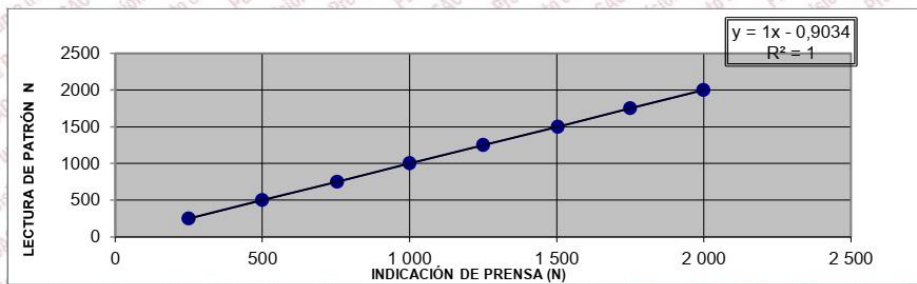
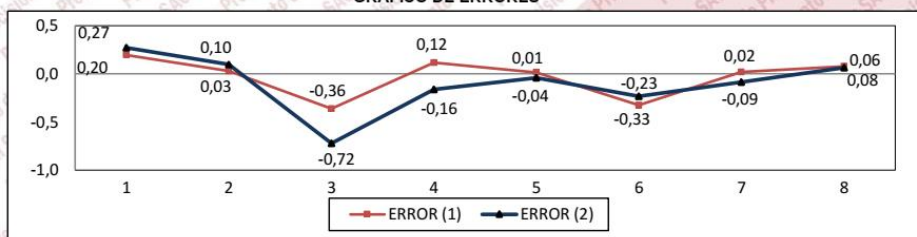


GRÁFICO DE ERRORES



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

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

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

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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 031 - 2022

Página : 3 de 3

### PESAS DE CORTE DIRECTO

IDENTIFICACIÓN	VALOR NOMINAL	VALOR DETERMINADO	CORRECCIÓN
	g	g	g
1	900	902,6	-2,6
2	900	903,8	-3,8
3	1800	1798,8	1,2
4	1800	1805,6	-5,6
5	3600	3606,7	-6,7
6	3600	3607,5	-7,5
7	7200	7205,7	-5,7
8	7200	7205,3	-5,3

FIN DEL DOCUMENTO



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

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

[www.puntodeprecision.com](http://www.puntodeprecision.com) E-mail: [info@puntodeprecision.com](mailto:info@puntodeprecision.com) / [puntodeprecision@hotmail.com](mailto:puntodeprecision@hotmail.com)

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



Punto de Precisión SAC

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

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 035 - 2022

Página : 1 de 4

**Expediente** : T 025-2022  
**Fecha de emisión** : 2022-01-25

**1. Solicitante** : ARYU E.I.R.L.

**Dirección** : APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J.  
CHEN CHEN - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

**2. Instrumento de Medición** : ESTUFA

**Indicación** : DIGITAL

**Marca del Equipo** : PINZUAR

**Modelo del Equipo** : PG190

**Serie del Equipo** : 322

**Capacidad del Equipo** : 83 L

**Código de Identificación** : NO INDICA

**Marca de indicador** : AUTONICS

**Modelo de indicador** : TZ4ST

**Serie de indicador** : NO INDICA

**Temperatura calibrada** : 110 °C

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

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

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

**3. Lugar y fecha de Calibración**  
LABORATORIO DE ARYU E.I.R.L.  
22 - ENERO - 2022

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

**5. Trazabilidad**

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

**6. Condiciones Ambientales**

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25,1	25,6
Humedad %	60	59


**7. Conclusiones**

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

**8. Observaciones**

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



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

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

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

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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 035 - 2022

