



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Evaluación, incorporando cal y cemento para estabilización de suelos  
cohesivos en subrasante de carretera Corralcucho - Las Palmas,  
Cajamarca – 2021.

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Fonseca Sanchez, Milton Omar (ORCID: 0000-0003-4622-8222)

**ASESOR:**

Dr. Paredes Aguilar, Luis (ORCID: 0000-0002-1375-179X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento.

**CHICLAYO – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

A mis padres

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme guiado por el buen camino; en segundo lugar, a mis padres José Fonseca y Esperanza Sanchez los que me apoyaron para seguir el sueño de ser Ingeniero Civil.

## **Agradecimiento**

A Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa muy importante en mi vida.

Al Ing. Noe Marín Bardales, quien más que asesor fue amigo y guía, muchas gracias por su asesoramiento, por el conocimiento transmitido, su comprensión y apoyo para culminar la presente tesis.

Al docente del curso desarrollo de proyecto de investigación Dr. Ing. Paredes Aguilar, Luis por sus enseñanzas brindadas para poder culminar satisfactoriamente el curso.

Al amigo Wilson por sus servicios brindados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos para el desarrollar los ensayos de la presente tesis.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	ii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Resumen .....	vi
Abstract .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN:.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Tipo y Diseño de la investigación .....	11
3.2. Variables y operacionalización .....	11
3.3. Población, muestra y muestreo .....	12
3.4. Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos .....	13
3.5. Procedimientos .....	14
3.6. Método de análisis de datos .....	14
3.7. Aspectos Éticos .....	14
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>24</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>33</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Tramos de las trochas del distrito de la Ramada. ....	12
Tabla 2. Tramo de muestra en estudio .....	13
Tabla 3. Clasificación según orografía.....	15
Tabla 4. Propiedades geotécnicas.....	16
Tabla 5. Propiedades mecánicas:.....	17
Tabla 6. Índice CBR vs Densidad seca .....	17
Tabla 7. Índice CBR para 0.1" y 0.2" de penetración .....	18
Tabla 8. Índice CBR de diseño .....	19
Tabla 9. Acumulado que pasa % .....	35

## Resumen

Uno de los motivos que nos llevó a evaluar la incorporación de cemento y cal para la estabilización de suelos cohesivos en subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, fue ayudar de cierta forma a solucionar el deficiente sellado en su calzada, erosión, polvo excesivo en verano, etc. Utilizamos una metodología cuantitativa correlacional experimental, clasificándose posteriormente según su IDMA como trocha carrozable con una velocidad de diseño de 30 km/h de un carril con 6m de ancho, en cuanto a sus características geotécnicas según SUCS que C1 es Limo arcilloso de alta plasticidad y C2-C6 son Limo arenosos de alta plasticidad, en sus propiedades mecánicas los valores CBR de las 6 muestras en estudio que inicialmente estuvieron por debajo de 8, pero al incorporar 3% y 5% de cal y cemento superan con creces los valores CBR de 13 a 30, se estimó como proporción óptima 3% de cal para C1-C3 y 5% de cal para C4-C6. Concluimos que sus características geotécnicas son adversas por tener alta compresibilidad inicialmente y posterior a su estabilización superan los valores necesarios para su uso en subrasante de los cuales se determinó los óptimos en relación costo - porcentaje necesario para la estabilización.

**Palabras clave:** Estabilización, Cal, Cemento, Suelos, Cohesivos.

## **Abstract**

One of the reasons that led us to evaluate the incorporation of cement and lime for the stabilization of cohesive soils in the subgrade of the Corralcucho - Las Palmas highway, was to help in a certain way to solve the poor sealing in its roadway, erosion, excessive dust in summer etc. We used an experimental correlational quantitative methodology, subsequently classifying according to its IDMA as a carriagable trail with a design speed of 30 km/h with a 6m wide lane, in terms of its geotechnical characteristics according to SUCS that C1 is clayey silt with high plasticity and C2-C6 are sandy loams with high plasticity. In their mechanical properties, the CBR values of the 6 samples under study were initially below 8, but when incorporating 3% and 5% of lime and cement, they far exceeded the CBR values of 13 to 30, the optimum proportion was estimated at 3% lime for C1-C3 and 5% lime for C4-C6. We conclude that its geotechnical characteristics are adverse for having high compressibility initially and after its stabilization, they exceed the values necessary for its use in subgrade, of which the optimal ones were determined in relation to cost - percentage necessary for stabilization.

**Keywords:** Stabilization, Lime, Cement, Soils, Cohesives.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación está fundamentada teóricamente siguiendo un arduo proceso de investigación en diferentes revistas indexadas, tesis de grado, manual de carreteras del ministerio de transportes y comunicaciones, entre otros autores que abordan la infraestructura vial que aportaron definiciones conceptos parámetros entre otros datos muy importantes para la consolidación de la información final presentada; por ejemplo logramos definir el camino cómo la senda que se construye sobre un terreno para facilitar el tránsito de un lugar a otro, en el caso de la carretera se caracteriza principalmente por ser construida cumpliendo con ciertos parámetros del ministerio de transportes y comunicaciones para el tránsito de vehículos motorizados Hernández, A. (2016). A nivel internacional, en Alemania, se abordó el tema de la iteración rueda – suelo en carreteras sin pavimentar en las que debido a no contar con un óptimo sellado en invierno las lluvias generaban erosión e irregularidades y en verano el excesivo polvo representa gran peligro para los conductores, como parte del proyecto de investigación ROBEX, se diseñó, dimensionó y construyó el banco de pruebas para desarrollar los ensayos de su investigación en la que determinaron la abrasión superficial en las muestras de suelo con la aplicación de estabilizantes naturales como la cal y el cemento en distintas proporciones, confirmando así la mejora considerable en cuanto a su capacidad portante Becker, A. y Vrettos, C. (2019). En el ámbito nacional, Según Toro, D. y Reyes, J. (2021), manifestó que Ayacucho fue considerada como la región con menos pavimentación del país (26%) sumado a ello las inclemencias climatológicas que aceleran el deterioro de la poca infraestructura vial en buen estado que tiene tanto pavimentada como no pavimentada, evidentemente reflejada en la precariedad de los servicios públicos afectando la calidad de vida de sus habitantes, como respuesta a ello en su investigación abordó la estabilización química con cal-ceniza de madera, comparándola con la geomalla biaxial en suelos arcillosos en la que se confirmó mejoras significativas en sus valores CBR después de utilizar los estabilizantes en mención. En el ámbito local menciona Mendoza, H. (2021) que en Cajamarca la necesidad es muy amplia para la estabilización de suelos cohesivos por el exponencial crecimiento del mundo automotor y la gran cantidad de trochas con

estos problemas, estas trochas juegan un rol fundamental en la dinamización de su economía, en atención a ello realizaron la investigación caracterizando los tipos de estabilizante para mejorar las propiedades físicas de subrasante con el que se buscó nutrir los precarios conocimientos en estabilización de suelos cohesivos. En mérito a todos estos antecedentes se tiene el **problema general**: ¿De qué manera la incorporación de cal y cemento mejora la estabilización de los suelos cohesivos en subrasante de carretera Corralcucho – Las Palmas, Cajamarca 2021?, con los siguientes **problemas específicos**: ¿Qué tipo de altimetría y planimetría tiene la carretera Corralcucho – Las Palmas, Cajamarca 2019?, ¿Qué características geotécnicas tiene la subrasante de la carretera Corralcucho Las Palmas, Cajamarca 2021?, ¿Qué modifica al utilizar 3% y 5% de cal y cemento para estabilizar la subrasante de la carretera Corralcucho – Las Palmas , Cajamarca 2021?, ¿Qué proporción es la óptima para estabilizar la subrasante de carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca 2021?. Entonces se plantea las siguientes **justificaciones, por conveniencia**: esto es una investigación que pretende encontrar el óptimo contenido de estabilizante químico para poder facilitar de cierta forma el conocimiento técnico para que puedan organizarse y utilizar los porcentajes necesarios de estabilizantes químicos que aliviaran de gran manera los problemas con suelos cohesivos en su subrasante. **justificación por relevancia social**: esta investigación mejorará la transitabilidad de sus carreteras con ello dinamizará su economía generando más empleos y menor costo de mantenimiento en sus vehículos o flete de sus productos los mismos que influyen de manera positiva en los consumidores finales que tendrán una dieta más saludable y económica, disminuyendo la pérdida de sus productos perecibles ya que se disminuye el tiempo de transporte, también facilitará el acceso a los servicios públicos. **Justificación por valor teórico**: con esta investigación se llenan ciertos vacíos teóricos en los porcentajes de 3% y 5% de cal y cemento respectivamente para los suelos limo arenosos de alta plasticidad que son los predominantes en la investigación. **Justificación metodológica**: para el desarrollo de esta investigación recurriremos a laboratorio en donde se realizará ensayos que cuentan con efectividad comprobada y respaldada por las distintas normas, que consolidan nuestro aporte que servirá de referencia para investigaciones futuras. Se planteó como **objetivo general**: Evaluar la incorporación de cemento y cal para la

estabilización de suelos cohesivos en subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca 2021. Como **objetivos específicos tenemos:** plasmar las características topográficas altimetría y planimetría tiene la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca 2021; identificar características geotécnicas que tiene la subrasante de carretera Corralcucho – Las Palmas, Cajamarca 2021; Identificar las modificaciones que se realizan al incluir el 3% y 5% de cal y cemento para estabilizar la subrasante de la carretera Corralcucho – Las Palmas, Cajamarca 2021; para finalizar, determinar la proporción óptima de cal o cemento para estabilizar la subrasante de carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca 2021. Como **hipótesis general** tenemos que la incorporación de cemento y cal mejora significativamente la capacidad de soporte para los suelos cohesivos en la subrasante de carretera Corralcucho – Las Palmas, Cajamarca 2021. Como **hipótesis específicas** tendremos que según sus características topográficas y de tránsito de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca 2021. corresponde a una trocha carrozable de un carril con calzada de 6m con una velocidad de diseño de 30 km/h; sus características geotécnicas, un 0% de las muestras en estudio son desfavorables para un uso en la subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca 2021. por su alta compresibilidad; aproximadamente un 95% de las muestras en estudio tienen características mecánicas insuficientes para su uso en la subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca 2021; el contenido óptimo para la estabilizar los suelos cohesivos en la subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

La presente investigación está fundamentada teóricamente siguiendo un arduo proceso de investigación en diferentes revistas indexadas, tesis de grado, entre otros autores que abordan la infraestructura vial que aportaron definiciones conceptos parámetros entre otros datos muy importantes para la consolidación de la información presentada; a nivel internacional en Pakistán una investigación realizada por Riaz S., et al (2014) denominada “Stabilization of subgrade soils using cement and lime: a case study of kala shah kaku, Lahore”, en la Revista Journal of Science. Pakistán (estabilización de subrasante incorporando cemento y cal: un estudio del caso de kala shah kaku, lahore, Pakistán) tuvo como objetivo estabilizar la subrasante utilizando técnicas de mejora del suelo con materiales económicos y accesibles para reducir el costo de la construcción y obtuvo por resultado que la aplicación de óxido de calcio solo y productos químicos con oxido de calcio mostró una mejora significativa en diversas magnitudes de las propiedades de ingeniería de arcillas gris claro y rojo; llegando a concluir a partir de los resultados del estudio en el campus de kala shah kaku que con la aplicación de cemento en dichos suelos, se obtuvo mejoras en el CBR, la resistencia y también en las características en la compactación. En Rumania se desarrolló la investigación realizada por Dinka, O. et al (2019), denominada “Performance studies on subgrade formation using lime and cement in road project”, Universidad Politècnica de Timisoara en Rumania. Su objetivo fue investigar qué efectos tiene la cal y el cemento al ser utilizados como estabilizantes en suelos arcillosos e identificar los cambios en sus propiedades físicas, para lo cual se realizaron 2 muestras que fueron estabilizadas con cal y cemento, logrando una considerable mejora en las propiedades físico mecánicas del suelo para ambos casos y se llegó a concluir que la resistencia inicial de los suelos estabilizados con cemento era mayor que la de los suelos estabilizados con cal, esto muestra que la estabilización del cemento es más efectiva para lograr una mayor resistencia que la estabilización con cal. Sin embargo, es importante comparar los costos finales de la estabilización acorde al precio de mercado de la cal y el cemento si ambos materiales cumplen con los valores necesarios de CBR, es recomendable tomar cierto coeficiente de seguridad ya que la mezcla y el curado en el laboratorio pueden permitir que las muestras alcancen una resistencia mucho

mayor que la que se pueda lograr en el campo. Ulloa, H. (2015) en su investigación realizada en Nicaragua que llevó por título estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de san isidro del pegón, en la universidad nacional autónoma de nicaragua, la que tuvo por objetivo aportar con un proceso confiable y relativamente sencillo para facilitar su aplicación en la estabilización de suelos con alto contenido de arcillas y limos; obtuvo buenos resultados al utilizar el óxido de calcio en la estabilización de estos suelos arcillosos, teniendo una reacción positiva que mejora considerablemente las propiedades de base tomadas en cuenta en dicha investigación; llegando a concluir que se obtiene una mayor capacidad portante del suelo al mejorar la densidad de compactación, la plasticidad y la humedad necesaria del proceso debido a la reacción exotérmica al tener contacto la cal con los suelos arcillosos. En el ámbito nacional tenemos la investigación de Gonzales, F. (2018), realizada en Puno la que llevó por título Análisis experimental de Suelos Estabilizados con Ceniza Volante, Cemento y Cal para Subrasante mejorada de Pavimentos en la Ciudad de Puno, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, tuvo por objetivo identificar las mejoras en las propiedades mecánicas, resistencia, características de trabajabilidad y plasticidad de los suelos en estudio, al adicionar los estabilizantes propuestos; obtuvo por resultado que con la aplicación de ceniza volante se logró considerables mejoras en las propiedades mecánicas gracias a sus propiedades puzolánicas, con la cal se mejoraron las características de trabajabilidad al disminuir la plasticidad y con el cemento se aumentó la resistencia; llegando a concluir que al obtener dichas propiedades es factible su uso como material estabilizante en sub rasante y sub base ya que con su combinación se obtiene mejoras en sus características mecánicas, de resistencia y trabajabilidad al disminuir su plasticidad es decir se convierte en un material con menos variación de volumen en relación a su contenido de humedad. En Trujillo se realizó una investigación elaborada por Góngora, C. (2019) que llevó por título influencia de la cal y cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de chillia, provincia de pataz – 2019, universidad privada del norte; tuvo por objetivo encontrar el porcentaje óptimo de cal y cemento realizando los estudios de laboratorio, para realizar la estabilización de la subrasante en el camino rural del distrito de chillia; se obtuvo como resultado con el 2% y 4% de cemento portland tipo I se alcanza una mejora de 54.56% en su

CBR invirtiendo su calificación de inadecuada a excelente para subrasante, posteriormente al utilizar 2% de y 4% de cal con solo se logró mejor en 3.73% lo que pasaría de inadecuada a pobre, En Huancayo se desarrolló la investigación elaborada por Cuadro, C. (2017) denominada “Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016”. Universidad Peruana los Andes. Perú. Tuvo por objetivo encontrar el porcentaje ideal de adición de óxido de calcio para reducir el espesor requerido de capa de afirmado realizando pruebas con distintas proporciones, con ello se concluyó la adición del 3% en relación al peso del suelo sería la óptima, ya que su mejoría en sus características del suelo de subrasante estudiado después de ser estabilizado fueron la reducción en su índice de plasticidad en 14.91%, en el óptimo contenido de humedad se logró una reducción de 2.7% y un aumento considerable en el C.B.R. de 10.79%, alcanzando una categorización de buena para ser utilizado como material de subrasante. Como teorías relacionadas están la definición de camino cómo la senda que se construye sobre un terreno para facilitar el tránsito de un lugar a otro, en el caso de la carretera se caracteriza principalmente por ser construida cumpliendo con ciertos parámetros del ministerio de transportes y comunicaciones para el tránsito de vehículos motorizados Hernández, A. (2016). En cuanto a la clasificación de las carreteras de acuerdo con su orografía Miñano, A. (2017). nos ayuda a definirlo cómo carretera tipo uno para terrenos llanos, carretera tipo dos para terrenos ondulados carretera tipo 3 para terrenos accidentados carretera tipo cuatro para terrenos escarpado o muy accidentado por otro lado también nos aporta la clasificación de acorde a su demanda las cuales se clasificarían en autopistas de primera clase autopistas de segunda clase carreteras de primera clase carreteras de segunda clase carreteras de tercera clase; De la cruz, L. y Salcedo, K. (2016). nos aporta con la definición para suelo cómo producto de la alteración de las rocas y descomposición de los residuos que son ocasionados por el pasar de los tiempos a causa de un proceso físico biológico y modificaciones que alteran y forman distintos tipos de suelo que se clasifican por su geotecnia, Ulloa, H. (2015): cómo arena y grava limos arcillas; para entender cuántas calicatas sería necesarias dependiendo del tipo de carretera nos brinda una tabla con la cantidad mínima de calicatas por tipo de carretera, en el caso de la carretera en

estudio que sería necesario una calicata por kilómetro, los ensayos para su clasificación, De la cruz, L. y Salcedo, K. (2016). manifiesta que existen diferentes ensayos para determinar sus características del suelo entre los que se encuentran contenido de humedad, gravedad específica de los sólidos del suelo y análisis granulométrico Gongora, C. (2019) por tamizado, granulometría por lavado limite liquido limite plástico y el índice de plasticidad, la Clasificación de suelos por AASHTO ASTM Di-i3282, se dividen en 2 grupos, uno de ellos está formado por suelos granulares y el segundo lo conforman los suelos finos, ambos grupos tienen la simbología que va desde A-1 hasta A-8, de los cuales el rango de A-1 hasta A-7 son los suelos orgánicos los que al mismo tiempo se subclasifican en 12 sub grupos y por el lado de los suelos A-8 son los que cuentan con elevado porcentaje de materia orgánica. Miñano, A. (2017). también tenemos lo que es Clasificación de suelos SUCS ASTM D-2487 o también llamada clasificación modificada de casa grande y la utilizamos para describir el tamaño de las partículas del suelo clasificándolas como suelos finos y suelos gruesos como apreciamos en la tabla 11 y 12 en las que se le da gran importancia al tamiz #200 a la hora de definir los suelos gruesos o finos, si lo que pasa es mayor al 50% se trataría de un suelo fino y si es menos de 50% se trataría de un suelo grueso; en el interior del sistema hay múltiples tipos de suelo tales como (G) la grava, (S) arena, (M) limo, (C) arcilla y (O) materia orgánica; estos también cuentan con sus subgrupos que son (W) los suelos bien graduados, (P) suelos pobremente graduados, (M) suelos limosos, (C) suelos arcilloso, (L) suelos de baja plasticidad (L) y (H) suelo de alta plasticidad. Para utilizar este presente sistema se utilizará la carta de plasticidad según la ilustración. Bañon, L. y Bevia, J. (2000) se le denomina suelos gruesos cuando están distribuidos como suelos finos y gruesos los que son separados por la malla #4 y cuando pasa más del 50% pertenece a las arenas y si pasa un porcentaje inferior al 50% pertenecería a las gravas, en suelos finos están fraccionados en los grupos de (M) limos orgánicos, (CL) arcillas orgánicas y (O) limos y arcillas orgánicas y a la vez subdivididos como (ML) limos orgánicos de baja compresibilidad, (OL) limos y arcillas orgánicas, (CL) arcillas orgánicas de baja compresibilidad, (CH) arcillas orgánicas de alta compresibilidad, se tendrán que estudiar sus límites líquido y plástico y el Proctor modificado según ASTM D-1557 es uno de los más utilizados, considerado como uno de los mejores para el estudio

y control de la calidad de la compactación, nos ayuda a obtener la relación entre contenido de agua - peso unitario seco, que existen en los suelos que han sido compactados para conocer la llamada curva de compactación, para la presente investigación se trabajara con el método B de los tres que existen (A, B, y C), porque es el indicado al cumplir con los criterios. El ensayo CBR californiano Bearing Ratio ASTM D-1883 lo realizaremos luego de haber concluido con clasificar los suelos, ya sea por SUCS o AASHTO y también encontrado el óptimo contenido de humedad con el Proctor modificado; para cada tramo vamos a estudiar y elaborar un perfil de los estratos que lo conforman y con ellos se determina que suelos predominan para el diseño con el que se definirá un programa de ensayos con el fin de establecer el (CBR) capacidad de soporte del suelo, que se definirá por el 95% de la densidad máxima seca y una penetración de carga de 0.1", 0.2". La compactación: es considerado como un proceso para mejorar las propiedades usadas en la ingeniería y en laboratorio se desarrolla con la preparación de 3 muestras que serán analizadas con el contenido de humedad óptimo compactando en 5 capas y realizando 12, 25 y 56 golpes respectivamente para cada muestra como lo exige la norma. Los moldes a usar tienen que ser de forma cilíndrica y contar con placa base con collar, disco y papel filtro. En cuanto al hinchamiento se les somete a las muestras en un recipiente de agua por 4 días, en lo que se les irá llevando un control de sus medidas cada 24 horas, usando su placa de expansión, la sobrecarga, el trípode su dial de expansión, el ensayo de carga-penetración: al cabo de 4 días de sacar el molde del agua se procede a dejarlo secar por un tiempo de 15 minutos, luego se procede al ensayo en la prensa hidráulica que irá registrando las lecturas de la carga aplicada con su respectiva penetración para cada una de las muestras, seguidamente se volverá a obtener la densidad humedad y el contenido de humedad, con tres partes de muestras se le pone a secar en el horno. Finalmente obtendremos las tres curvas de esfuerzo deformación una para cada muestra Ilustración 3 y se determinara el esfuerzo en función a 0.1" y 0.2" al igual que para sus índices de CBR, por otro lado se le define a la estabilización del suelo, como la intervención a través de procesos con los que se tratan los suelos para mejorar sus características con el fin de lograr una mayor capacidad portante y así este pueda resistir las cargas propias del tránsito, con su estabilización pretendemos dejar una vía más estable y eficiente, De la cruz, L. y