Página : 2 de 4

## CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔTMax. - TMin. (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,5	109,4	111,2	110,0	109,7	110,2	110,2	110,2	111,2	110,2	112,3	110,5	2,9
2	110,3	109,4	111,2	110,3	109,8	110,3	110,4	110,4	111,2	110,4	112,3	110,6	2,9
4	110,2	109,4	111,3	110,2	109,8	110,2	110,3	110,3	111,3	110,2	112,4	110,5	3,0
6	110,3	109,6	111,6	110,3	109,9	110,2	110,2	110,3	111,4	110,3	112,0	110,6	2,4
8	110,2	109,9	111,3	110,2	109,6	110,6	110,1	110,3	111,2	110,2	112,0	110,5	2,4
10	110,3	109,6	111,2	110,1	109,6	110,3	110,3	110,6	111,3	110,6	112,0	110,6	2,4
12	110,2	109,6	111,5	110,2	109,5	110,0	110,2	110,5	111,2	110,2	112,1	110,5	2,6
14	110,2	109,6	111,3	110,3	109,6	110,2	110,3	110,6	111,3	110,3	112,3	110,6	2,7
16	110,2	109,6	111,6	110,6	109,5	110,3	110,2	110,3	111,5	110,2	112,2	110,6	2,7
18	110,5	109,9	111,2	110,2	109,3	110,2	110,3	110,4	111,3	110,5	112,2	110,6	2,9
20	110,3	109,9	111,1	110,3	109,6	110,4	110,2	110,2	111,6	110,3	112,2	110,6	2,6
22	110,3	109,8	111,2	110,2	109,8	110,5	110,3	110,3	111,3	110,2	112,0	110,6	2,2
24	110,6	109,9	111,0	110,3	109,6	110,3	110,1	110,2	111,4	110,6	112,0	110,5	2,4
26	110,3	109,5	111,3	110,2	109,6	110,3	110,2	110,3	111,2	110,2	112,0	110,5	2,5
28	110,4	109,6	111,3	110,1	109,5	110,2	110,0	110,2	111,3	110,3	112,1	110,5	2,6
30	110,2	109,5	111,6	110,0	109,9	110,3	110,3	110,3	111,1	110,2	112,3	110,6	2,8
32	110,0	109,6	111,2	110,1	109,6	110,1	110,2	110,3	111,2	110,3	112,2	110,5	2,6
34	110,2	109,6	111,5	110,2	109,6	110,2	110,5	110,5	111,3	110,3	112,1	110,6	2,5
36	110,3	109,9	111,3	110,3	109,6	110,3	110,3	110,6	111,2	110,6	112,2	110,6	2,6
38	110,3	109,6	111,2	110,5	109,6	110,6	110,3	110,1	111,3	110,3	112,3	110,6	2,7
40	110,5	109,6	111,4	110,3	109,5	110,2	110,2	110,0	111,2	110,3	112,4	110,5	2,9
42	110,3	109,6	111,3	110,6	109,3	110,5	110,2	110,4	111,2	110,2	112,5	110,6	3,2
44	110,2	109,5	111,2	110,2	109,3	110,3	110,0	110,2	111,3	110,3	112,6	110,5	3,3
46	110,3	109,3	111,3	110,5	109,9	110,5	110,0	110,3	111,3	110,6	112,5	110,6	3,2
48	110,5	109,2	111,2	110,3	109,8	110,3	110,3	110,6	111,2	110,2	112,3	110,5	3,1
50	110,3	109,6	111,3	110,4	109,6	110,2	110,3	110,2	111,6	110,4	112,5	110,6	2,9
52	110,2	109,5	111,2	110,2	109,8	110,4	110,1	110,3	111,4	110,2	112,3	110,5	2,8
54	110,3	109,6	111,3	110,3	109,6	110,5	110,2	110,3	111,3	110,3	112,5	110,6	2,9
56	110,4	109,9	111,6	110,2	109,5	110,3	110,5	110,5	111,2	110,5	112,3	110,7	2,8
58	110,3	109,5	111,5	110,3	109,9	110,2	110,3	110,3	111,3	110,3	112,5	110,6	3,0
60	110,5	109,6	111,2	110,3	109,6	110,3	110,4	110,6	111,1	110,6	112,3	110,6	2,7
<b>T. PROM</b>	110,3	109,6	111,3	110,3	109,6	110,3	110,2	110,3	111,3	110,3	112,3	110,6	
<b>T. MAX</b>	110,6	109,9	111,6	110,6	109,9	110,6	110,5	110,6	111,6	110,6	112,6		
<b>T. MIN</b>	110,0	109,2	111,0	110,0	109,3	110,0	110,0	110,0	111,1	110,2	112,0		
<b>DTT</b>	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,6	0,4
Mínima Temperatura Medida	109,2	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,7	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,6	0,3
Estabilidad Media ( ± )	0,35	0,02
Uniformidad Media	3,4	0,1

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



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

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

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

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



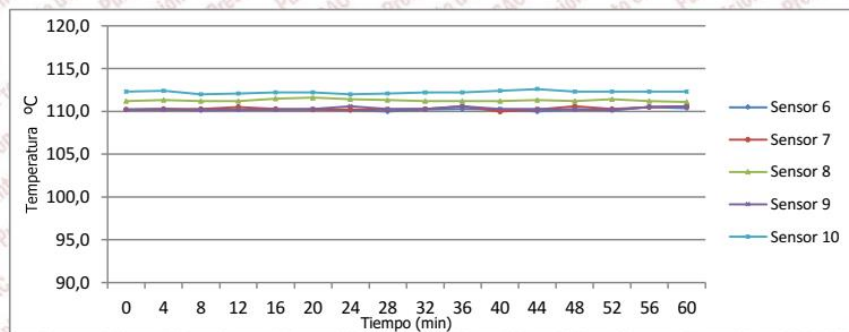
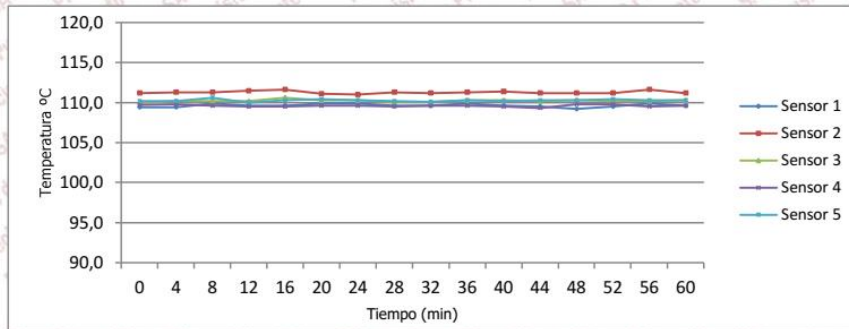
Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 035 - 2022

Página : 3 de 4

## TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



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

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

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

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



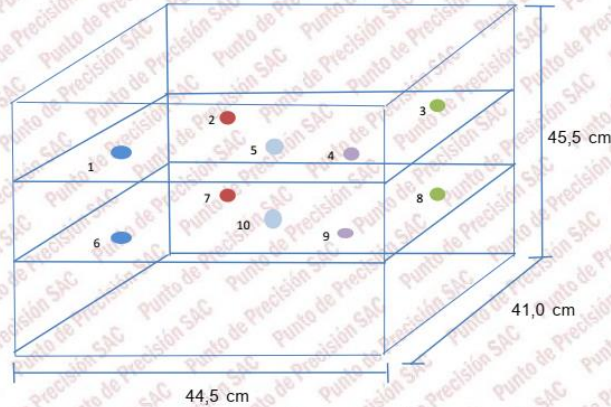
Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 035 - 2022

Página : 4 de 4

### DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



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

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

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

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

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército Ñ 32
- Datos del Instrumento**  
**Instrumento de medición** : Tamiz  
**Marca** : PINZUAR LTDA.  
**Tamiz N°** : 1 Pulg.  
**Serie** : 67144  
**Diámetro** : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**  
**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA  
**Fecha** : 18-03-2022
- Método de Calibración**  
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

**6. Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

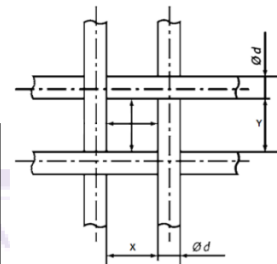
**7. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