Salcedo, K. (2016). En el caso del cemento se tendrá que curar o humedecer el suelo tratado según lo recomendado para obtener el óptimo resultado, el cemento actúa al tener contacto con el agua y el suelo uniéndolas permitiéndolas reaccionar como una sola masa de suelo la que por consecuencia tendrá una mayor capacidad portante, es más efectivo para los suelos arenosos o finos ya que para otro tipo de suelos se requiere un porcentaje mayor es decir su efectividad dependerá de cantidad de agua, cemento, tipo y cantidad de suelo, el proceso como se realizó dicha estabilización para el curado y tiempo de la mezcla; en el caso de la cal es un material obtenido de la pulverización de piedra caliza conocidos como cal viva e hidratada que al ser un material de muy fácil acceso y económico, es muy utilizado en la estabilización de suelos cuando se requiere disminuir su plasticidad y volumen de los suelos arcillosos. Las teorías relacionadas a nuestra variable independiente: incorporación de cal y cemento; Según su definición conceptual: cal (óxido de calcio) Muñoz, M. (2020). es el resultado de la calcinación de la piedra caliza y se caracteriza por reducir la plasticidad y mejorar las características físicas de los suelos cohesivos, cemento portland tipo I Salcedo, K. (2016) Se obtiene tras mezclar el Clinker con yeso; una de las propiedades que presenta este material como estabilizante es que, gracias a su reacción exotérmica con los suelos finos, mejora sus propiedades físicas. Definición operacional: el óxido de calcio y el cemento portland tipo I tienen una reacción exotérmica en los suelos arcillosos, lo que mejora significativamente su alta compresibilidad, mejorando las propiedades físicas en los suelos altamente cohesivos presentes en la subrasante de carretera Corralcucho - Las Palmas, esta variable independiente tiene dos dimensiones que son las propiedades mecánicas del suelo estabilizado que a su vez tiene como indicadores el ensayo Proctor y CBR, mientras que la otra dimensión es la dosificación de cal y cemento portland tipo I tiene como indicadores a las proporciones de 3% y 5% más el porcentaje óptimo, su unidad de medición es la razón; Respecto a la variable dependiente: estabilización de los suelos cohesivos; según su definición conceptual es mejorar la capacidad de soporte del suelo ya sea este de la subrasante o base, el que por su definición operacional nos manifiesta que el IP nos permite clasificar el suelo de acuerdo al porcentaje en el que oscila la humedad cuando el suelo posee consistencia plástica, lo que significa que al contar con un porcentaje mínimo en el IP se trataría de un suelo poco arcilloso y que a

mayor porcentaje del IP se trataría de un suelo arcilloso. Cabe precisar que el valor de CBR y capacidad de soporte estará dada al 95% de su densidad máxima seca en 2.54mm de penetración de carga, la misma se cuenta con tres dimensiones que son el levantamiento topográfico que tiene como indicadores la altimetría y planimetría; en la dimensión de las propiedades geotécnicas, los indicadores son la granulometría, los límites de atterberg, contenido de humedad, peso específico y clasificación de suelos; en la última dimensión tuvimos las propiedades mecánicas con sus indicadores de Proctor y CBR, Para la que su unidad de medición es la razón.

### **III. METODOLOGÍA**

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

##### **Tipo de Investigación**

Es aplicada según Concytec (2018), como lo explica Hernández, R. (2014), analizaremos las situaciones que acontecen en estabilizar subrasante con suelos cohesivos (variable dependiente) y posteriormente realizó la evaluación, incorporando cal y cemento a los suelos cohesivos (variable independiente) y consultando con la debida información, para proponer el óptimo porcentaje para dicha estabilización.

##### **Diseño de investigación**

Es cuantitativa pre – experimental

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

Las teorías relacionadas a nuestra variable independiente: incorporación de cal y cemento; Según su definición conceptual: cal (óxido de calcio) Muñoz, M. (2020). es el resultado de la calcinación de la piedra caliza y se caracteriza por reducir la plasticidad y mejorar las características físicas de los suelos cohesivos, cemento portland tipo I Salcedo, K. (2016) Se obtiene tras mezclar el Clinker con yeso; una de las propiedades que presenta este material como estabilizante es que, gracias a su reacción exotérmica con los suelos finos, mejora sus propiedades físicas. Definición operacional: el óxido de calcio y el cemento portland tipo I tienen una reacción exotérmica que mejora las propiedades físicas en los suelos cohesivos presentes en la subrasante de carretera Corralcucho - Las Palmas, esta variable independiente tiene dos dimensiones que son las propiedades mecánicas del suelo estabilizado que a su vez tiene como indicadores el ensayo Proctor y CBR, mientras que la otra dimensión es la dosificación de cal y cemento portland tipo I tiene como indicadores a las proporciones de 3% y 5% más el porcentaje óptimo, su unidad de medición es la razón; Respecto a la variable dependiente: estabilización de los suelos cohesivos; según su definición conceptual es mejorar la capacidad de soporte del suelo ya sea este de la subrasante o base, el que por su definición operacional nos manifiesta que el IP nos permite clasificar el suelo de acuerdo al porcentaje en el que oscila la humedad cuando el suelo posee consistencia plástica,

lo que significa que al contar con un porcentaje mínimo en el IP se trataría de un suelo poco arcilloso y que a mayor porcentaje del IP se trataría de un suelo arcilloso. Cabe precisar que el valor de CBR y capacidad de soporte estará dada al 95% de su densidad máxima seca en 2.54mm de penetración de carga, la misma se cuenta con tres dimensiones que son el levantamiento topográfico que tiene como indicadores la altimetría y planimetría; en la dimensión de las propiedades geotécnicas, los indicadores son la granulometría, los límites de atterberg, contenido de humedad, peso específico y clasificación de suelos; en la última dimensión tuvimos las propiedades mecánicas con sus indicadores de Proctor y CBR, Para la que su unidad de medición es la razón.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población:

La población es un conjunto que se relacionan por determinadas características Hernández, R. (2014). En la presente investigación se tomará como población a todos los tramos de trochas carrozables en el distrito de la Ramada.

**Tabla 1.** Tramos de las trochas del distrito de la Ramada.

<b>Tramo</b>	<b>Km</b>
Ramada - Las Iglesias	6
Las Iglesias – Las Palmas	4.5
Las Iglesias – Tambillo	3
Tambillo – Chacrerías	6
Chacrerías – Sinyahual	3
Tambillo – Cubillina	2.5
Laguna – Cardón	3
Cardón – Carhuallo	4.5
Llushcapampa – Cochagan	4
Cochagan - El Valle Grande	5
Corralcucho - Las Palmas	2.6

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

### **Muestra:**

El investigador Hernández, R. (2014). definió la muestra como el subconjunto de la población que tiene ciertas características. Tomaremos como muestra para el presente estudio el tramo de trocha corralcucho - las palmas de 2.6 Km.

**Tabla 2.** Tramo de muestra en estudio

<b>Tramo</b>	<b>Km</b>
Corralcucho - Las Palmas	2.6

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

### **Muestreo:**

El investigador Hernández, R. (2014), el muestreo es definido como el subconjunto que representa al conjunto, con el objetivo de estudiar; Los criterios tomados en cuenta para la selección de nuestra muestra son no probabilísticos y la muestra aleatoria. El muestreo que será utilizado en esta investigación será el no probabilístico, por ser un tipo de muestreo que se realiza bajo ningún modelo probabilístico de selección y sin regirse a norma alguna, es decir el investigador es quien selecciona las unidades que analiza cumpliendo con los criterios en estudio. Para el desarrollo de esta tesis tomaremos 2.6 km de la trocha, debido a que presenta un bajo volumen de tránsito y será desarrollada según indica la NTP 339.127, es decir 2 por cada kilómetro en total serian 6 calicatas y estas se ubican longitudinalmente y alternadamente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013). Las 6 calicatas de exploración a cielo abierto de 1m x 1m x -1.5m con respecto al nivel de la sub rasante.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos**

Para la presente investigación se ha utilizado la técnica de la observación. Según el investigador Borja, M. (2016) menciona que cuando se utiliza la observación como técnica en los proyectos de ingeniería será de tipo directa y es descrita como una percepción realizada intencionalmente de un hecho o un conjunto de hechos o fenómenos que utiliza como medios los sentidos, procedimientos e instrumentos de medición como los formatos para el estudio de tráfico, levantamiento topográfico, análisis de laboratorio, etc. Los instrumentos de recolección de datos

utilizados fueron formatos tanto de recolección de datos en campo y para la granulometría, límites de atterberg, Proctor y CBR, también los equipos de laboratorio utilizados para los ensayos de como son la balanza, horno, canastilla, fiona, tamices, espátula de hoja flexible, copa de Casagrande, probeta de 100ml, recipiente para probetas, vidrio, cápsula de porcelanato, taras, molde cilíndrico de 4 o 6" y altura de 4.584", pisón, regla metálica, cuchara pipeta, probetas, fuentes, prensa de compresión, molde de metal cilíndrico, placa base perforada, disco espaciador de metal, pistón de penetración, aparato medidor de expansión, dial, trípode, moldes, misceláneos, papel filtro y espátula; los equipos topográficos que se utilizaron fueron la estación total, el prisma y GPS.

### **3.5. Procedimientos**

Los procedimientos que se siguieron en la presente investigación fue determinar su altimetría y planimetría inicialmente realizando un levantamiento topográfico con la estación total para luego procesar la información en el software civil 3d en el que se realizó su diseño geométrico de acorde su clasificación, ya teniendo los planos definimos la ubicación para las calicatas de las que se extrae nuestras muestras y las llevamos a laboratorio en las que realizamos su clasificación según AASHTO y SUCS, luego determinamos sus límites de atterberg para realizar los ensayos Proctor y CBR en estado natural de la muestra y cuando se le adiciona el 3% y 5%; luego procederemos con el análisis y discusión de los resultados para elaborar las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

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

Para la presente investigación se utilizará la estadística descriptiva con el fin de recopilar, organizar, procesar e interpretar datos para lograr una mejor y correcta interpretación.

### **3.7. Aspectos Éticos**

El presente proyecto de investigación ha sido desarrollado mediante una exhaustiva investigación revisando los trabajos existentes sobre el tema basándonos en todas las normas que rigen los actos humanos y con la guía del asesor considerando el debido respeto y reconocimiento a los autores citados.

#### IV. RESULTADOS

### Plasmar las características topográficas, altimétricas y planimétricas de la subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca – 2021.

**Tabla 3.** Clasificación según orografía

CLASIFICACIÓN SEGÚN TOPOGRAFÍA	
Terreno llano	Cuenta con pendientes mínimas
Terreno ondulado	Tiene pendientes que permite el acceso en todas direcciones
Terreno montañoso	Sus concavidades y convexidades tienen grandes pendientes, de difícil acceso
Terreno escarpado	Tiene pendientes muy pronunciados e inaccesibles en muchos casos.

*Fuente: elaboración propia, 2022*

**Interpretación:** Sobre las características topográficas de altimetría y planimetría que se muestra a continuación, se realizó el diseño geométrico siguiendo los parámetros establecidos en la DG-2018 del ministerio de transportes y comunicaciones, para una mejor explicación y apreciación de sus características de altimetría y planimetría se ha decidido dividir las en 3 tramos; La primera vista en la figura 6 y 7, comprende desde la progresiva 0 + 000 km hasta 0 + 879 km, la misma que está ubicada a los 2389.8 m.s.n.m. hasta 2457.3 m.s.n.m, a una latitud sur de N-6°23'09'' y longitud oeste W78°61'86'' del hemisferio sur, cuadrante sub occidental y cuenta con una pendiente de 7.61% hasta la progresiva 0 + 876.11 que es donde comienza la primera curva vertical. En la segunda vista la figura 8 y 9, comprende desde la progresiva 0 + 879 km hasta 1 + 758 km, la misma que está a una elevación que va desde 2457.3 m.s.n.m. y alcanza los 2481.04 m.s.n.m para luego descender hasta 2477.9 m.s.n.m., en continuación de la primera curva vertical cuenta con una pendiente que va disminuyendo al avanzar en ella y a partir de la progresiva 1+ 376.34 km comienza la segunda curva vertical la misma que es convexa simétrica. En la tercera y última vista la figura 10 y 11, comprende desde la progresiva 1 + 758 km hasta 2 + 577.96 km, la misma que está a una elevación que va desde 2477.9 m.s.n.m. y desciende hasta 2462.4 m.s.n.m., a continuación de la segunda curva vertical convexa simétrica que finaliza en la progresiva 1+ 823.66 km tenemos una pendiente de -1.91% hasta llegar al final de nuestra

carretera que cuenta con un total de 2,577.96 km. Complementando sobre el estudio de tráfico realizado se obtuvo valores IDMA menor a los 400 veh/día es decir se clasificará como trocha carrozable, la misma que fue diseñada para una velocidad de 30 km/hora por tener una orografía muy accidentada.

**Identificar las características geotécnicas del suelo de la subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca – 2021.**

**Tabla 4.** Propiedades geotécnicas

N° MUESTRA	ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN	
	Límite líquido (LL)	Límite plástico (LP)	Índice plástico (IP)		
1	52.28%	29.67%	22.60%	MH Limo arcilloso de alta plasticidad	A-7-6(14) MALO
2	57.95%	30.50%	27.44%	MH Limo arenoso de alta plasticidad	A-7-5(12) MALO
3	50.96%	30.33%	20.62%	MH Limo arenoso de alta plasticidad	A-7-5(10) MALO
4	50.13%	31.13%	19.11%	MH Limo arenoso de alta plasticidad	A-7-5(12) MALO
5	55.48%	34.47%	21.01%	MH Limo arenoso de alta plasticidad	A-7-5(13) MALO
6	50.75%	30.00%	20.75%	MH Limo arenoso de alta plasticidad	A-7-5(11) MALO

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

**Interpretación:** Sobre la identificación de las características geotécnicas y clasificarlas según el sistema AASHTO y SUCS, se realizó los ensayos de laboratorio obteniendo así sus propiedades geotécnicas de las 6 muestras de suelo extraídas de las calicatas a una profundidad de 1.5 metros, se llegó a determinar su granulometría la misma que podemos apreciar en la curva granulométrica y luego sus límites de consistencia los mismos que mostramos en la tabla con las que finalmente se las clasificó, según SUCS las 6 muestras son (MH) Limo arenoso de alta plasticidad y según la clasificación AASHTO se trataría de A-7-6 (14) para la primera muestra y los 5 restantes serían A-7-5 con diferentes índices de grupo.

**Evaluar las propiedades mecánicas del suelo estabilizado incorporando cal y cemento (al 3% y 5%) en la subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca – 2021.**

**Tabla 5.** Propiedades mecánicas:

RESUMEN PROCTOR		
Muestra	Contenido de humedad (%)	Densidad seca (Ps)
<b>C1 - C3 - N</b>	16.67	1.694
C1 - C3 – 3% CA	16.67	1.694
C1 - C3 – 5% CA	16.67	1.694
C1 - C3 – 3% CE	16.67	1.694
C1 - C3 – 5% CE	16.67	1.694
<b>C4 - C6 - N</b>	30.05	1.402
C4 - C6 – 3% CA	30.05	1.402
C4 - C6 – 5% CA	30.05	1.402
C4 - C6 – 3% CE	30.05	1.402
C4 - C6 – 5% CE	30.05	1.402

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

**Tabla 6.** Índice CBR vs Densidad seca

MUESTRA	CBR vs DENSIDAD SECA					
	CBR (%)			DENSIDAD SECA (g/cm3)		
	1	2	3	1	2	3
C1 - C3 - N	4.70	3.20	2.50	1.694	1.609	1.523
C4 - C6 - N	6.40	5.90	4.50	1.407	1.344	1.264
C1 - C3 – 3% CA	26.50	22.90	18.10	1.697	1.612	1.524
C1 - C3 – 5% CA	64.30	49.30	40.10	1.704	1.613	1.545
C4 - C6 – 3% CA	19.20	16.70	13.00	1.408	1.338	1.276
C4 - C6 – 5% CA	34.90	25.20	17.70	1.419	1.355	1.277
C1 - C3 – 3% CE	48.10	34.80	24.10	1.698	1.603	1.525
C1 - C3 – 5% CE	93.90	58.00	31.50	1.705	1.601	1.529
C4 - C6 – 3% CE	30.90	24.00	20.40	1.410	1.335	1.266
C4 - C6 – 5% CE	81.50	63.00	46.30	1.424	1.356	1.264

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

**Tabla 7.** Índice CBR para 0.1" y 0.2" de penetración

MUESTRA	RESUMEN CBR					
	0.1"			0.2"		
	1	2	3	1	2	3
C1 - C3 - N	4.70	3.20	2.50	5.70	3.80	3.00
C4 - C6 - N	6.40	5.90	4.50	7.60	7.10	5.40
C1 - C3 – 3% CA	26.50	22.90	18.10	32.20	27.90	22.00
C1 - C3 – 5% CA	64.30	49.30	40.10	47.20	37.50	31.20
C4 - C6 – 3% CA	19.20	16.70	13.00	21.70	18.90	14.70
C4 - C6 – 5% CA	34.90	25.20	17.70	39.30	28.60	20.00
C1 - C3 – 3% CE	48.10	34.80	24.10	58.50	42.40	29.30
C1 - C3 – 5% CE	93.90	58.00	31.50	114.40	70.70	38.40
C4 - C6 – 3% CE	30.90	24.00	20.40	35.50	27.60	22.80
C4 - C6 – 5% CE	81.50	63.00	46.30	93.60	72.40	53.20

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

**Interpretación:** Como se puede apreciar en la tabla, se llegó a obtener los óptimos contenidos de humedad para las calicatas de 1 a 3 de 10.67% y su densidad máxima seca de 1.694 los mismos valores se replican para las que se incorporó el 3% y 5% de cal y cemento, luego se obtuvo para las calicatas de la 4 a 6 un contenido de humedad de 30.05 % y una densidad máxima seca de 1.402 y también sería las mismas para las que se les incorporó cemento al 3% y 5%, la mismas que podemos apreciar mejor en las gráficas del 2 al 7.

**Estimar la proporción óptima de estabilización del suelo cohesivos de la subrasante de la carretera Corralcucho - Las Palmas, Cajamarca – 2021.**

**Tabla 8.** Índice CBR de diseño

<b>MUESTRA</b>	<b>CBR a la penetración (pulg)</b>	<b>MDS (%)</b>	<b>CBR (%)</b>
<b>C1 - C3 - N</b>	0.1”	95	3.2
C1 - C3 – 3% CA	0.1”	95	22.7
C1 - C3 – 5% CA	0.2”	95	37.2
C1 - C3 – 3% CE	0.1”	95	35.6
C1 - C3 – 5% CE	0.1”	95	61.0
<b>C4 - C6 - N</b>	0.1”	95	5.7
C4 - C6 – 3% CA	0.1”	95	16.4
C4 - C6 – 5% CA	0.1”	95	23.0
C4 - C6 – 3% CE	0.1”	95	23.8
C4 - C6 – 5% CE	0.1”	95	58.8

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

**Interpretación:** Para la muestra representativa de C1-C3 es 3% de cal y para C4-C6 es 5% de cal teniendo como referencia los precios actuales de mercado del cemento y cal en relación al porcentaje necesario para la estabilización.