**8. Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
25.07	25.49	0.217	3.51
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple



**Medidas Tomadas**

<b>X</b>	25.01	25.12	25.49	25.06	25.40	25.18	24.90	24.96	25.43	24.83	25.31	24.70	25.03	25.04	25.08
<b>Y</b>	25.25	25.00	24.87	25.05	25.25	25.23	24.78	24.82	25.39	25.38	24.86	24.96	24.77	25.05	24.96
<b>d</b>	3.49	3.49	3.51	3.50	3.51	3.48	3.51	3.51	3.49	3.56	3.52	3.54	3.52	3.50	3.51

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min)	EMP (Max)	Máxima Individual	Máx. Desviación Estándar	Diámetro Nominal	EMP (Min)	EMP (Max)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
25.00	24.24	25.76	26.38	0.553	3.55	3.02	4.08

**9. Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:  
20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
Jefe de Laboratorio de Calibración  
ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejercito Ñ 32
- Datos del Instrumento**  
**Instrumento de medición** : Tamiz  
**Marca** : PINZUAR LTDA.  
**Tamiz N°** : 1 1/2 Pulg.  
**Serie** : 67910  
**Diámetro** : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**  
**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA  
**Fecha** : 18-03-2022
- Método de Calibración**  
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

**6. Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

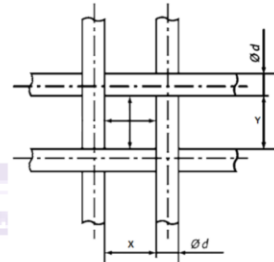
**7. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

**8. Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Máx. Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
38.26	39.35	0.552	3.99
Cumple	Cumple	--	Cumple


**Medidas Tomadas**

<b>X</b>	37.14	38.45	39.35	39.30	37.47	38.11	38.06	39.22	37.73	38.00	37.72	38.33			
<b>Y</b>	37.86	38.22	38.44	38.27	38.43	38.83	38.57	37.73	38.47	38.12	37.88	38.51			
<b>d</b>	3.98	4.00	3.97	3.98	4.03	3.99	4.01	3.98	3.98	4.02	4.02	4.00	3.98	3.97	3.98

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
37.50	36.37	38.63	39.35	--	4.50	3.83	5.18

**9. Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

 Fecha de Emisión:  
**20-03-2022**

 FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
 INGENIERO CIP. 183547

 Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
 Jefe de Laboratorio de Calibración  
 ROELCYMA



1. **Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL

 2. **Dirección** : Avenida Ejército N° 32

 3. **Datos del Instrumento**

Instrumento de medición : Tamiz

Marca : PINZUAR LTDA.

Tamiz N° : 2 Pulg.

Serie : 67513

Diámetro : 8 Pulg.

 4. **Lugar y fecha de calibración**

Lugar : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA

Fecha : 18-03-2022

 5. **Método de Calibración**

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

 6. **Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

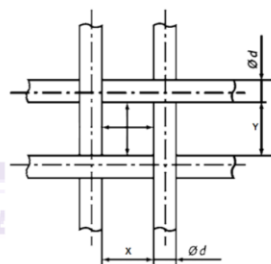
 7. **Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

 8. **Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Máx. Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
49.61	50.08	0.234	5.00
Cumple	Cumple	--	Cumple


**Medidas Tomadas**

X	49.42	49.86	49.60	49.54	49.74										
Y	49.40	50.08	49.68	49.40	49.37										
d	4.97	4.99	4.99	4.98	4.96	5.08	4.98	4.98	4.98	5.04	5.01	5.06	4.97	5.00	4.99

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
50.00	48.51	51.49	52.29	--	5.00	4.25	5.75

 9. **Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:

**20-03-2022**

 FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
 INGENIERO CIP. 183547

 Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
 Jefe de Laboratorio de Calibración  
 ROELCYMA

- Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejercito N° 32
- Datos del Instrumento**  
**Instrumento de medición** : Tamiz  
**Marca** : PINZUAR LTDA.  
**Tamiz N°** : 2 1/2 Pulg.  
**Serie** : 67360  
**Diámetro** : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**  
**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA  
**Fecha** : 18-03-2022
- Método de Calibración**  
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

**6. Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

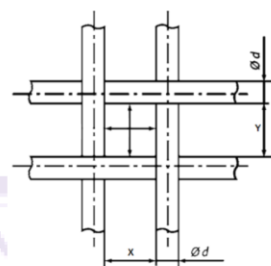
**7. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

**8. Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Máx. Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
63.77	65.18	0.695	5.01
Cumple	Cumple	--	Cumple



Medidas Tomadas														
X	63.70	63.05	65.18	63.69										
Y	64.14	63.06	63.35	63.99										
d	5.03	5.00	4.98	5.07	5.09	5.01	5.00	4.98	4.97	5.06	4.97	5.08	4.98	5.00

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
63.00	61.13	64.87	65.71	--	5.60	4.76	6.44

**9. Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:

20-03-2022


 FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
 INGENIERO CIP. 183547

 Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
 Jefe de Laboratorio de Calibración  
 ROELCYMA

1. **Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL

2. **Dirección** : Avenida Ejercito Ñ 32

3. **Datos del Instrumento**

**Instrumento de medición** : Tamiz  
**Marca** : PINZUAR LTDA.  
**Tamiz N°** : 3/4 Pulg.  
**Serie** : 67903  
**Diámetro** : 8 Pulg.

4. **Lugar y fecha de calibración**

**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA  
**Fecha** : 18-03-2022

5. **Método de Calibración**

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

6. **Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

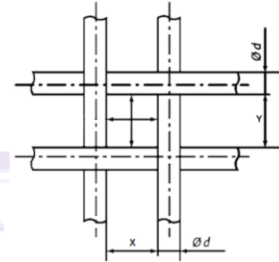
7. **Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. **Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
19.00	19.29	0.206	3.09
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple



**Medidas Tomadas**

<b>X</b>	18.69	19.12	19.09	18.96	19.19	18.82	19.20	18.44	18.42	18.92	18.94	19.04	18.97	18.99	19.02
<b>Y</b>	19.17	19.16	18.99	18.78	19.00	19.07	19.01	18.95	19.16	19.07	19.10	19.19	19.04	19.26	19.29
<b>d</b>	3.06	3.08	3.10	3.10	3.07	3.08	3.11	3.12	3.07	3.05	3.09	3.15	3.12	3.14	3.08

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
19.00	18.42	19.58	20.13	0.418	3.15	2.68	3.62

9. **Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomadas de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:

20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
Jefe de Laboratorio de Calibración  
ROELCYMA

1. **Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL

2. **Dirección** : Avenida Ejercito N° 32

3. **Datos del Instrumento**

**Instrumento de medición** : Tamiz

**Marca** : PINZUAR LTDA.

**Tamiz N°** : 3/8 Pulg.

**Serie** : 67438

**Diámetro** : 8 Pulg.

4. **Lugar y fecha de calibración**

**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA

**Fecha** : 18-03-2022

5. **Método de Calibración**

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

6. **Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

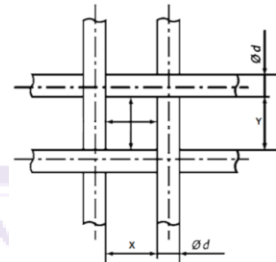
7. **Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. **Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
9.44	9.53	0.056	2.33
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple



Medidas Tomadas															
X	9.36	9.43	9.47	9.42	9.40	9.50	9.43	9.46	9.33	9.43	9.40	9.46	9.28	9.42	9.38
Y	9.46	9.39	9.43	9.40	9.48	9.51	9.46	9.46	9.41	9.49	9.50	9.46	9.51	9.49	9.53
d	2.44	2.38	2.32	2.24	2.28	2.35	2.29	2.30	2.29	2.33	2.36	2.35	2.35	2.35	2.34

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Designación					Alambre		
Abertura Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
9.50	9.21	9.80	10.18	0.222	2.24	1.90	2.58

9. **Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:

20-03-2022



FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
Jefe de Laboratorio de Calibración  
ROELCYMA

1. **Cliente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL

2. **Dirección** : Avenida Ejercito Ñ 3

3. **Datos del Instrumento**

**Instrumento de medición** : Tamiz  
**Marca** : PINZUAR LTDA.  
**Tamiz N°** : 3 Pulg.  
**Serie** : 65899  
**Diámetro** : 8 Pulg.