## V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos sobre las características topográficas altimétricas y planimétricas se tiene como resultado de las vistas del perfil longitudinal y las vistas en planta de la carretera que fue diseñada para una velocidad de 30 km/hora por tener una orografía muy accidentada, en su sección transversal de la vía cuenta con un ancho de explanación de 6 m y la superficie de rodadura está compuesta por un solo carril, si revisamos la investigación de Gongora, C. (2019), muestra en sus conclusiones la ubicación el Plano de Ubicación del Distrito de Chillia – Pataz – La Libertad, así como también el plano de Localización de la Trocha del Distrito de Chillia – Pataz – La Libertad, en este aspecto estamos de acuerdo en que es recomendable mostrar las ilustraciones de dichos planos al igual que los planos de perfil longitudinal y vista en planta ya que nos permitirá tener una mejor explicación y conceptualización de la carretera en estudio.

En la identificación de las características geotécnicas del suelo se tuvo por resultado que los límites de atterberg (consistencia), sus límites líquidos de todas las muestras son superiores al 50% y los límites plásticos que oscilan entre 29.67% a 34.47% por lo que se les considera de alta plasticidad o compresibilidad es decir son muy susceptibles aumentar significativamente su volumen al recibir mayor contenido de agua es decir cuentan con una muy baja capacidad de resistencia a los esfuerzos cortantes por el hecho de tener un índice de plasticidad que va desde los 19.11% a 27.44%, en las que posteriormente al ser clasificados según SUCS coincidieron las 6 muestras es decir se trataría de un MH limo arenoso de alta plasticidad, algo parecido es lo -que se obtuvo al clasificarlos por ASHTO donde vio que la primera se trataría de un A-7-6 con un índice de grupo (14) y para las restantes como A-7-5 con diferentes índices de grupo todas ellas siendo consideradas como malas, si revisamos la investigación 2. Becker, A. y Vrettos, C. (2019). en sus resultados que la clasificación del suelo realizada se trata de A-2-7 (Muestra-1) es un suelo de grano grueso, mientras que A-7-5 (Muestra-2) es un suelo de grano fino, este tipo de clasificación ayuda a proporcionar información en qué grupo de símbolos se encuentra el suelo y demás de esto, estos símbolos de grupo informan la calidad del suelo, en este aspecto de la investigación mencionada tenemos en común el suelo denominado A-7-5 que es considerado como grano fino

de los que según nuestra clasificación coincidimos y a su vez consideramos como el más idóneo para estabilizar con los cementantes naturales como lo son la cal y el cemento que básicamente ayudan a lograr secar, modificar y estabilizar con mejores resultados.

En relación a sus propiedades mecánicas del suelo se obtuvo como resultado de los ensayos de laboratorio tales como el Proctor mostrado en los gráficos posteriormente el CBR en los en los que podemos apreciar el contenido de humedad para las muestras de las calicatas 1 a la 3 tienen un contenido de humedad del 16.67% y una densidad seca de 1.694 y para las calicatas de la 4 a la 6 tienen un contenido de humedad del 30.05% los mismos que permanecen iguales respectivamente en las muestras que se adicionaron cal y cemento, en cuanto al CBR se alcanzó grandes mejoras en su resistencia al corte con la adición tanto de cal como de cemento siendo el cemento el que logró mayor CBR tanto para el 3% y 5% de todas las muestras, luego si revisamos la investigación de Riaz, S., et al. (2014), la misma que muestra en sus resultados en el que se eligieron dos aditivos diferentes, es decir, cal y cemento Portland ordinario para el tratamiento del suelo obtenido del área KSK. Las muestras se remodelaron mediante la adición de aditivos en porcentajes variables hasta 2-8% de cemento y 4-15% de cal por peso seco del suelo. Todas las muestras se compactaron con el Contenido de humedad óptimo y la Densidad máxima en seco según la Prueba de Proctor modificada y luego se sometieron a pruebas de Resistencia a la compresión no confinada (UCS) y California Bearing Ratio (CBR). El efecto de las modificaciones en las propiedades de ingeniería se evaluó mediante muestras de suelo tratadas con envejecimiento. La resistencia a la compresión no confinada (UCS) se determinó en diferentes intervalos de tiempo, es decir, en el mismo día (inmediatamente después del remodelado), después de 7 días, 14 días y 28 días. Las muestras para el valor de CBR empapado se analizaron después de 96 horas. Del estudio, se concluyó que la aplicación de cemento y cal mostró una mejora tremenda en el valor de CBR, un aumento máximo en CBR comparado con cal que era 1100% mientras que con cemento era 2600%. con el aumento en el contenido de cemento o cal. Este aspecto concuerda con nuestros resultados donde determinamos que la cal y el cemento aumentaba la estabilidad, la impermeabilidad y la capacidad de carga de la subrasante, resaltando en ello que la aplicación de

cemento mostró más mejoras que la cal en la resistencia, las características de compactación y el valor de CBR.

En cuanto a la proporción óptima de cal y cemento para la estabilización del suelo cohesivo tal como se muestra en la Tabla Resumen CBR se aprecia una mejora considerable para la muestra en estado natural que aumenta de 4.70% a 64.30% para las calicatas C1 - C3 con la adición de cal al 5% y algo parecido sucedió con las muestras de las calicatas C4 – C6 en las que se aumentó de 6.40% a 34.90% y posteriormente se obtuvo mejor resultado para ambas muestras al ser estabilizadas con cemento llegando a obtener valores de 93.90% y 81.50% para las muestras de las calicatas C1 – C3 y C4 – C6 respectivamente, si revisamos la investigación de Dinka, O., et al (2019), que muestra en sus conclusiones que el aumento del contenido de cemento corresponde al aumento en los valores de CBR. Al agregar cemento al suelo, los valores de CBR se multiplican tanto para las muestras como para el CBR máximo, hasta un 86.52% y 63.55%. en el que se determinó como contenido óptimo el 8% de cemento para la Muestra-1 y la Muestra-2, respectivamente, por lo general, los tratamientos de cemento son beneficiosos para aumentar la capacidad del pavimento y la vida útil, algo similar sucedió con el tratamiento con cal al 8%, la clasificación del suelo se mantuvo igual tanto para la Muestra-1 (A-2-7) como para la Muestra-2 (A-7-5) como el suelo sin tratar y se puede observar que para ambas muestras de suelo, la adición de cal aumentó inicialmente el índice de plasticidad (de 11.61% a 15.87% para la Muestra-1 y 14.03% a 16.56% para la Muestra-2), mientras que mayores porcentajes de cemento condujeron a una reducción en el índice de plasticidad al 12.87% y 11.34% respectivamente.

En lo que concuerda con nuestro estudio es que el mencionado estudio de laboratorio encontró que la resistencia inicial que los suelos estabilizados con cemento eran mayores que la de los suelos estabilizados con cal, es decir muestra que la estabilización del cemento es más efectiva para lograr una mayor resistencia que la estabilización con cal. Sin embargo, la mezcla y el curado en el laboratorio pueden permitir que las muestras alcancen una resistencia mucho mayor que la que se puede lograr en el campo, y respecto a los valores de CBR de los suelos estabilizados fueron más altos, en algunos casos muchas veces más altos, que los

suelos naturales no estabilizados. El grosor de las capas del pavimento varía con el cambio en el valor de CBR. Con el valor más alto de CBR, el grosor de la carpeta asfáltica sería menor y viceversa. A partir de los resultados de la prueba de CBR, los valores se vuelven cada vez más altos para ambas muestras de suelo de subrasante, al ser estabilizados con cemento y cal, por lo tanto, esto implica que el grosor del pavimento debe reducirse en función del porcentaje de estabilizadores, cemento y contenido de cal.

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que la presente vía de acuerdo a sus características como IDMA, orografía, etc. Que se obtuvieron después de realizar el reconocimiento del terreno, estudio de IDMA y luego con una estación total el levantamiento topográfico con el que se realizó el diseño geométrico según la DG-2018 del ministerio de transportes y comunicaciones, obteniendo los planos de altimetría y planimetría en los que se ubicaron nuestras calicatas que utilizamos para nuestro estudio y por otro lado también apreciamos de mejor manera las características antes mencionadas.
- En las características geotécnicas se concluye que al tener una distancia de 2.577.96 km era necesario 6 calicatas para la extracción de nuestras muestras de suelo, con las que realizamos posteriormente nuestros ensayos de laboratorio, se determinó los límites de atterberg como son limite liquido limite plástico e índice de plasticidad para cada una de las muestras al igual que los tipos de suelo existentes de los que según la clasificación SUCS las 6 muestras son (MH) limo arenoso de alta plasticidad y según la clasificación AASHTO la muestra N°1 estaría en el grupo A-7-6 considerado como (MALO).
- Se determinó que la cal y el cemento portland si mejoran las propiedades físicas del suelo encontrado en la calicata C3 para sus dos estratos; mediante el ensayo California Bearing Ratio (CBR), se aprecia una mejora considerable para la muestra en estado natural que aumenta de 4.70% a 64.30% para las calicatas C1 - C3 con la adición de cal al 5% y algo parecido sucedió con las muestras de las calicatas C4 – C6 en las que se aumentó de 6.40% a 34.90% y posteriormente se obtuvo mejor resultado para ambas muestras al ser estabilizadas con cemento llegando a obtener valores de 93.90% y 81.50% para las muestras de las calicatas C1 – C3 y C4 – C6 respectivamente.
- Se determinó mediante en ensayo California Bearing Ratio (CBR) realizado a sus dos estratos, que la cal al 3% y 5% que es un buen estabilizador para este tipo de suelo, porque estas muestras contienen un alto porcentaje de arcillas, por lo que existe suficiente sílice y alúmina para que pueden reaccionar formando silicatos de calcio y alúmina.

- La cantidad de cal que requiere un suelo de otro no es igual porque su dosificación dependerá de cada suelo en particular ya que al contar con diferentes características la que se determinan con los ensayos de laboratorio, estas lograrán una reacción con el estabilizante químico dependiendo de la cantidad que se le aplique.

## VII. RECOMENDACIONES

- Para próximas investigaciones se sugiere estudiar más kilómetros de trochas vecinas para comprobar si hay presencia de otro tipo de suelo o si se encuentran más estratos, con el fin de corroborar el suelo predominante de la zona.
- Estudiar el efecto de diferentes condiciones climáticas en la respuesta del suelo. También se recomienda investigar el efecto de la demora entre la mezcla y la compactación sobre las propiedades de resistencia e hinchazón de los suelos.
- Se recomienda analizar este suelo adicionando más porcentajes de cal y cemento, para distintos tipos de suelo y determinar cuál es su óptimo porcentaje para su estabilización.
- Se recomienda que, para estabilizar la subrasante de esta trocha, se utilice cal al 3% en el tramo 0+000 km hasta 1+250 km y cal al 5% en el tramo restante ya que se obtuvo mejores resultados con dichos porcentajes en los ensayos realizados en laboratorio.
- Se recomienda a las entidades públicas busquen trabajar de la mano del sector privado Lara, A., et al. (2016), existe una creciente literatura sobre las garantías gubernamentales en los contratos de concesión para agilizar la construcción de infraestructura vial. Los sectores alejados que se interesen y se implemente el uso de conglomerantes al realizar una obra de apertura de trocha o ya sea con fines de pavimentación, como se ha demostrado en el presente estudio esto ayuda a que el suelo como subrasante obtenga mejores resultados y se llegue a tener una resistente capa de rodadura.

## REFERENCIAS.

- Bañón, L. y Bevia, J. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. 2.ª Ed. Universidad de Alicante, ISBN: 84-607-0123-9. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/1787>
- Becker, A. y Vrettos, C. (2019). Assessment of abrasion resistance improved Floors in the wheel test stand. Geotechnik. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/gete.201900002>
- Borja, M. (2016) Metodología de la investigación científica para ingenieros. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Disponible en: [https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Cient%C3%ADfica\\_para\\_ingenier%C3%ADa\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil)
- Cuadros, C. (2017). Mejoramiento De Las Propiedades Físico -Mecánicas De La Subrasante En Una Vía Afirmada De La Red Vial Departamental De La Región Junín Mediante La Estabilización Química Con Óxido De Calcio - 2016. Universidad Peruana Los Andes. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/297>
- Salcedo, k. (2016). Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (eco road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo - Junín. Universidad Peruana Los Andes. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/112>
- Sandoval, E. y Rivera, W. (2019). Correlación del CBR con la resistencia a la compresión confinada. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rcin.3478>
- Aksoy, M. (2019). Effects of Transportation Infrastructure on Economic Growth in Turkey. Gaziantep University Institute of Social Sciences. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=4E7EDwAAQBAJ&pg=PA62&lpg=PA62&dq=EFFECTS+OF+TRANSPORTATION+INFRASTRUCTURE+ON+ECONOMIC+GROWTH+IN+TURKEY\\*+Maide+Betul+AKSOY1\\*\\*+Mustafa+METE\\*\\*\\*&source=bl&ots=o8eutfit1A&sig=ACfU3U1ekXTbMUbmndXsEpOSIP30o312yw&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=4E7EDwAAQBAJ&pg=PA62&lpg=PA62&dq=EFFECTS+OF+TRANSPORTATION+INFRASTRUCTURE+ON+ECONOMIC+GROWTH+IN+TURKEY*+Maide+Betul+AKSOY1**+Mustafa+METE***&source=bl&ots=o8eutfit1A&sig=ACfU3U1ekXTbMUbmndXsEpOSIP30o312yw&hl=es-)

419&sa=X&ved=2ahUKEwjgzaXpvN34AhUwrpUCHbOwD7kQ6AF6BAgCEAM#v=onepage&q=EFFECTS%20OF%20TRANSPORTATION%20INFRASTRUCTURE%20ON%20ECONOMIC%20GROWTH%20IN%20TURKEY\*\*%20Maide%20Betul%20AKSOY1\*\*%20Mustafa%20METE\*\*\*&f=false

Gongora, C. (2019). Influencia De La Cal Y El Cemento Portland Tipo I En La Subrasante De La Trocha Del Distrito De Chillia, Provincia De Pataz – 2019. Universidad Privada Del Norte. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21168>

Gonzales, F. (2018). Análisis Experimental De Suelos Estabilizados Con Ceniza Volante, Cemento Y Cal Para Subrasante Mejorada De Pavimentos En La Ciudad De Puno. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2155>

Sampieri, R., et al. (2014). Metodología de la investigación. 6.ª Ed. Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hernández, A. (2016). Análisis Comparativo De Un Material Estabilizado Con Cal Y Cemento. Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/19529>

Zhou, F., et al. (2019). Determination Of Consistency Limits Based On Suction Stress Characteristic Curve. Lanzhou University of Technology. Disponible en: <https://www.x-mol.com/paper/1335531902471729251?adv>

Golfin, K. (2019). Mejoramiento Del Desempeño En La Estabilización De Suelos De Subrasantes Con Cemento Hidráulico En Vías No Pavimentadas. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10517/browse?value=Golf%C3%ADn-Ballester%C3%B3+Kenneth+Alejandro&type=author>

Li, Yanlong., et al. (2021). Physical and Mechanical Characteristics of Shallow Expansive Soil due to Freeze-Thaw Effect with Water Supplement. Xuchang University, Xuchang. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/6615049>

- Alsehili, k. y Dwaikat, M. (2019). Modeling Geometric Design Consistency and Road Safety for Two-Lane Rural Highways in the West Bank, Palestine. *Arabian Journal for Science and Engineering*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13369-018-3610-7>
- Onyelove, K., et al. (2020). Polynomial relationship of compaction properties of silicate-based RHA modified expansive soil for pavement subgrade purposes. *Journal of Silicate Based and Composite Materials*. Disponible en: <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.36>
- Chereque, B. y Delgado, M. (2020). Análisis De Los Canales De Transmisión Del Impacto Y De La Evidencia Empírica De La Literatura. Universidad del pacífico. Disponible en: <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/20/browse?type=author&value=Delgado+Alva%2C+Mar%C3%ADa+Fernanda>
- Muñoz, M. (2020). Procesamiento De Materiales Conglomerantes: Cal, Yeso Y Cemento. Universitat Politècnica de València. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/146535>
- Unah, L. (2022). Nigeria woos private investors to improve road infrastructure. *African Business*. Disponible en: <https://african.business/sectors/economy/>
- Dinka, O., et al. (2019). Performance Studies On Subgrade Formation Using Lime And Cement In Road Projects. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*. Disponible en: <http://annals.fih.upt.ro>
- Yu, S., et al. (2020). Field Investigation Of Shallow Soft-Soil Highway Subgrade Treated By Mass Carbonation Technology. Southeast University. Disponible en: <https://doi.org/10.1139/cgj-2020-0008>
- Gongfeng, X. (2021). Influence Of Humidity State On Dynamic Resilient Modulus Of Subgrade Soils: Considering Repeated Wetting-Drying Cycles. Shandong Hi-Speed Group Innovation Research Institute. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/3532935>

- Ramos, G. (2014). Mejoramiento De Subrasantes De Baja Capacidad Portante Mediante El Uso De Polímeros Reciclados En Carreteras, Paucará Huancavelica 2014. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Disponible en: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/416/TCIV\\_25.pdf?sequence=1](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/416/TCIV_25.pdf?sequence=1)
- Muhammad, Z. (2017). Road Development And Poverty Alleviation: The Case Study Of Southern Punjab. Pakistan Journal of social Sciences (PJSS). Disponible en: <https://media.teckiz.com/pakistan-journal-of-social-sciences/pjss-bzu/2020/05/19/5ec4469ed7b24.pdf>
- Santos, L. (2019). Diseño De La Carretera Tramo Querocotillo – Pacopampa, Distrito De Querocotillo, Provincia De Cutervo, Cajamarca – 2018. Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40541>
- Riaz, S., et al. (2014). Stabilization Of Subgrade Soils Using Cement And Lime: A Case Study Of Kala Shah Kaku, Lahore, Pakistan. Pakistan Journal of Science. Disponible en: [https://www.academia.edu/29467374/STABILIZATION\\_OF\\_SUBGRADE\\_SOILS\\_USING\\_CEMENT\\_AND\\_LIME\\_A\\_CASE\\_STUDY\\_OF\\_KALA\\_SHAH\\_KAKU\\_LAHORE\\_PAKISTAN](https://www.academia.edu/29467374/STABILIZATION_OF_SUBGRADE_SOILS_USING_CEMENT_AND_LIME_A_CASE_STUDY_OF_KALA_SHAH_KAKU_LAHORE_PAKISTAN)
- Terrones, A. (2018). Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas De Bagazo De Caña Para El Mejoramiento De Subrasante En El Sector Barraza, Trujillo – 2018. Universidad Privada Del Norte. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14971>
- Nyawo, J., et al. (2019). The Development Of The Rural Roads Network For Sustainable Livelihoods In South African Local Municipalities. Universidad de KwaZulu Natal, Sudáfrica. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/gab/article/view/186770>
- Ulloa, H. (2015). Estabilización De Suelos Cohesivos Por Medio De Cal En Las Vías De La Comunidad De San Isidro Del Pegón, Municipio Potosí- Rivas. Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua. Disponible en: <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNANM6456>

- Ermilova, E. y Mavliev, L. (2018). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. 2.ª Ed. Structure and mineral composition of soil-cement with complex additive. Disponible en: <https://engstroy.spbstu.ru/en/article/2018.83.4/>
- Moale, A. y Rivera, E. (2019). Estabilización Química De Suelos Arcillosos Con Cal Para Su Uso Como Subrasante En Vías Terrestres De La Localidad. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648846>
- Jijo, J. y Pandian, K. (2016). Industrial Wastes as Auxiliary Additives to Cement/Lime Stabilization of Soils. Hindawi Limited. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/1787>
- Bian, X., et al. (2016). Compression And Strength Behavior Of Cement–Lime–Polymer-Solidified Dredged Material At High Water Content. Taylor & Francis. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1064119X.2016.1256921>
- Xiaohui, L., et al. (2018). Application In Cement Soil Of Stabilizer In Silt Soft Soil Of Wuxi In China. Coastal Education And Research Foundation & Journal Of Coastal Research. Disponible en: <https://doi.org/10.2112/SI83-052.1>
- Zheng, L., et al. (2019). Experimental Study On Dynamic Resilient Modulus Of Lime-Treated Expansive Soil. Hindawi Limited. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/3272681>
- Olivio, L. y Perez, W. (2018). Identification And Discussion On Distress Mechanisms Of Unsurfaced Gravel Roads. International Journal Of Pavement Research And Technology. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42947-019-0011-6>
- Gajanayake, A., et al. (2020). Post-Disaster Reconstruction Of Road Infrastructure: Decision Making Processes In An Australian Context. European Journal of Transport & Infrastructure Research. Disponible en: <https://doi.org/10.18757/ejtir.2020.20.1.3919>
- Fazale, E., et al. (2020). On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A. Hindawi Limited. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/1510969>