4. **Lugar y fecha de calibración**

**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA  
**Fecha** : 18-03-2022

5. **Método de Calibración**

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

6. **Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

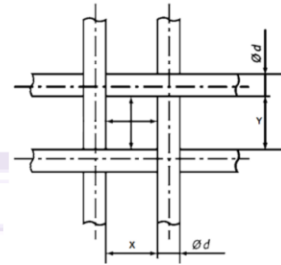
7. **Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

8. **Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Máx. Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
74.49	75.29	0.67	6.33
Cumple	Cumple	--	Cumple



**Medidas Tomadas**

X	Y	d												
74.76	75.29													
73.79	74.11													
6.32	6.37	6.34	6.31	6.31	6.30	6.33	6.33							

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
75.00	72.78	77.22	78.09	--	6.30	5.36	7.25

9. **Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:  
**20-03-2022**



FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
INGENIERO CIP. 183547

Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
Jefe de Laboratorio de Calibración  
ROELCYMA

- Ciente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejercito N° 32
- Datos del Instrumento**  
**Instrumento de medición** : Tamiz  
**Marca** : PINZUAR LTDA.  
**Tamiz N°** : 1/2 Pulg.  
**Serie** : 67857  
**Diámetro** : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**  
**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA  
**Fecha** : 18-03-2022
- Método de Calibración**  
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

**6. Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

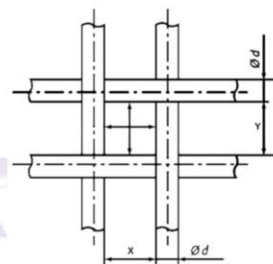
**7. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

**8. Resultados**

## Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
12.41	12.88	0.160	2.61
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple



Medidas Tomadas															
X	12.29	12.45	12.65	12.41	12.37	12.26	12.51	12.38	12.48	12.29	12.57	12.00	12.10	12.57	12.53
Y	12.49	12.42	12.34	12.53	12.43	12.43	12.33	12.30	12.35	12.35	12.42	12.50	12.88	12.43	12.36
d	2.63	2.54	2.62	2.58	2.63	2.62	2.61	2.62	2.65	2.63	2.61	2.61	2.63	2.63	2.61

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Máx. Desviación Estándar mm	Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Diámetro Nominal mm		EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	
12.50	12.12	12.89	13.33	0.283	2.50	2.13	2.88	

**9. Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomadas de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:

**20-03-2022**
  
 FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
 INGENIERO CIP. 183547

 Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
 Jefe de Laboratorio de Calibración  
 ROELCYMA

- Ciente** : ROEL Consultoría y Monitoreo Ambiental EIRL
- Dirección** : Avenida Ejército N° 32
- Datos del Instrumento**  
**Instrumento de medición** : Tamiz  
**Marca** : PINZUAR LTDA.  
**Tamiz N°** : 3/8 Pulg.  
**Serie** : 68354  
**Diámetro** : 8 Pulg.
- Lugar y fecha de calibración**  
**Lugar** : Laboratorio de Mecánica de Suelos ROELCYMA  
**Fecha** : 18-03-2022
- Método de Calibración**  
 Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09

**6. Trazabilidad**

Instrumento	Marca	Certificado
Pie de Rey	INSIZE	TC - 03811 - 2022

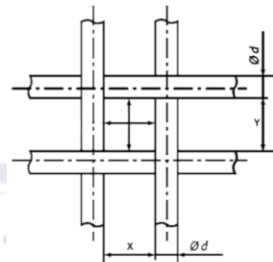
**7. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura °C	24.5	25.6
Humedad %	23.1	18.2

**8. Resultados**

Resumen Resultados

Abertura Nominal Actual mm	Máxima individual Actual mm	Desviación Estándar Actual mm	Diámetro Nominal Alambre Actual mm
4.78	4.91	0.092	1.51
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple


**Medidas Tomadas**

<b>X</b>	4.68	4.79	4.61	4.82	4.55	4.72	4.66	4.77	4.73	4.84	4.66	4.79	4.75	4.82	4.61
<b>Y</b>	4.83	4.81	4.82	4.87	4.91	4.91	4.84	4.90	4.84	4.75	4.79	4.77	4.80	4.87	4.84
<b>d</b>	1.54	1.60	1.50	1.52	1.49	1.50	1.49	1.52	1.49	1.47	1.56	1.48	1.49	1.49	1.51

Tabla 1 Dimensiones nominales y variaciones permitidas para tela de tamiz y tamices de prueba de cumplimiento, inspección y calibración ASTM E11

Abertura Nominal mm	Designación				Alambre		
	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm	Máxima Individual mm	Máx. Desviación Estándar mm	Diámetro Nominal mm	EMP (Min) mm	EMP (Max) mm
4.75	4.60	4.90	5.16	0.123	1.60	1.36	1.84

**9. Observaciones**

- Las especificaciones del instrumento fueron tomados de la placa del tamiz.
- El certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firmas y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:

20-03-2022

  
 FRANK RONY TOLEDO RAMOS  
 INGENIERO CIP. 183547

 Ing. Frank Rony Toledo Ramos  
 Jefe de Laboratorio de Calibración  
 ROELCYMA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 03811 - 2022

PROFORMA : 1329A Fecha de emisión: 2022-03-06

SOLICITANTE : ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL EIRL  
Dirección : Av. Ejercito Mza. Ñ Lote. 32-Moquegua-Mariscal Nieto-Moquegua

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : PIE DE REY  
Tipo : Digital  
Marca : INSIZE  
Modelo : 1108-200W  
N° de Serie : 2310171214  
Intervalo de Indicación : 0 mm a 200 mm  
División de Escala : 0,01 mm  
Procedencia : No Indica  
Identificación : No Indica  
Fecha de Calibración : 2022 - 03 - 06

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
La calibración se realizó por comparación directa con nuestro bloques patrón según procedimiento PC - 012 " Procedimiento de calibración de pie de rey". Quinta Edición - Agosto 2012. SNM - INDECOPI

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,1 °C
Humedad Relativa	57,9 %	55,8 %

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316





**TRAZABILIDAD**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Bloques Patrón Grado K DM-INACAL	Bloques Patrón de Longitud 0,5 mm a 100 mm Grado 0	LLA-261-2021
Bloques Patrón Grado K DM-INACAL	Bloques Patrón de Longitud 200 mm Grado 0	LLA-008-2022
Comparador Horizontal Incertidumbre de 0,2 $\mu\text{m}$ + 0,78 $\mu\text{m}/\text{m}$ DM-INACAL	Varilla Cilindrica 10 mm	LLA-004-2022
Máquina de Medición por Coordenadas DM-INACAL	Anillo Patrón 5 mm	LLA-003-2022

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Error de referencia inicial (I) = 0  $\mu\text{m}$

**Error de indicación del pie de rey para medición de exteriores**

Valor Patrón (mm)	Promedio de la indicación del Pie de Rey (mm)	Error ( $\mu\text{m}$ )
50,000	50,000	0
100,000	100,000	0
150,000	150,000	0
200,000	200,000	0