- Xingchen, Z., et al. (2020). Study on the Mechanism of Nano-SiO<sub>2</sub> for Improving the Properties of Cement-Based Soil Stabilizer. MDPI Publishing. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nano10030405>
- Lara, A., et al. (2016). First generation highways. Participation loans valuation in the framework of real options Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: <http://ojs.uc.cl/index.php/RDLC/article/view/12866/11458>
- Toro, D. y Reyes, J. (2021). Comparación de métodos estabilizadores (geomalla biaxial y ceniza de fondo más cal) a nivel subrasante en la carretera ay-795 en socos – Ayacucho. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4952>
- Mendoza, H. (2021). Caracterización de los tipos de estabilización de suelos utilizados para el mejoramiento de las propiedades físicas en subrasantes, Cajamarca 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/29475>
- De la cruz, L. y Salcedo, K. (2016). Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (eco road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo - Junín. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/112>
- Miñano, A. (2017). Diseño de la Carretera Cruce Huamanmarca – Loma Linda, Distrito de Mache, Provincia Otuzco, Departamento La Libertad. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/11742>
- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTOS		
Incorporación de cal y cemento	<p>ÓXIDO DE CALCIO: Es resultado de la calcinación de la piedra caliza; se caracteriza por reducir la plasticidad y mejorar los suelos cohesivos. Muños, (2020)</p> <p>CEMENTO PORTLAND TIPO I: Se obtiene mezclando el clinker con yeso; su reacción exotérmica que mejora la impermeabilidad del suelo. Golfín, K. (2019).</p>	El óxido de calcio y cemento portland tipo I tiene una reacción exotérmica al contacto con suelos arcillosos altamente expansivos, estos pueden mejorar las propiedades físicas del suelo y la resistencia de subrasante en la carretera Corralcucho – Las Palmas	Propiedades del suelo estabilizado	Proctor	Observación revisión documentaria	Equipos de laboratorio		
				estabilizado	CBR	Observación revisión documentaria	Equipos de laboratorio	
						2%	Observación revisión documentaria	Equipos de laboratorio
					Dosificación cal y cemento	4%	Observación revisión documentaria	Equipos de laboratorio
				Ideal	Observación revisión documentaria	Equipos de laboratorio		

<b>Variable independiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Estabilización de suelos cohesivos	Es mejorar la capacidad de soporte en un suelo con deficientes características mecánicas para ser utilizados ya sea en subrasante, sub base, base y afirmado. Fazale, E., et al. (2020).	El IP nos permite clasificar el suelo al porcentaje en el que oscila la humedad cuando el suelo posee consistencia plástica, es decir que un porcentaje reducido en el IP se trataría de un suelo poco arcilloso y que a mayor porcentaje del IP se trataría de un suelo arcilloso, en cuanto al índice de CBR o capacidad portante del suelo, estará dada al 95% de su densidad máxima seca en 0.1" de penetración. Xiaohui, L., et al. (2018).	Levantamiento topográfico	Altimetría	Observación Revisión documentaria	Equipos topográficos
			Propiedades geotécnicas	Planimetría	Observación Revisión documentaria	Equipos topográficos
			Propiedades mecánicas	Granulometría Límites de atterberg Contenido de humedad Peso específico Clasificación de suelos AASHTTTHO	Observación Revisión documentaria	Equipos de laboratorio
				Proctor y CBR	Observación Revisión documentaria	Equipos de laboratorio

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

## Anexo 2. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA							
<p><b>Problema general</b> ¿De qué manera la incorporación de cal y cemento mejora la estabilización de los suelos cohesivos en subrasante de carretera Corralcucho - Las Palmas?</p> <p><b>Problemas específicos</b> 1. ¿Qué tipo de altimetría y planimetría tiene? 2. ¿Qué características geotécnicas tiene la subrasante? 3. ¿Qué modifica al utilizar 3% y 5% de cal y cemento para estabilizar la subrasante? 4. ¿Qué proporción es la óptima para estabilizar la subrasante?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Evaluar la incorporación de cemento y cal para la estabilización de suelos cohesivos en subrasante de la de carretera Corralcucho - Las Palmas</p> <p><b>Objetivos específicos</b> 1. Plasmar las características topográficas altimétricas y planimétricas. 2. Identificar las características geotécnicas del suelo. 3. Evaluar las propiedades mecánicas del suelo estabilizado incorporando cal y cemento (al 3% y 5%). 4. Estimar la proporción óptima de estabilización del suelo cohesivos.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La incorporación de cemento y cal mejora significativamente la capacidad de soporte para los suelos cohesivos en estudio.</p> <p><b>Hipótesis específica</b> -Al incorporar cal y cemento mejora la densidad de compactación, la plasticidad y la humedad necesaria del proceso debido a la reacción exotérmica cuando la cal y el cemento tienen contacto con los suelos arcillosos</p>	variable	Dimensiones	Indicadores	<p><b>Tipo de estudio:</b> Experimental</p> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <pre> graph LR     M[M] --&gt; X1[X1]     M --&gt; X2[X2]     X1 --&gt; Y1[Y1]     X2 --&gt; Y2[Y2]     Y1 --&gt; Z[Z]     Y2 --&gt; Z         </pre> <p><b>Método de investigación:</b> A través del método científico acercaremos nuestras hipótesis a la veracidad.</p> <p><b>Población:</b> todos los tramos de las trochas del distrito de la Ramada</p> <p><b>Muestra:</b> para el presente estudio el tramo de trocha corralcucho las palmas de 2.6 Km</p>							
			<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Incorporación de cal y cemento	Propiedades mecánicas del suelo estabilizado	Proctor		CBR	2%	4%	Ideal			
variable	Dimensiones	Indicadores	Levantamiento topográfico	Altimetría	Planimetría		Granulometría						
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Estabilización de suelos cohesivos	Propiedades geotécnicas	Propiedades mecánicas	CBR	Proctor	Ideal		Indicadores						
								Propiedades mecánicas	CBR				
										Propiedades geotécnicas	Proctor		
												Contenido de humedad	Peso específico
Límites de Atterberg	Granulometría												

Fuente: Elaboración propia, 2022

### Anexo 3. Granulometría

**Tabla 9.** Acumulado que pasa %

N° Tamiz	% ACUMULADO QUE PASA					
	MUESTRA N°1	MUESTRA N°2	MUESTRA N°3	MUESTRA N°4	MUESTRA N°5	MUESTRA N°6
3"	100	100	100	100	100	100
2"	100	100	100	100	100	100
1½"	100	100	100	100	100	100
1"	100	100	100	100	100	100
¾"	100	100	100	100	100	100
½"	100	100	100	100	100	100
3/8"	100	100	100	100	100	100
N°4	100	100	98.6	100	100	96.7
N°10	97.8	97	93.9	98.2	100	89
N°20	92.8	86.1	90.2	93.7	99.5	83.5
N°40	82.8	71	82.2	81.6	95.3	77
N°60	78.9	66	77.6	77.1	89.8	73
N°140	71.5	56.4	66.3	70.8	70.8	64.5
N°200	68.7	53.2	60.5	69.5	66.4	61.2

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

#### Anexo 4. Ubicación y delimitación

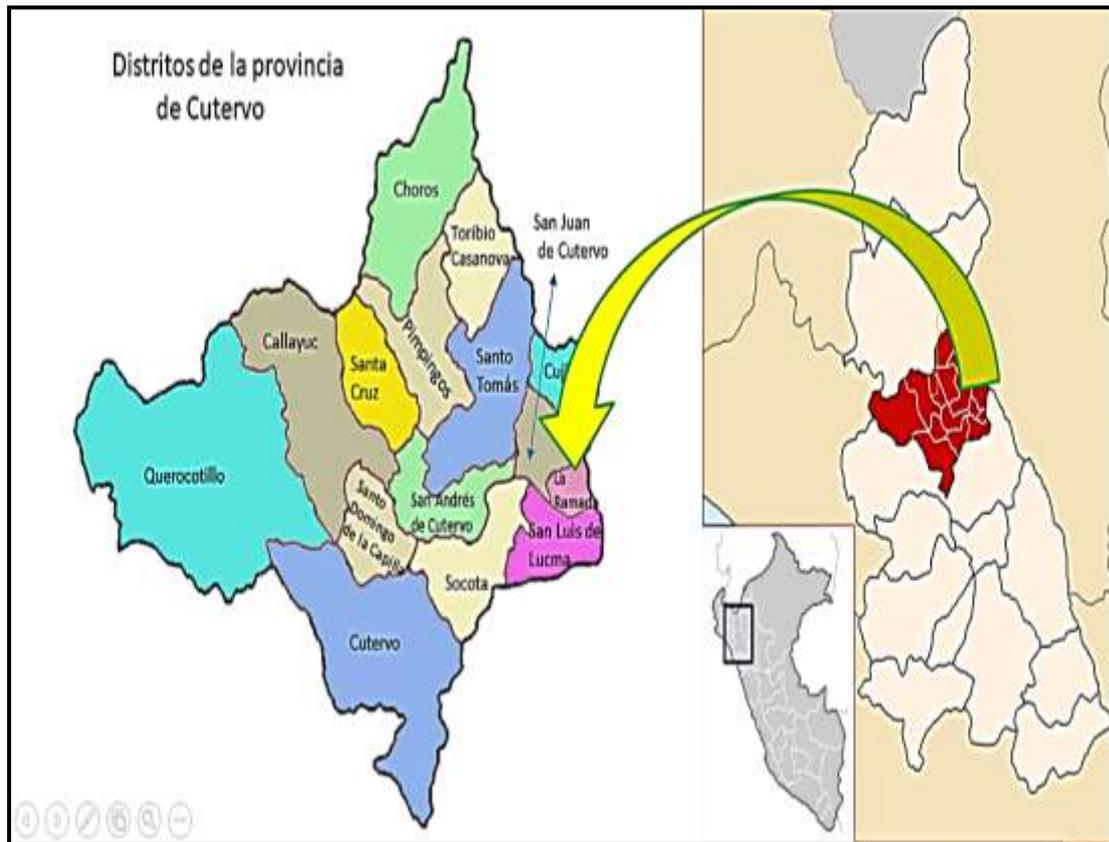


Figura 1: Ubicación del distrito de La Ramada  
Fuente: Elaboración propia, 2022

LOS MUNICIPIOS VECINOS DEL MUNICIPIO DE LA RAMADA		
Municipios que limitan con La Ramada		
San Juan de Cutervo	San Juan de Cutervo	Pion
San Juan de Cutervo		Pion
San Luis de Lucma	Chimban	Chimban

Figura 2: Municipios que limitan con el distrito de La Ramada  
Fuente: Elaboración propia, 2022

## Anexo 5. Procedimientos

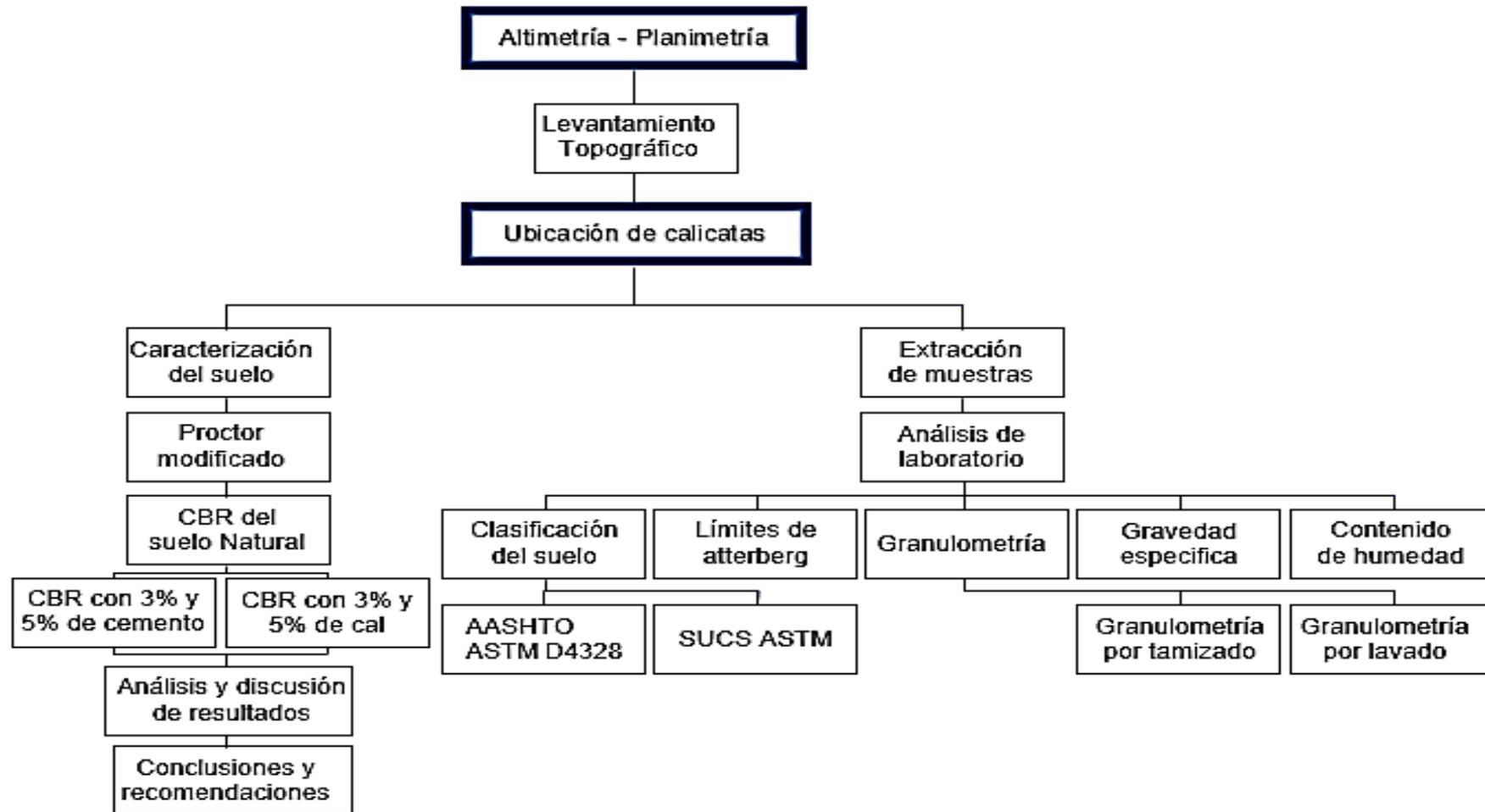


Figura 3: Esquema de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia, 2022

## Anexo 6. Operacionalización de Variables

Diseño de la investigación:

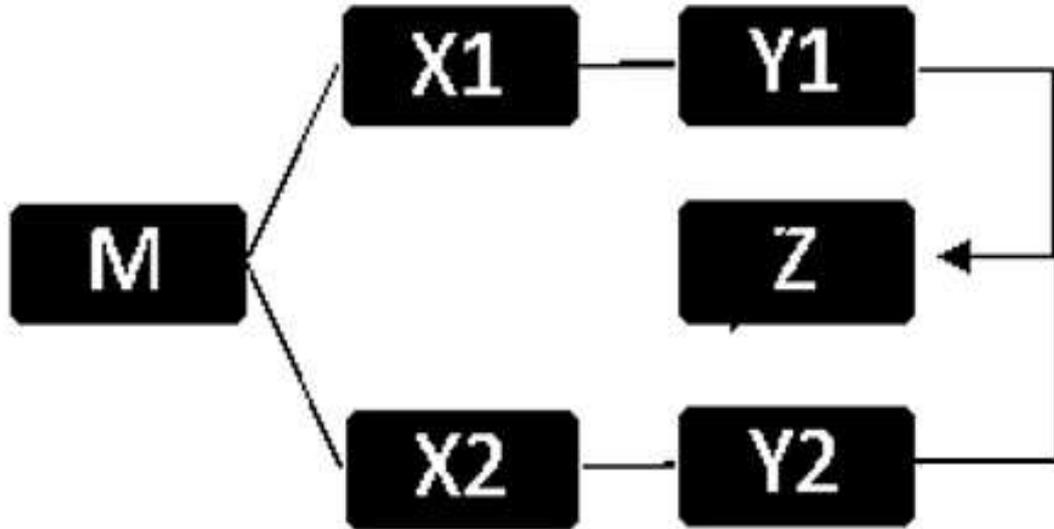


Figura 4: Diseño de la investigación  
Fuente: Elaboración propia, 2022

Método de análisis de datos:

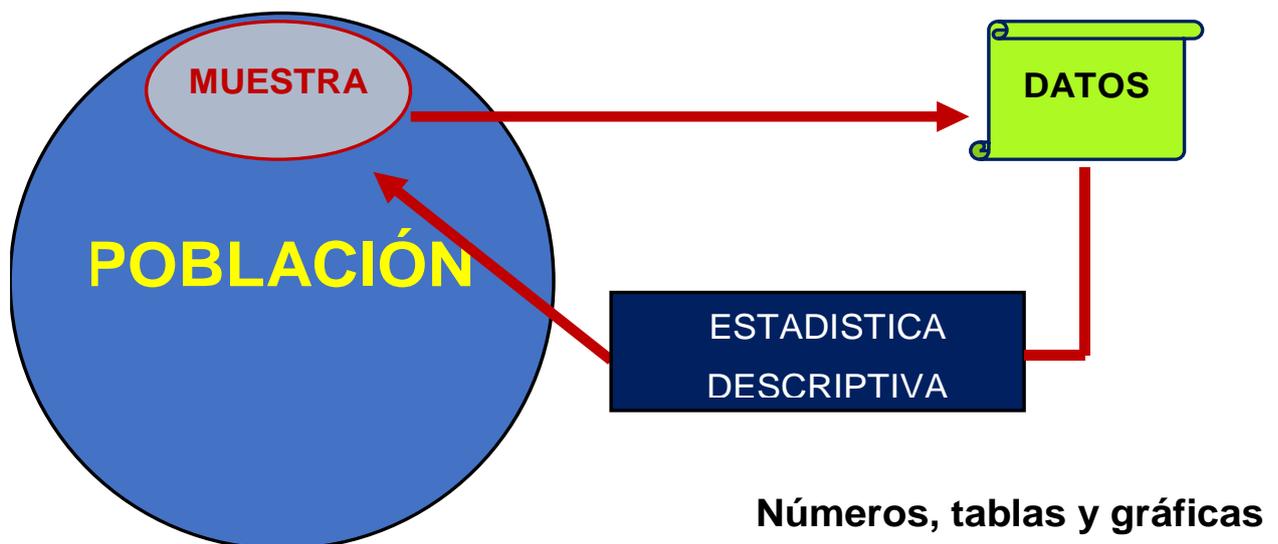


Figura 5: Estadística descriptiva  
Fuente: Elaboración propia, 2022

**Anexo 7. Altimetría y planimetría**

Plano vista en planta N°1:

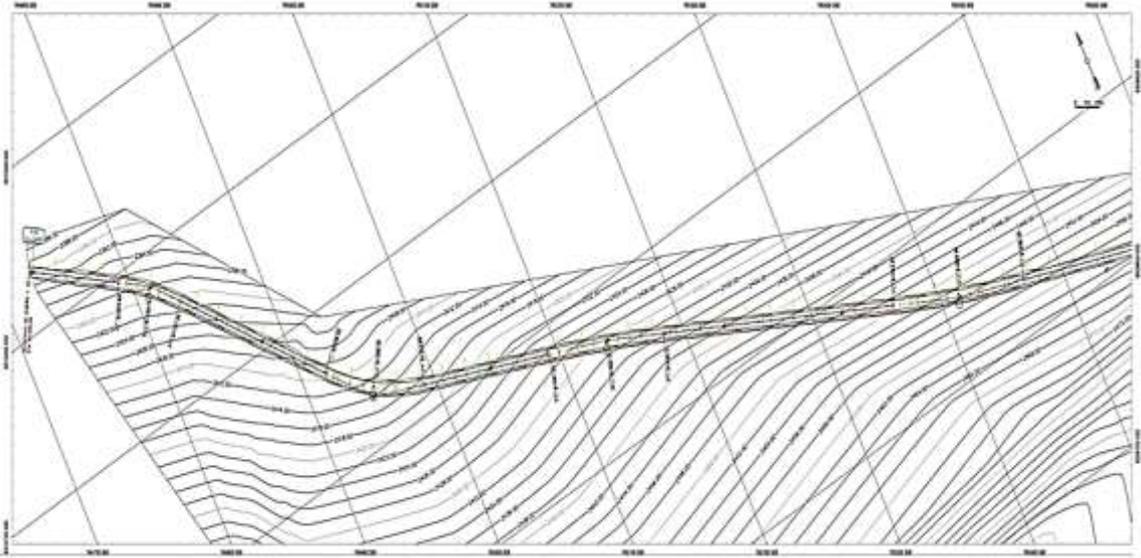
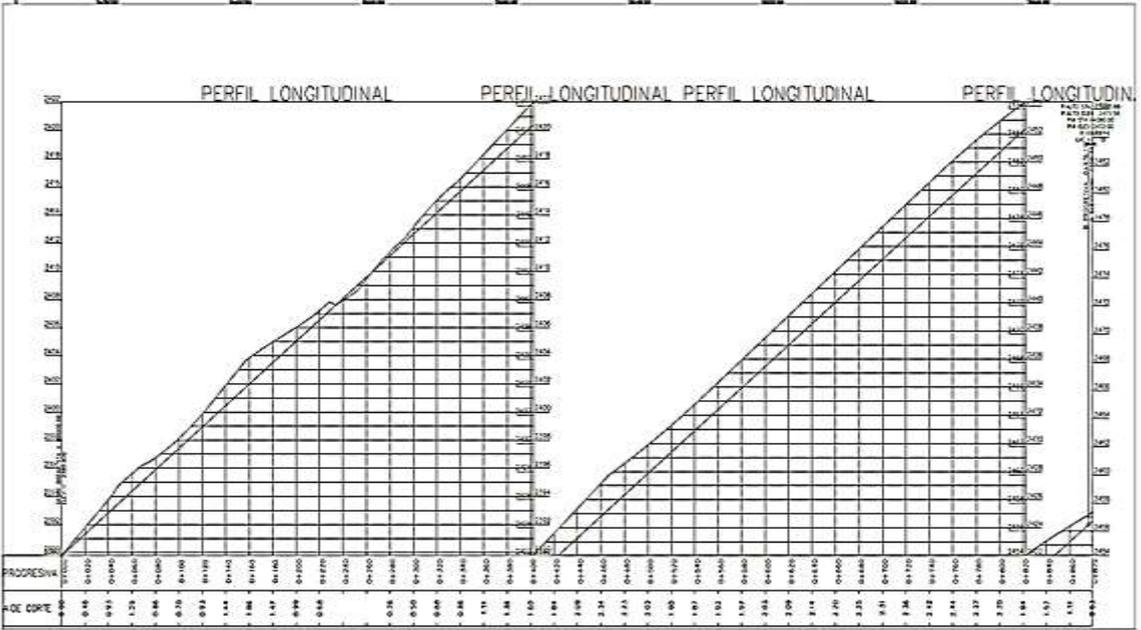


Figura 6: Vista en planta N°1  
Fuente: Elaboración propia, 2022

Plano perfil longitudinal N° 1:





Plano vista en planta N°3:

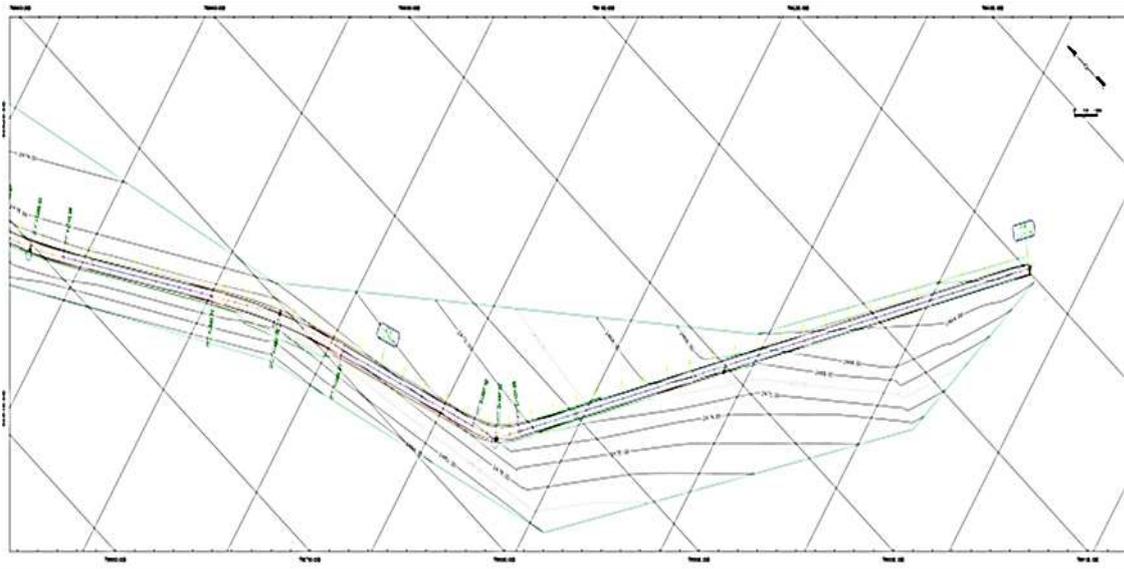


Figura 10: Vista en planta N°3  
Fuente: Elaboración propia, 2022

Plano perfil longitudinal N° 3:

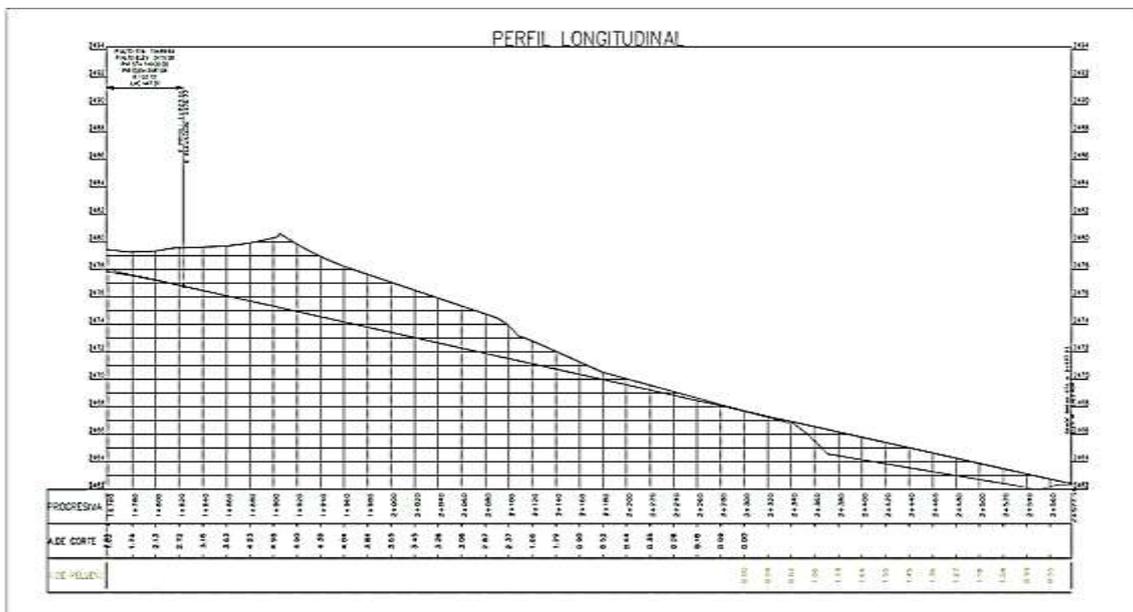
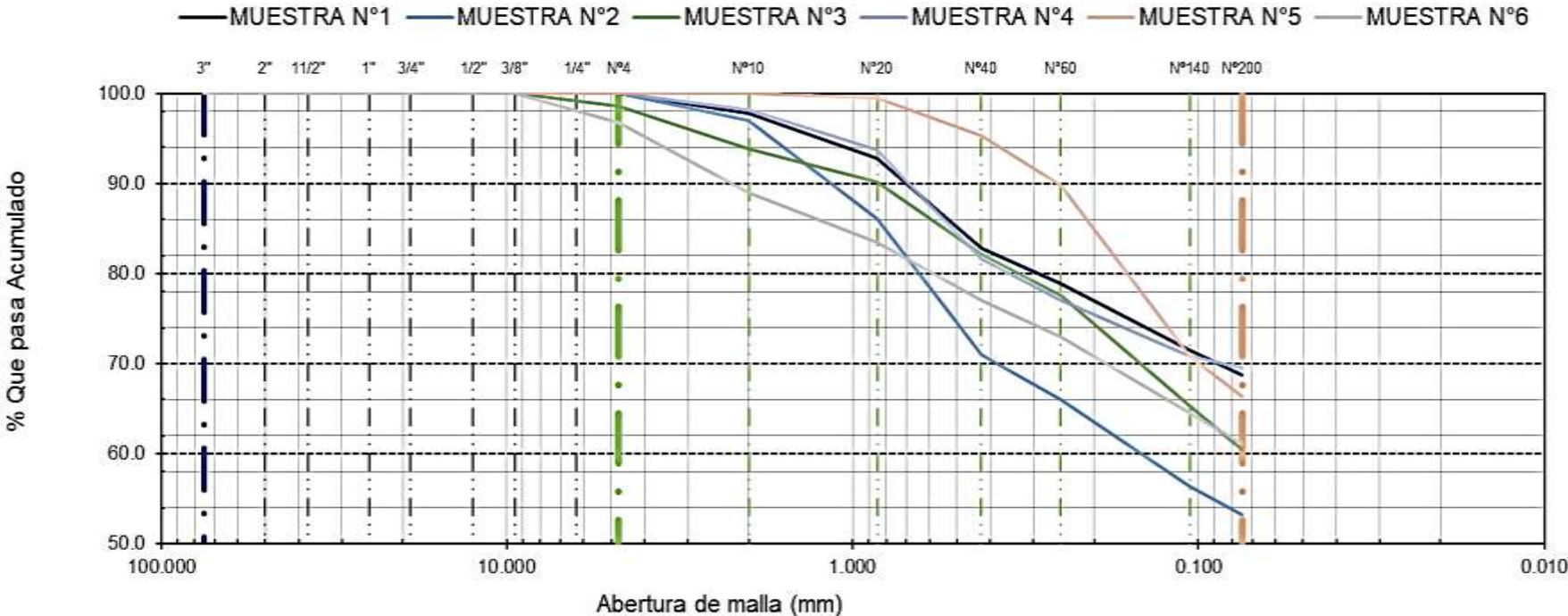


Figura 11: Perfil longitudinal N°3  
Fuente: Elaboración propia, 2022

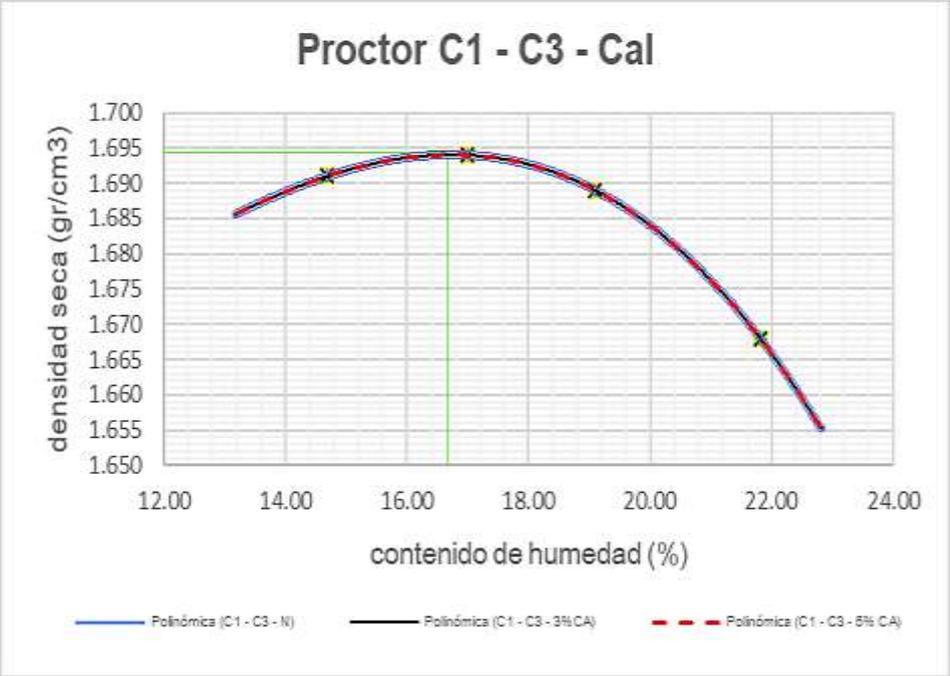
Anexo 8. Estudio de Mecánica de Suelos

GRANULOMETRIA

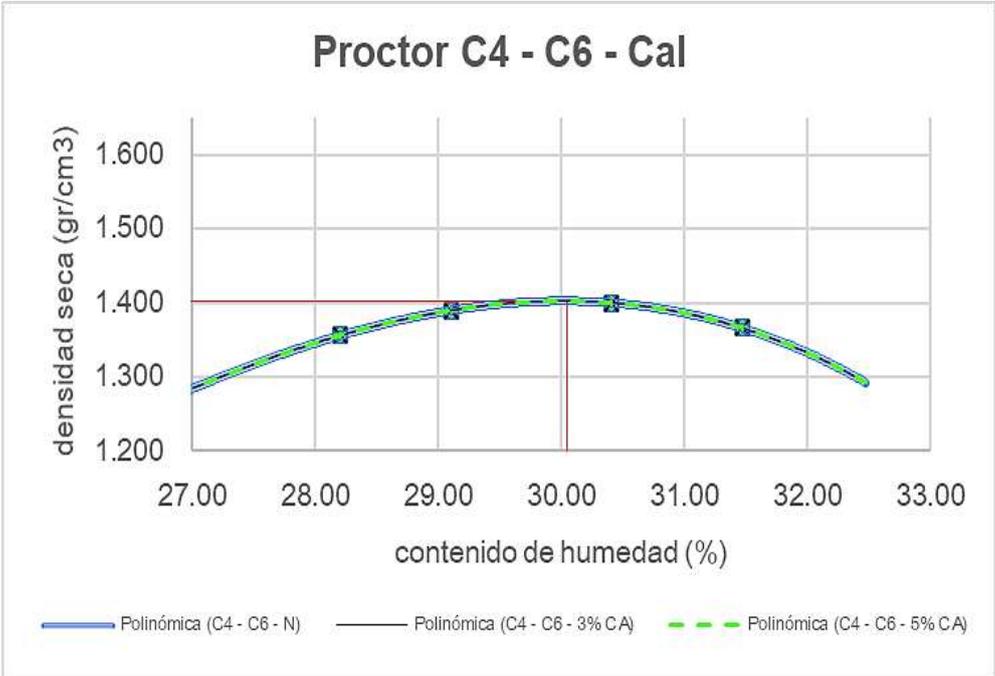


Gráfica 1: Curva granulométrica  
Fuente: Elaboración propia

Proctor suelo natural vs incorporando cal 3% y 5%:

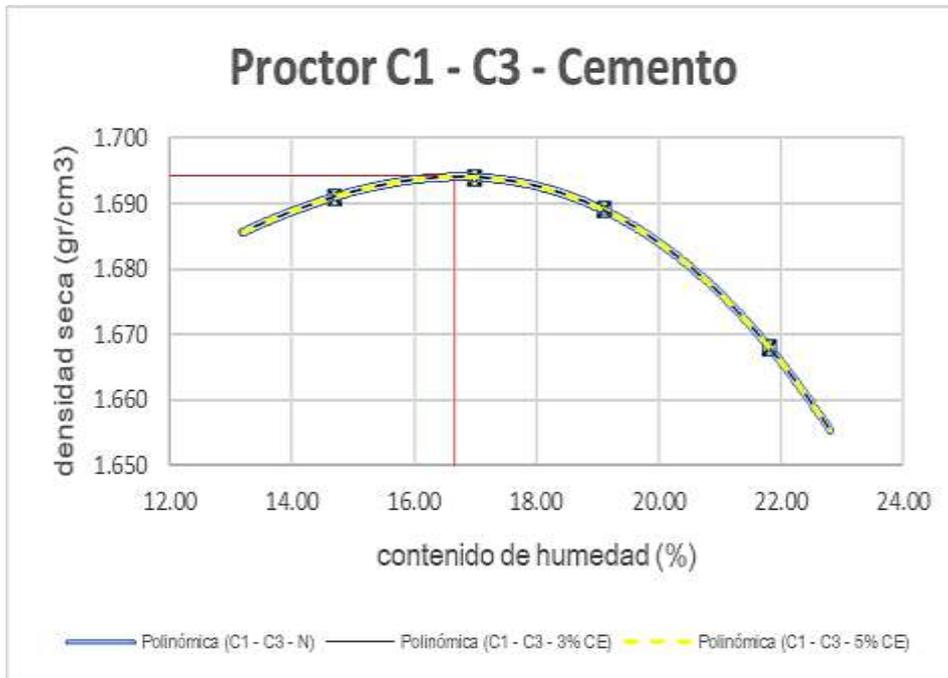


Gráfica 2: Proctor C1 - C3 – cal  
Fuente: Elaboración propia

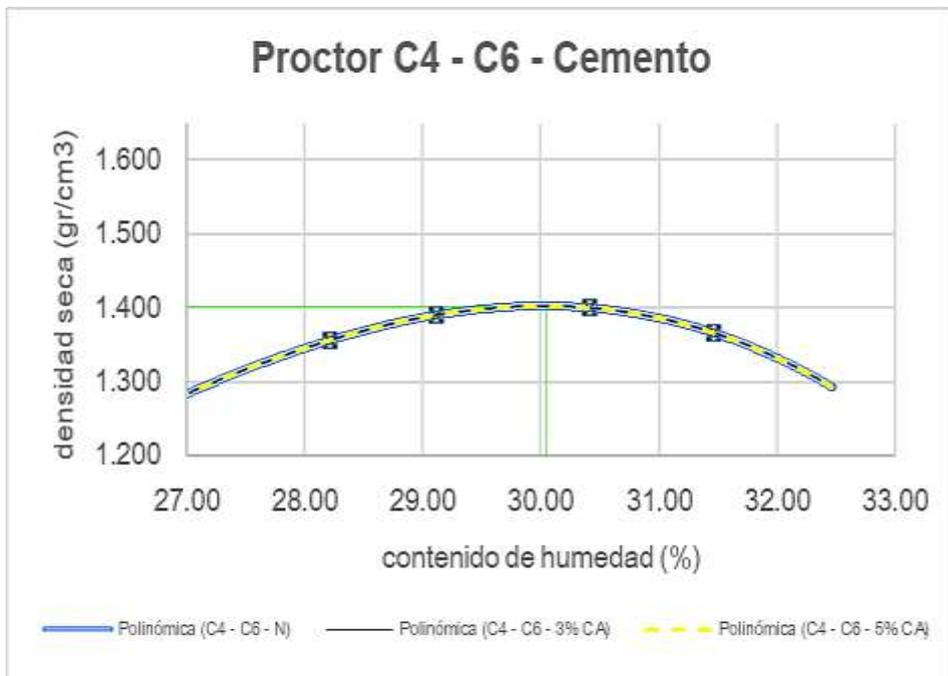


Gráfica 3: Proctor C4 - C6 – cal  
Fuente: Elaboración propia

Proctor suelo natural vs incorporando cemento 3% y 5%:

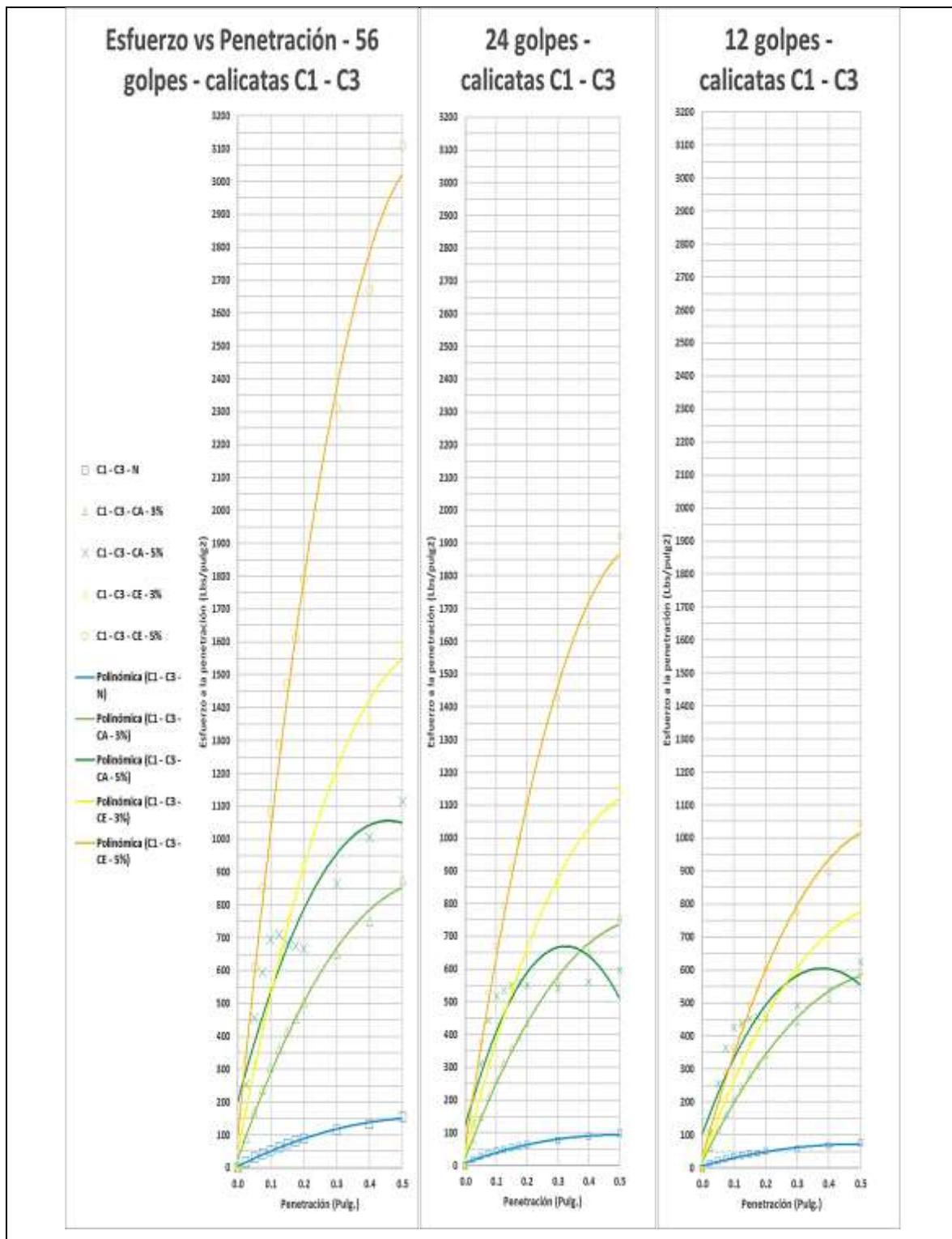


Gráfica 4: Proctor C1 - C3 – cemento  
Fuente: Elaboración propia



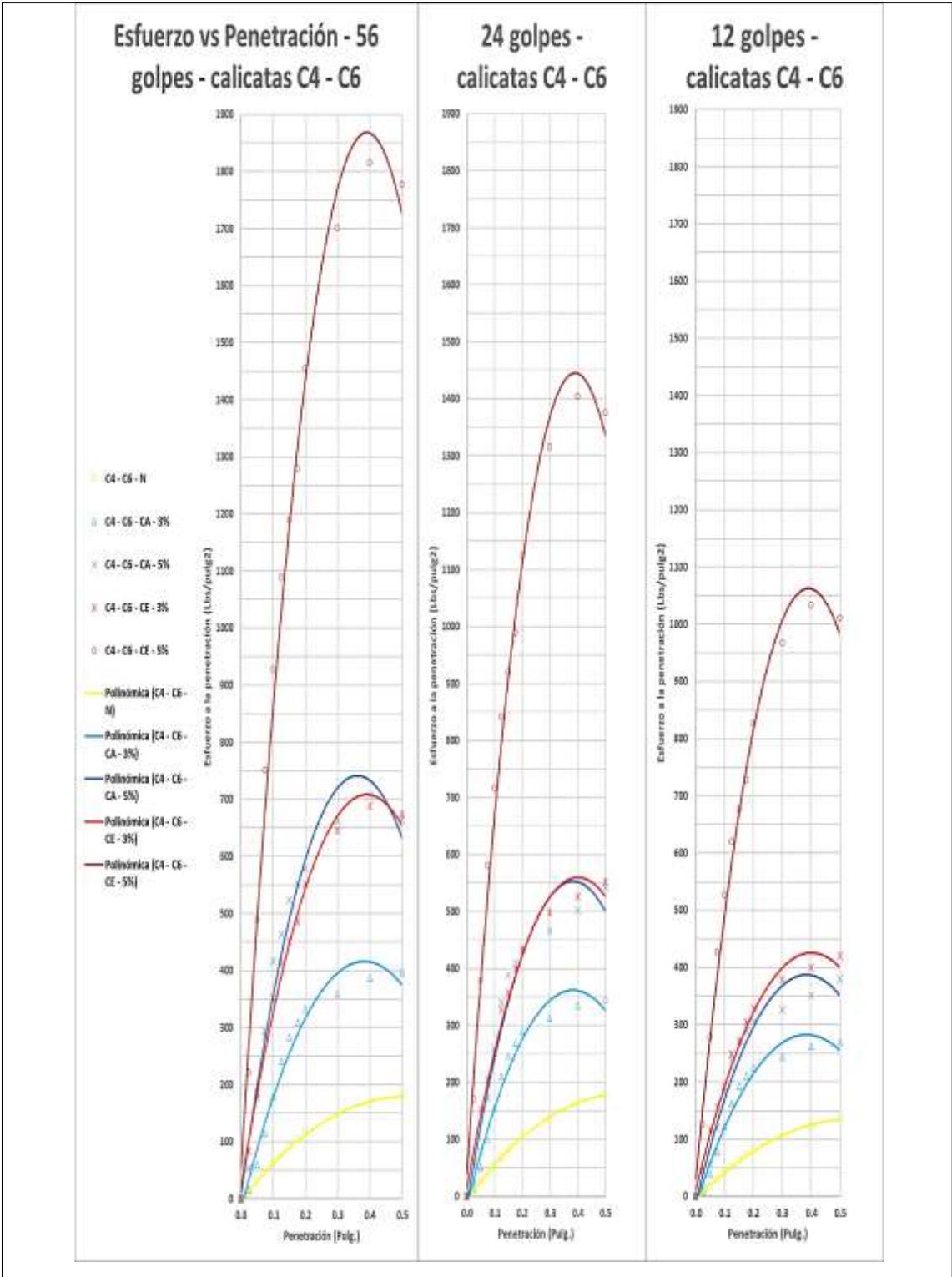
Gráfica 5: Proctor C4 - C6 – cemento  
Fuente: Elaboración propia

Diagramas de penetración de especímenes compactados a 56, 25 y 12 golpes:



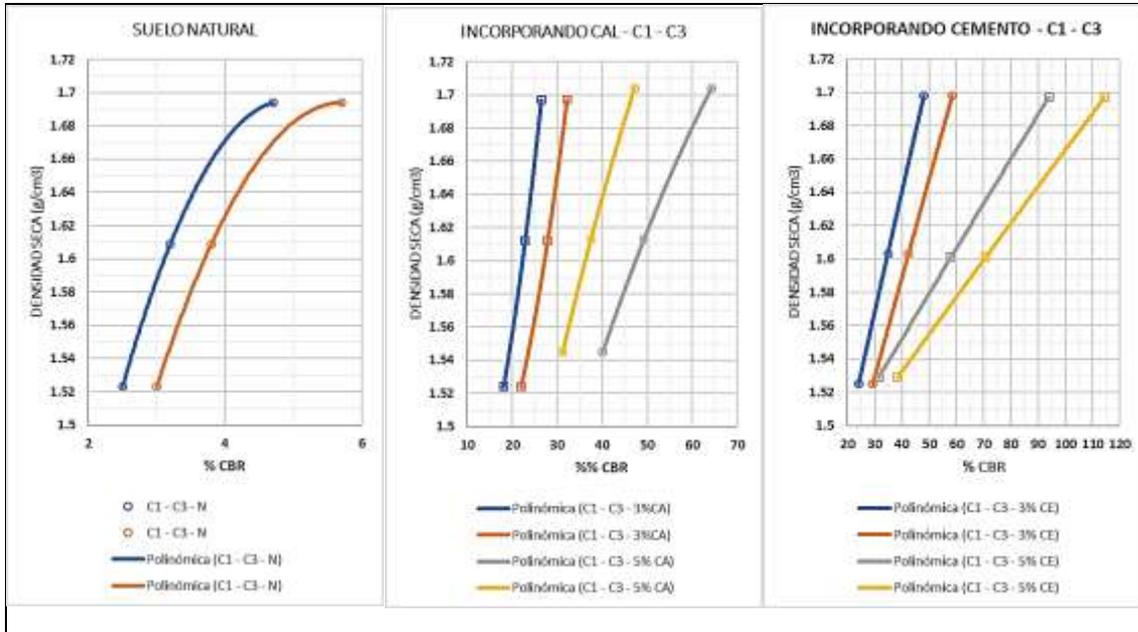
Gráfica 6: Diagrama esfuerzo vs penetración C1 - C3

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 7: Diagrama esfuerzo vs penetración C4 – C6  
 Fuente: Elaboración propia

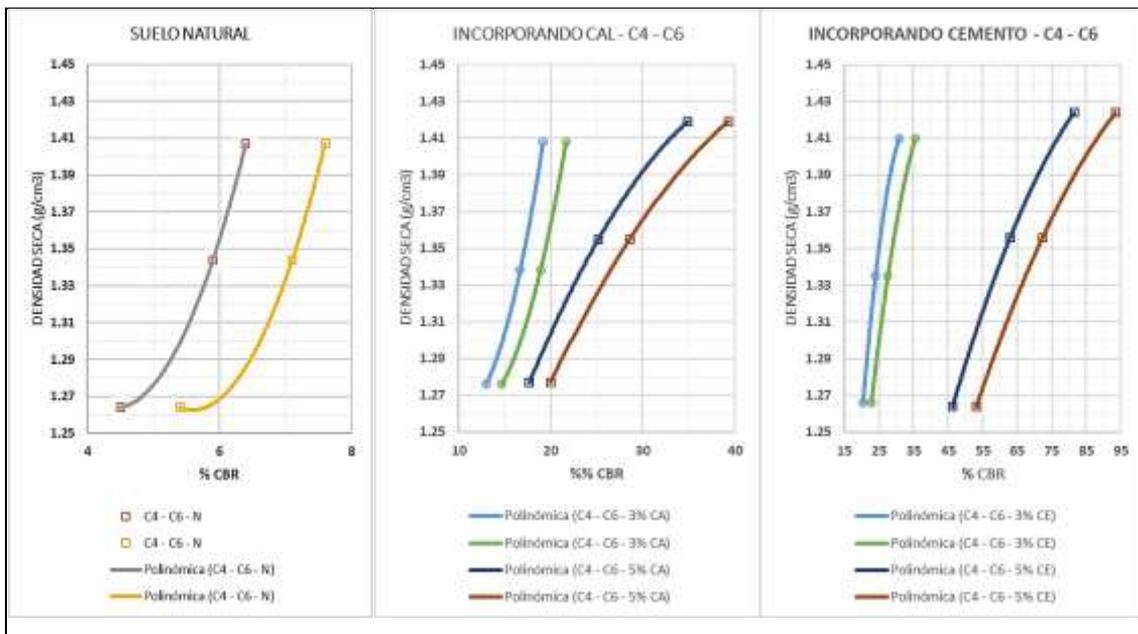
Diagrama de % CBR – densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) – C1 – C3:



Gráfica 8: % CBR – densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) – C1 – C3

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de % CBR – densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) – C1 – C3:



Gráfica 9: % CBR – densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) – C1 – C3

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 9. Panel fotográfico**



Figura 12: Levantamiento topográfico – inicio  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 13: Levantamiento topográfico – 1  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 14: Levantamiento topográfico – 2  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 15: Excavación de calicata - C1  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 16: Excavación de calicata - C2  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 17: Excavación de calicata - C3  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 18: Excavación de calicata - C4  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 19: Excavación de calicata - C5  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 20: Excavación de calicata - C6  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 21: Secado de las muestras  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 22: % Pasa el tamiz N°4  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 23: Límites de atterberg – 1  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 24: Límites de atterberg - 2  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 25: Límites de atterberg – 3  
*Fuente: Elaboración propia*



Figura 26: CBR  
*Fuente: Elaboración propia*

# Anexo 10. Resultados de Laboratorio



Certificado INDECOPI N°00106712 RNP Servicios S0858324

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20548885974

Email: servicios@soilseir.com

Solicitante : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

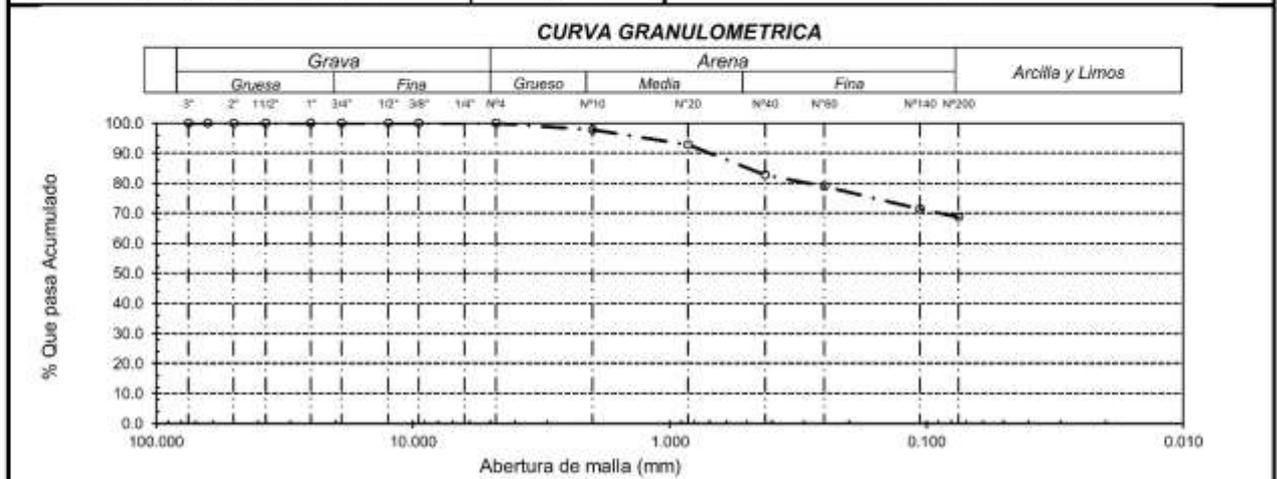
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 1

Análisis Granulométrico por tamizado					Ensayo de Limite de Atterberg	
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados		Requerimiento Granulométrico		
		Retenido	Que pasa			
3"	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL)	52.28 (%)
2"	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP)	29.67 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP)	22.60 (%)
1"	25.000	0.0	100.0			
3/4"	19.000	0.0	100.0			
1/2"	12.500	0.0	100.0			
3/8"	9.500	0.0	100.0			
N° 4	4.750	0.0	100.0			
N° 10	2.000	2.2	97.8			
N° 20	0.850	7.2	92.8			
N° 40	0.425	17.2	82.8			
N° 60	0.250	21.1	78.9			
N° 140	0.106	28.5	71.5			
N° 200	0.075	31.3	68.7			
Distribución granulométrica						
% Grava	G.G. %	0.0		0.0		
	G.F. %	0.0				
% Arena	A.G. %	2.2		31.3		
	A.M. %	15.0				
	A.F. %	14.1				
% Arcilla y Limo		68.7		68.7		
<b>Total</b>				100.0		
<b>Contenido de Humedad</b>				15.63		

CURVA DE FLUIDEZ	
Clasificación (S.U.C.S.)	<b>MH</b>
Descripción del suelo	
<b>Limo arenoso de alta plasticidad</b>	
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (14)
Descripción	
<b>MALO</b>	



**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 LABORATORISTA LEM

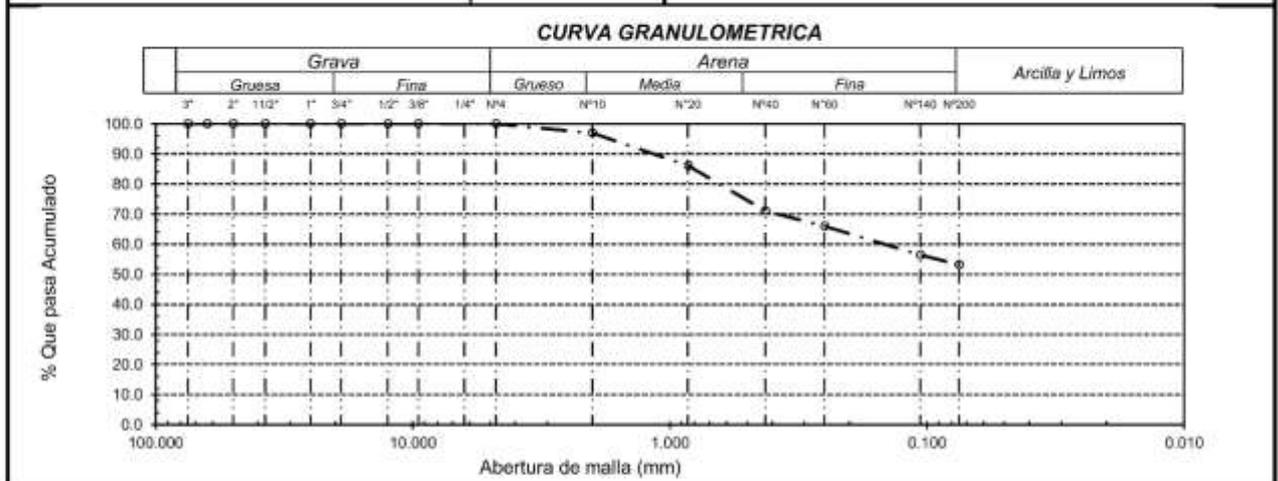
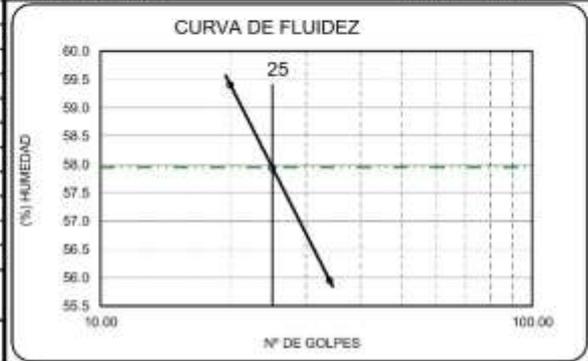
**Miguel Ángel Ruiz Perale**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

Solicitante : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 2

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa	Requerimiento Granulométrico	
3"	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL) 57.95 (%)
2"	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) 30.50 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP) 27.44 (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	100.0		
3/8"	9.500	0.0	100.0		
N° 4	4.750	0.0	100.0		
N° 10	2.000	3.0	97.0		
N° 20	0.850	13.9	86.1		
N° 40	0.425	29.0	71.0		
N° 60	0.250	34.0	66.0		
N° 140	0.106	43.6	56.4		
N° 200	0.075	46.8	53.2		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	0.0		0.0	Clasificación (S.U.C.S.) <b>MH</b>
	G.F. %	0.0			
% Arena	A.G. %	3.0		46.8	Descripción del suelo <b>Limo arenoso de alta plasticidad</b>
	A.M. %	26.0			
	A.F. %	17.8			
% Arcilla y Limo		53.2		53.2	Clasificación (AASHTO) <b>A-7-5 (12)</b>
<b>Total</b>		<b>100.0</b>		<b>100.0</b>	Descripción <b>MALO</b>
<b>Contenido de Humedad</b>				<b>13.70</b>	