**Error de contacto superficie parcial (E)**

Valor Patrón (mm)	Error ( $\mu\text{m}$ )
200,000	0



**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

**Error de repetibilidad (R)**

Valor Patrón (mm)	Error (µm)
200,000	0

**Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S<sub>E-I</sub>)**

Valor Patrón (mm)	Error (µm)
10,000	-7

**Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S<sub>E-P</sub>)**

Valor Patrón (mm)	Error (µm)
10,000	-7

**Error de contacto lineal (L)**

Valor Patrón (mm)	Error (µm)
10,000	10

**Error de contacto de superficie completa (J)**

Valor Patrón (mm)	Error (µm)
10,000	10

**Error debido a la distancia de cruce de las superficies de medición para medición de interiores (K)**

Valor Patrón (mm)	Error (µm)
5,000	0

**Incertidumbre de Medición :**  $(10,72^2 + 0,01^2 \times L^2)^{1/2} \mu\text{m}$   
L: Indicación del pie de rey expresado en milímetros (mm)

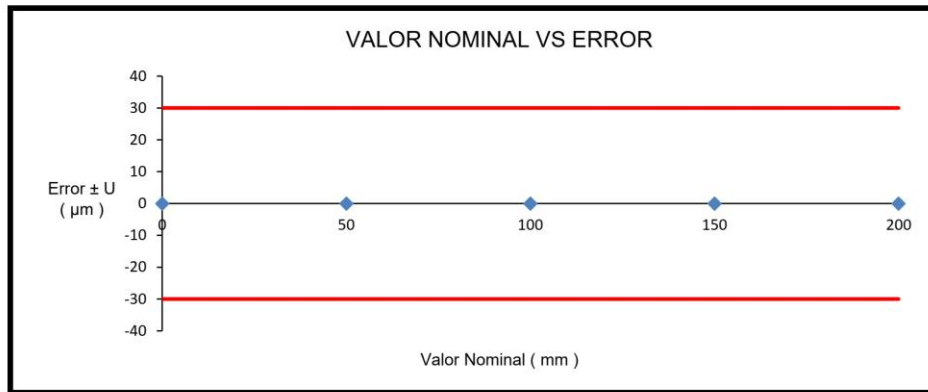
Nota 1: Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores e interiores (SE-I).

Nota 2: Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (SE-P).

Nota 3: El instrumento tiene un error máximo permitido de  $\pm 30 \mu\text{m}$ , según norma DIN 862.



RESULTADOS DE MEDICIÓN



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo 10. Boleta de ensayos de laboratorio (doc. que sustente)

# ARYU E.I.R.L.

RUC: 20532797081

Dirección: APV CESAR VIZCARRA VARGAS MZA. A LOTE. 15 P.J. CHEN  
CHEN (A 200 MTS DE PLANTA DE TRATAMIENTO)

Departamento: MOQUEGUA

Provincia: MARISCAL NIETO

Distrito: MOQUEGUA

Telef: (53) 464350



---

**Facturar a**

TESISTA  
Bach. Pino Sánchez Sandra Paola.  
Departamento: MOQUEGUA  
Provincia: MARISCAL NIETO  
Distrito: MOQUEGUA

**N° de factura****022-1542-115****Fecha**

27/07/2022

**N° de pedido**

07-22-01

**Fecha**

28/07/2022

**vencimiento**

---

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
5	MS-01: Contenido de humedad	30.00	150.00
8	MS-06: Clasificación ( incluye granulometría, límite líquido y límite plástico)	210.00	1,680.00
2	MS-07: Análisis granulométrico por hidrómetro	175.00	350.00
8	MS-12 Próctor modificado	160.00	1,280.00
8	MS-13: C.B.R	420.00	3,360.00

**TOTAL FACTURA****S/. 6,820.00**

Ttej. CIRA SIMON ORDÓÑEZ FERRERO  
CIP. 81111



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "ADICIÓN DEL POLVO DE PIEDRA TRITURADA PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA FRANCISCO FALMAN, CENTRO POBLADO SAN FRANCISCO – MOQUEGUA 2022", cuyo autor es PINO SANCHEZ SANDRA PAOLA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, 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.

LIMA, 01 de Octubre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS <b>DNI:</b> 42414842 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4459-494X	Firmado electrónicamente por: JBENITESZL el 06- 10-2022 10:33:54

Código documento Trilce: TRI - 0432039