**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM



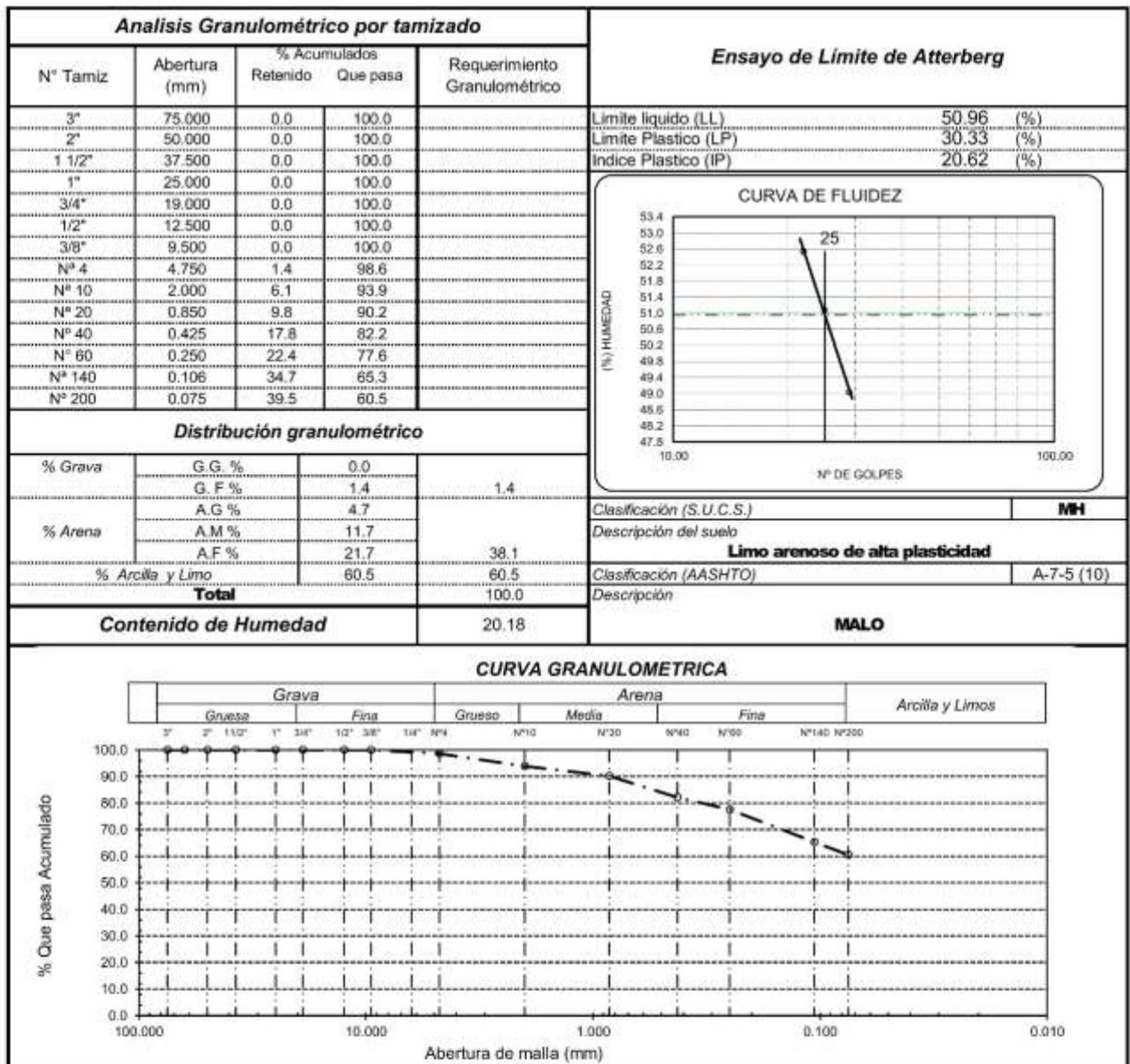
Miguel Ángel Ruiz Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

Solicitante : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo, 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127: 1998.

Calicata: C - 3


**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



**SOILS E.I.R.L.**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

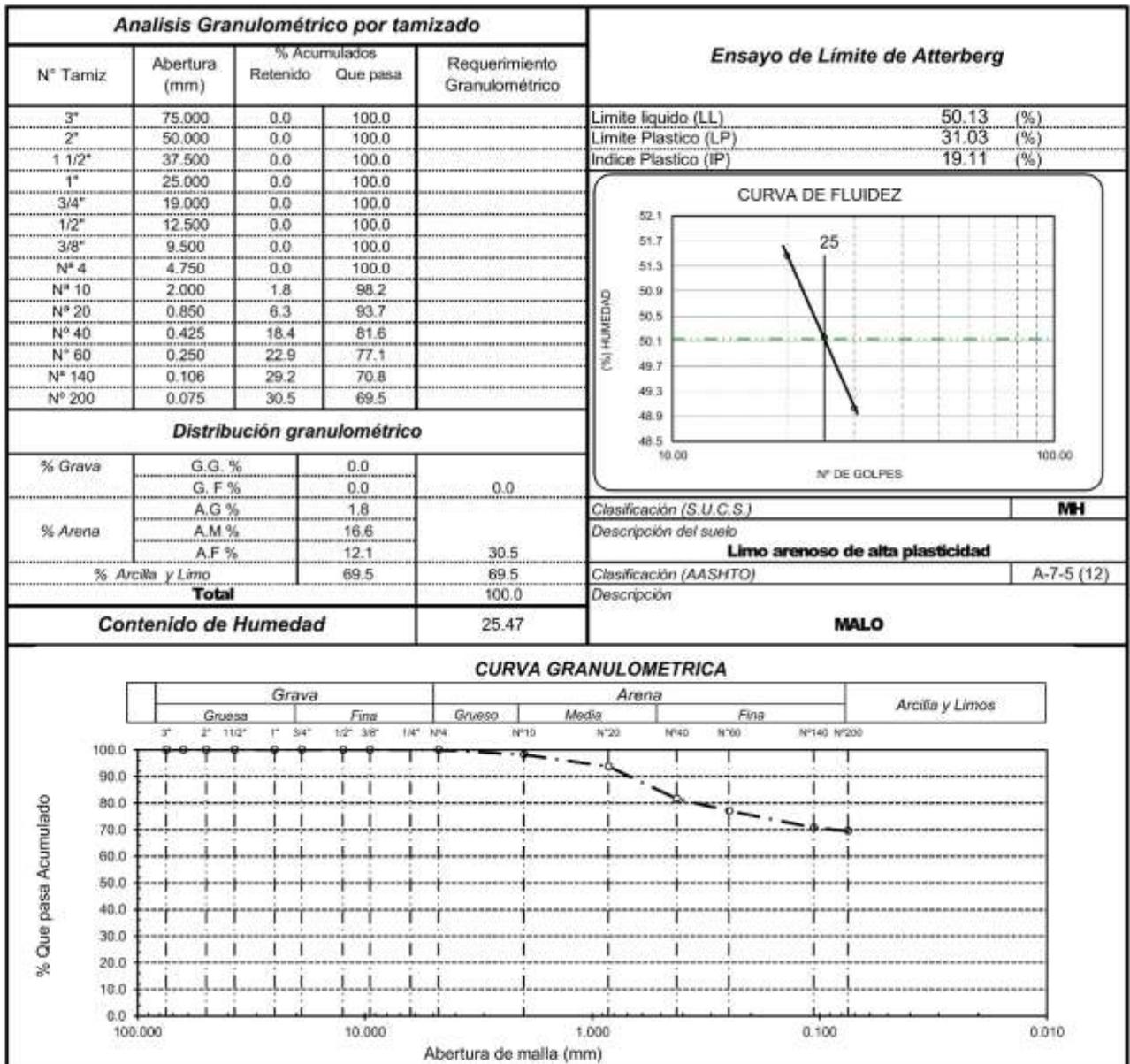



 Miguel Ángel Ruiz Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

Solicitante : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 4


**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM



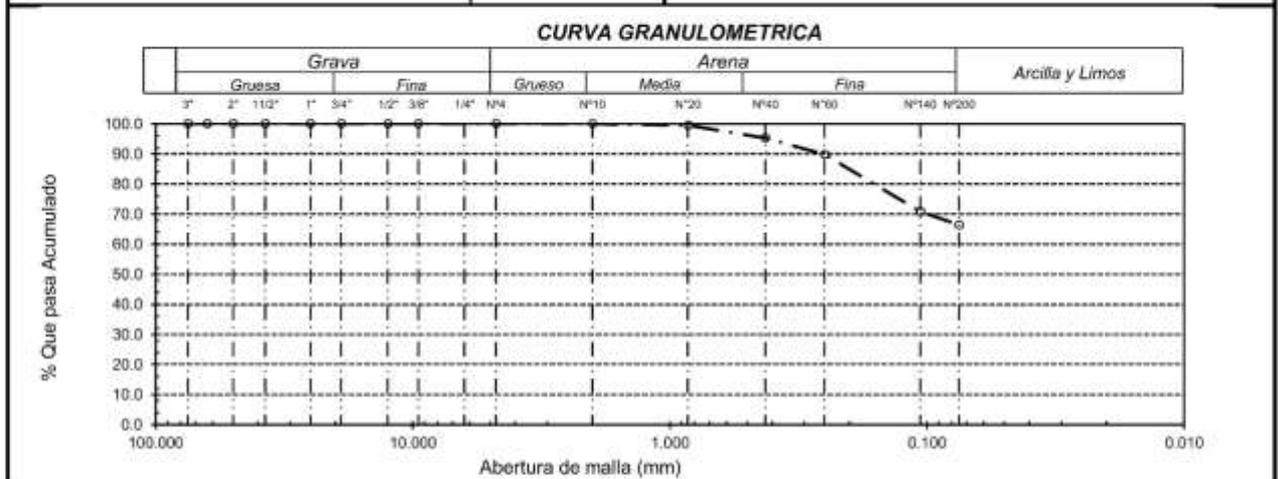
Miguel Ángel Ruiz Peralta  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

Solicitante : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 5

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa	Requerimiento Granulométrico	
3"	75.000	0.0	100.0		Límite líquido (LL) 55.48 (%)
2"	50.000	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) 34.47 (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0		Índice Plástico (IP) 21.01 (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.0	100.0		
3/8"	9.500	0.0	100.0		
N° 4	4.750	0.0	100.0		
N° 10	2.000	0.0	100.0		
N° 20	0.850	0.5	99.5		
N° 40	0.425	4.7	95.3		
N° 60	0.250	10.2	89.8		
N° 140	0.106	29.2	70.8		
N° 200	0.075	33.6	66.4		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	0.0		0.0	Clasificación (S.U.C.S.) <b>MH</b>
	G.F. %	0.0			
% Arena	A.G. %	0.0		33.6	Descripción del suelo <b>Limo arenoso de alta plasticidad</b>
	A.M. %	4.7			
	A.F. %	28.9			
% Arcilla y Limo		66.4		66.4	Clasificación (AASHTO) <b>A-7-5 (13)</b>
<b>Total</b>		<b>100.0</b>		<b>100.0</b>	Descripción <b>MALO</b>
<b>Contenido de Humedad</b>				<b>49.04</b>	


**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

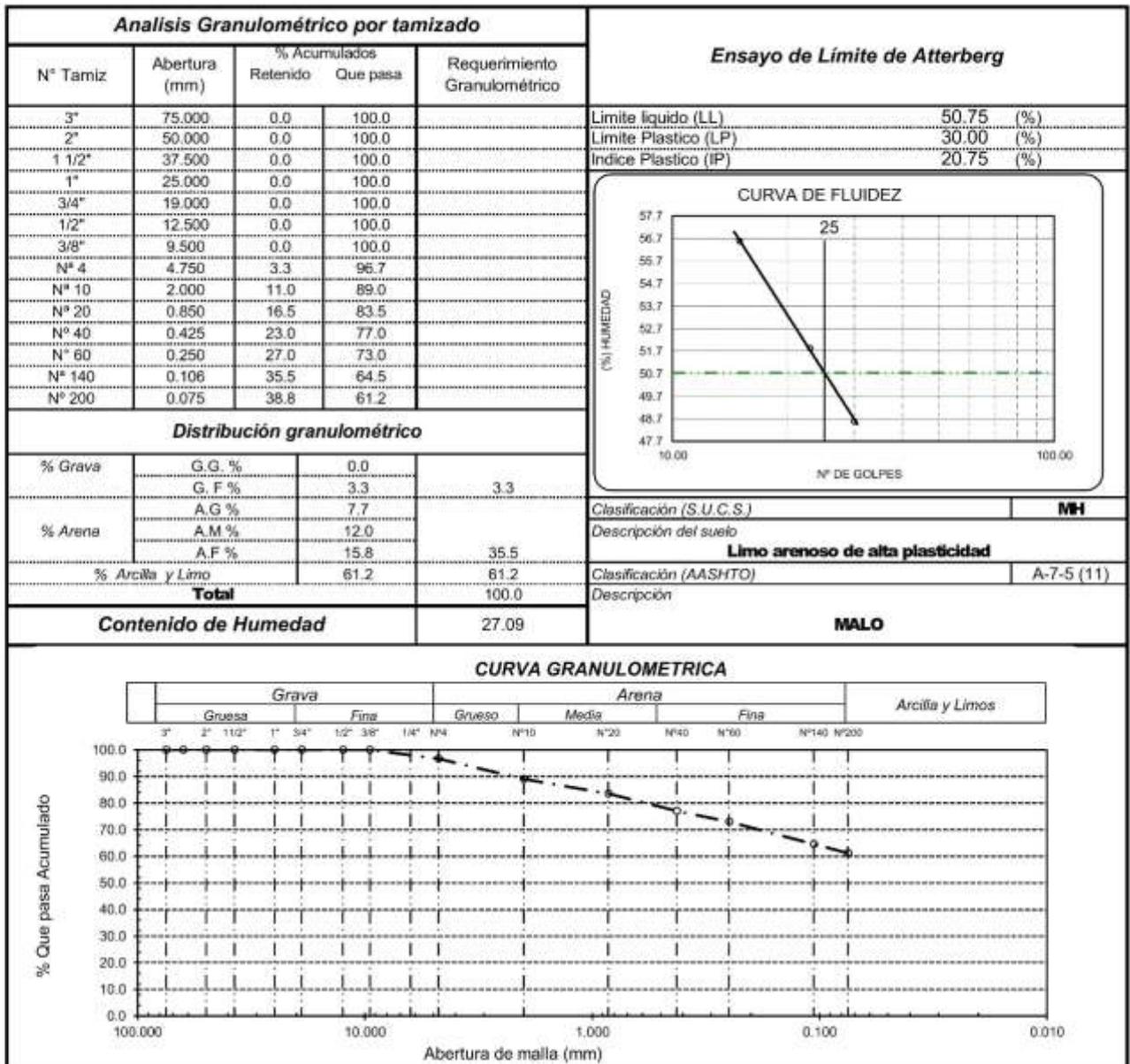


Miguel Ángel Ruiz Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

Solicitante : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 6


**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 LABORATORISTA LEM




**Miguel Ángel Rojas Peralta**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 02

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.694 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.67 %

Especímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	4.7	2.39	1.694	0.1"	100	4.7
02	25	3.2	3.63	1.609	0.1"	95	3.2
03	12	2.5	4.62	1.523	0.2"	100	5.7
					0.2"	95	3.9

Diagrama de Proctor.

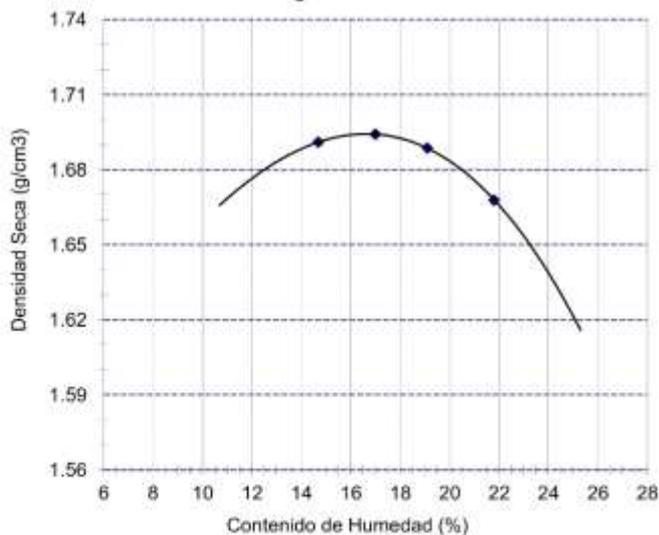
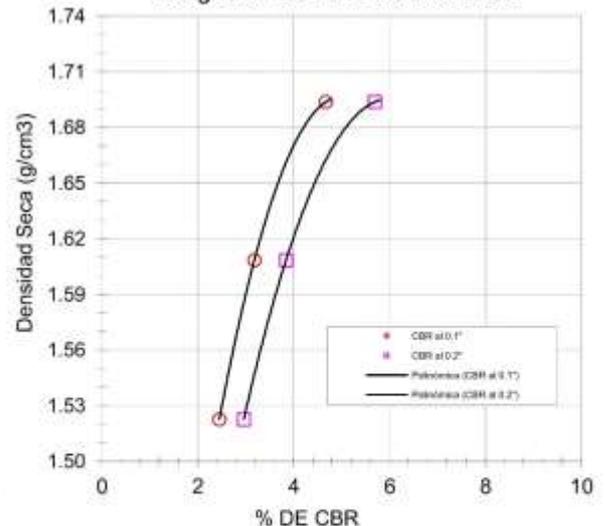
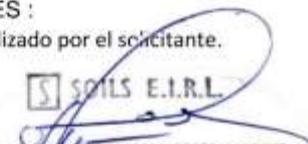


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

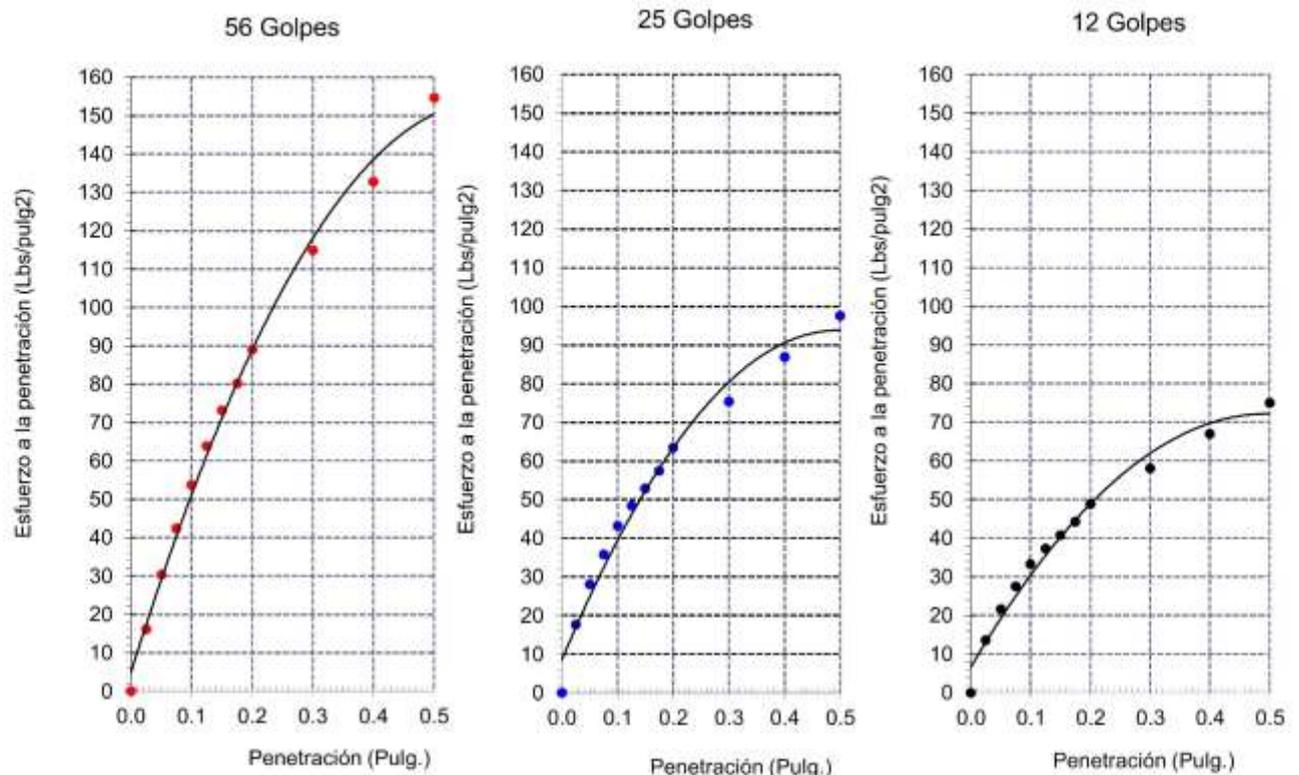
Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

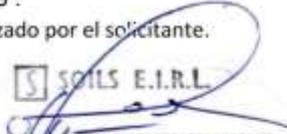
Calicata : C - 02

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 Golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

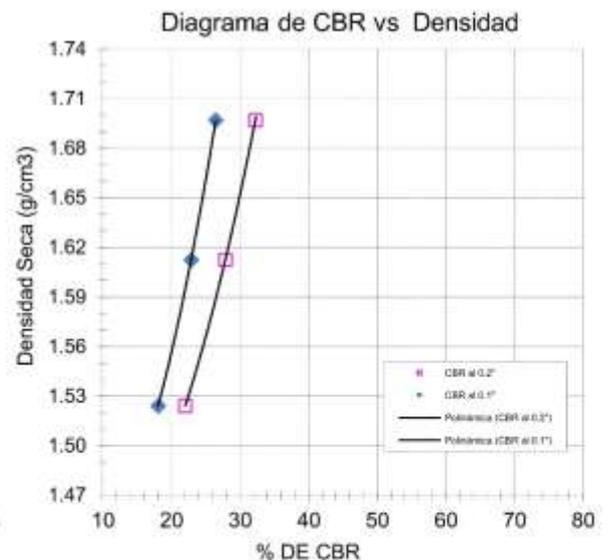
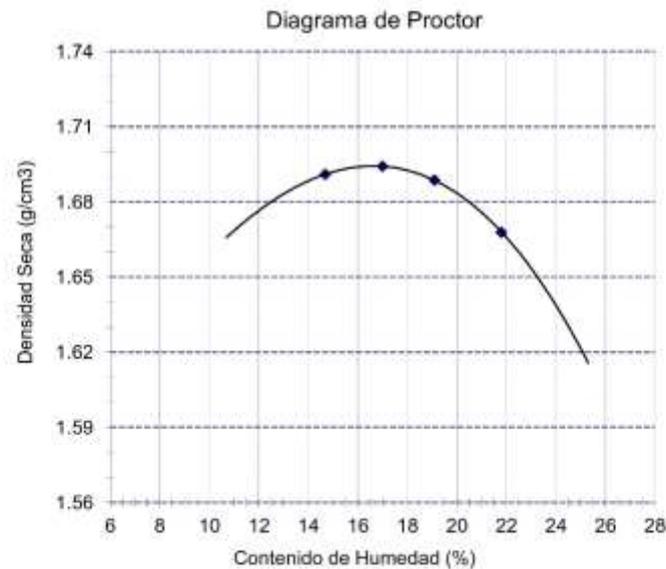
### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 02 + 3% de Cal

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.694 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.67 %

Espéccimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	26.5	1.64	1.697	0.1"	100	26.4
02	25	22.9	1.85	1.612	0.1"	95	22.7
03	12	18.1	2.04	1.524	0.2"	100	32.1
					0.2"	95	27.7



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

Miguel Ángel Ruiz Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

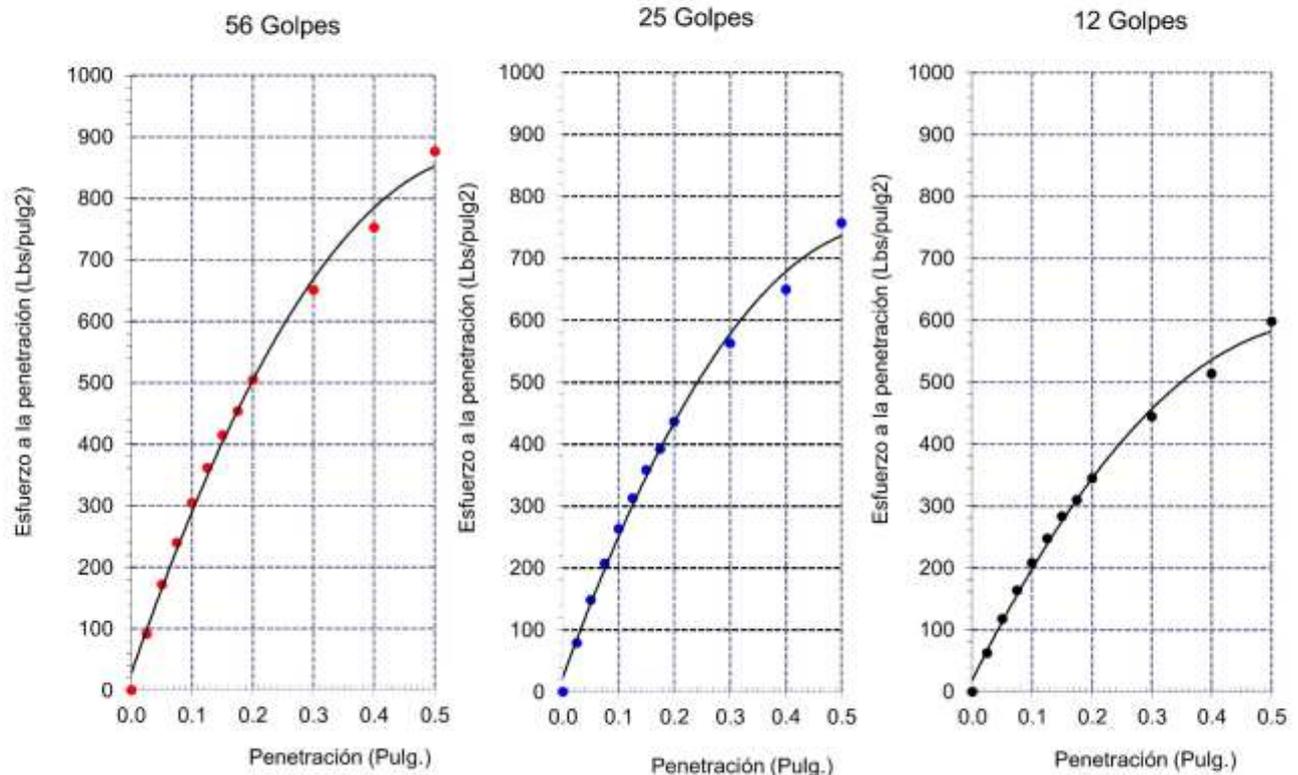
(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.  
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 02 + 3% de Cal

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Rojas Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 02 + 5% de Cal

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.694 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.67 %

Espéccimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	64.3	0.50	1.704	0.1"	100	62.9
02	25	49.3	0.89	1.613	0.1"	95	48.8
03	12	40.1	0.80	1.545	0.2"	100	46.2
					0.2"	95	37.2

Diagrama de Proctor

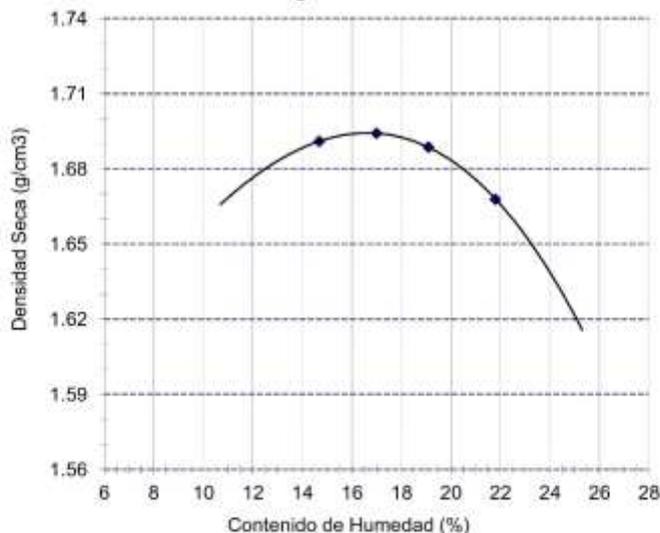
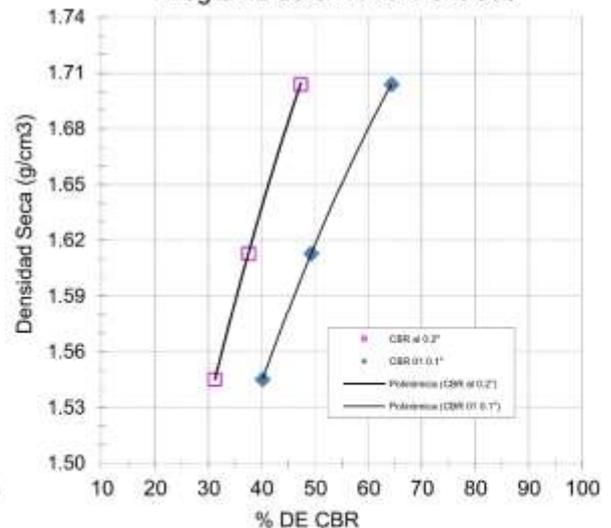


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

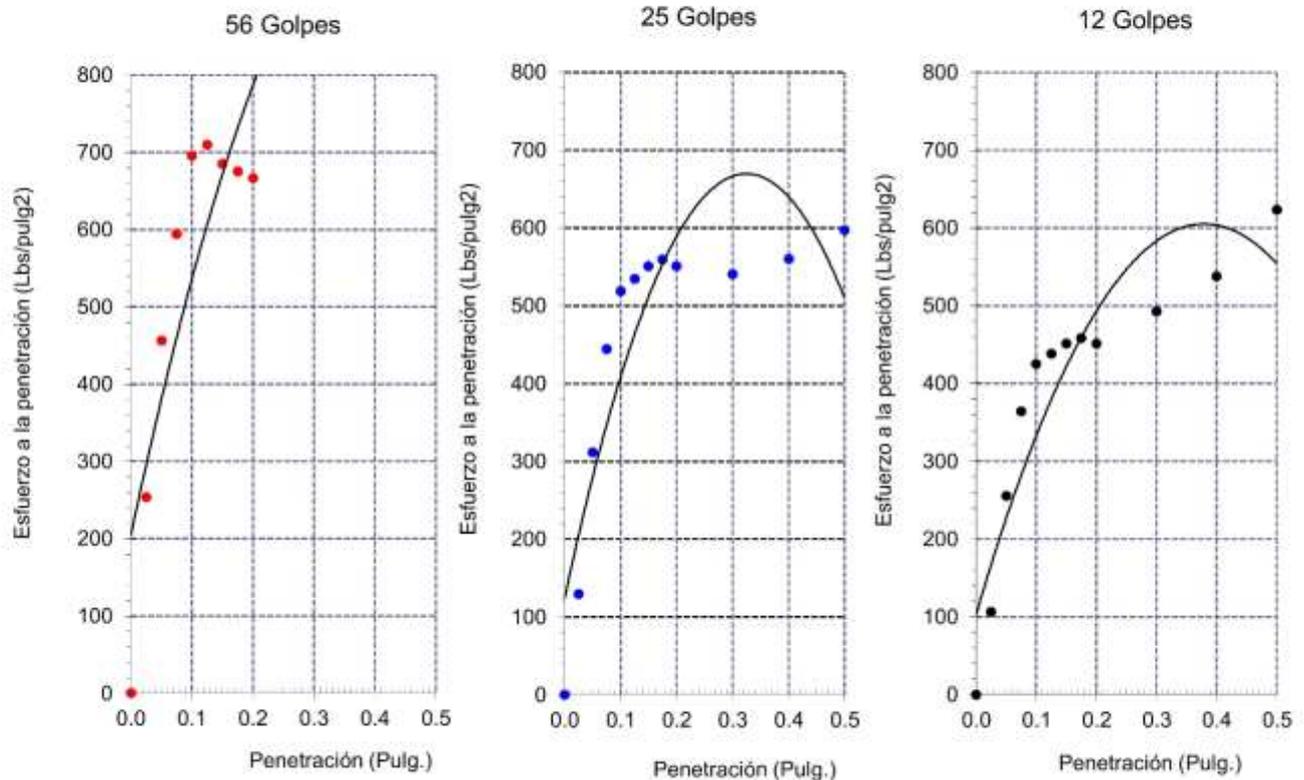
Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

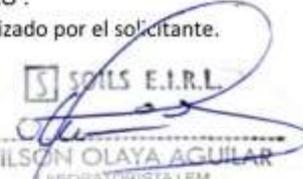
Calicata : C - 02 + 5% de Cal

### DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 02 + 3% de Cemento

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.694 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.67 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	48.1	1.11	1.698	0.1"	100	47.6
02	25	34.8	1.14	1.603	0.1"	95	35.6
03	12	24.1	1.24	1.525	0.2"	100	57.9
					0.2"	95	43.4

Diagrama de Proctor.

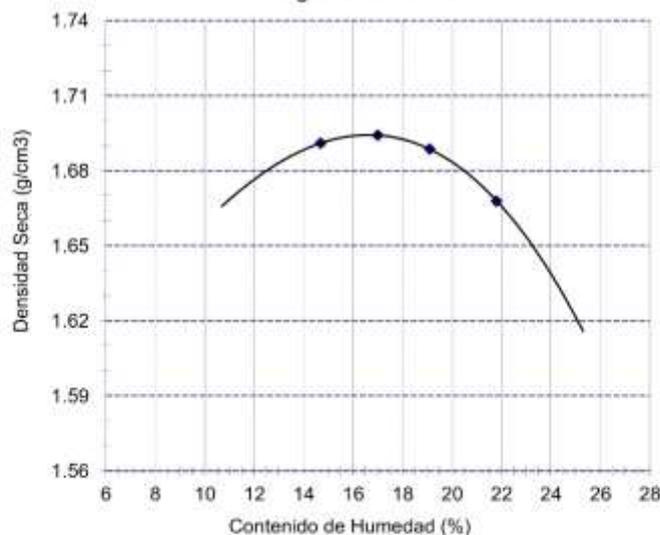
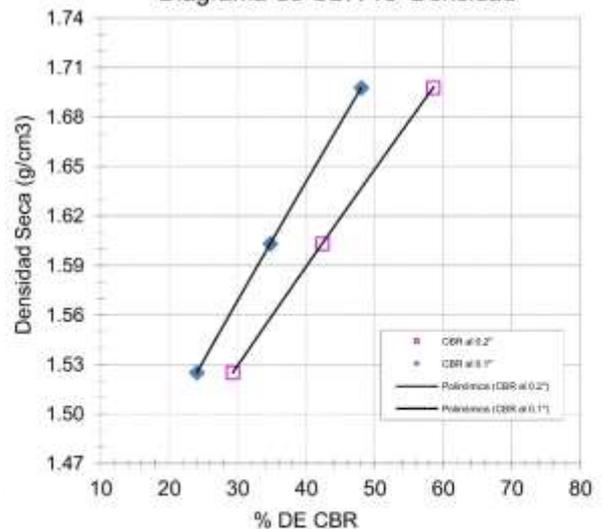


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

  
 Miguel Ángel Ruiz Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

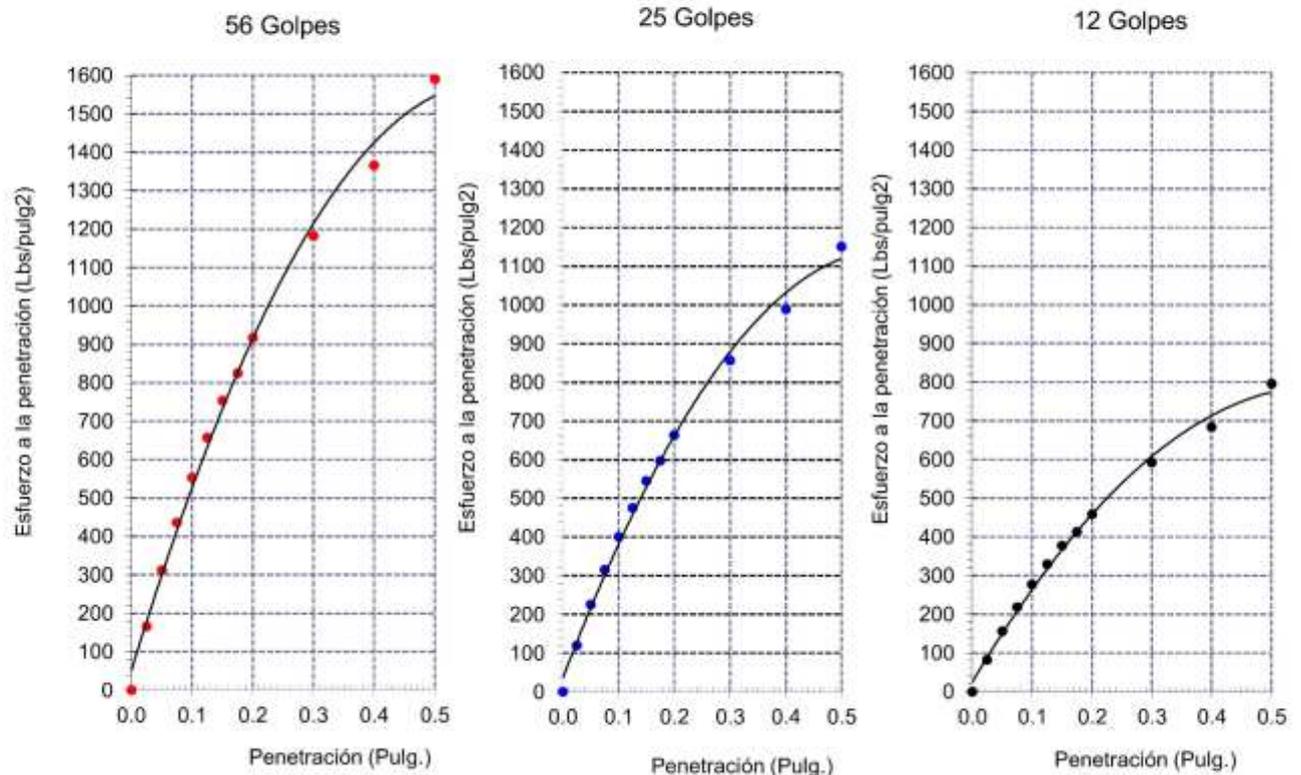
(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.  
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

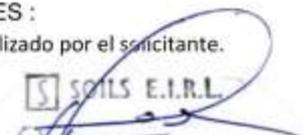
Calicata : C - 02 + 3% de Cemento

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Angel Ruiz Perale:  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 02 + 5% de Cemento

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.694 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	16.67 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	93.9	0.41	1.705	0.1"	100	90.3
02	25	58.0	0.59	1.601	0.1"	95	61.0
03	12	31.5	0.80	1.529	0.2"	100	110.0
					0.2"	95	74.3

Diagrama de Proctor.

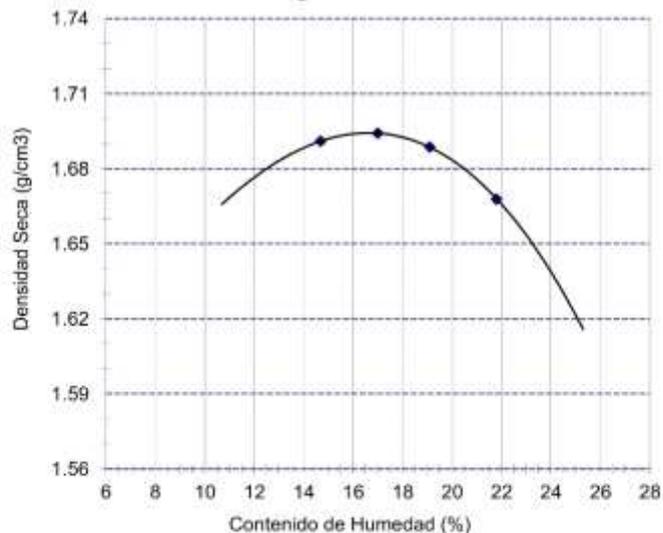
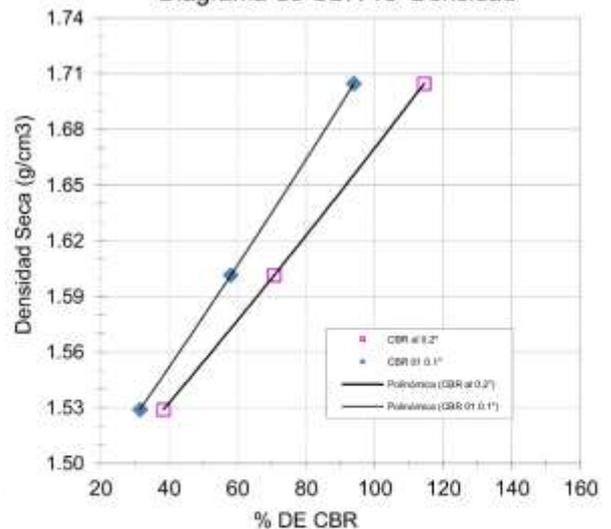
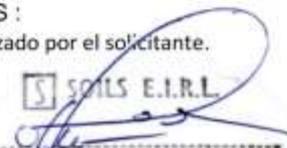


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Angel Rojas Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

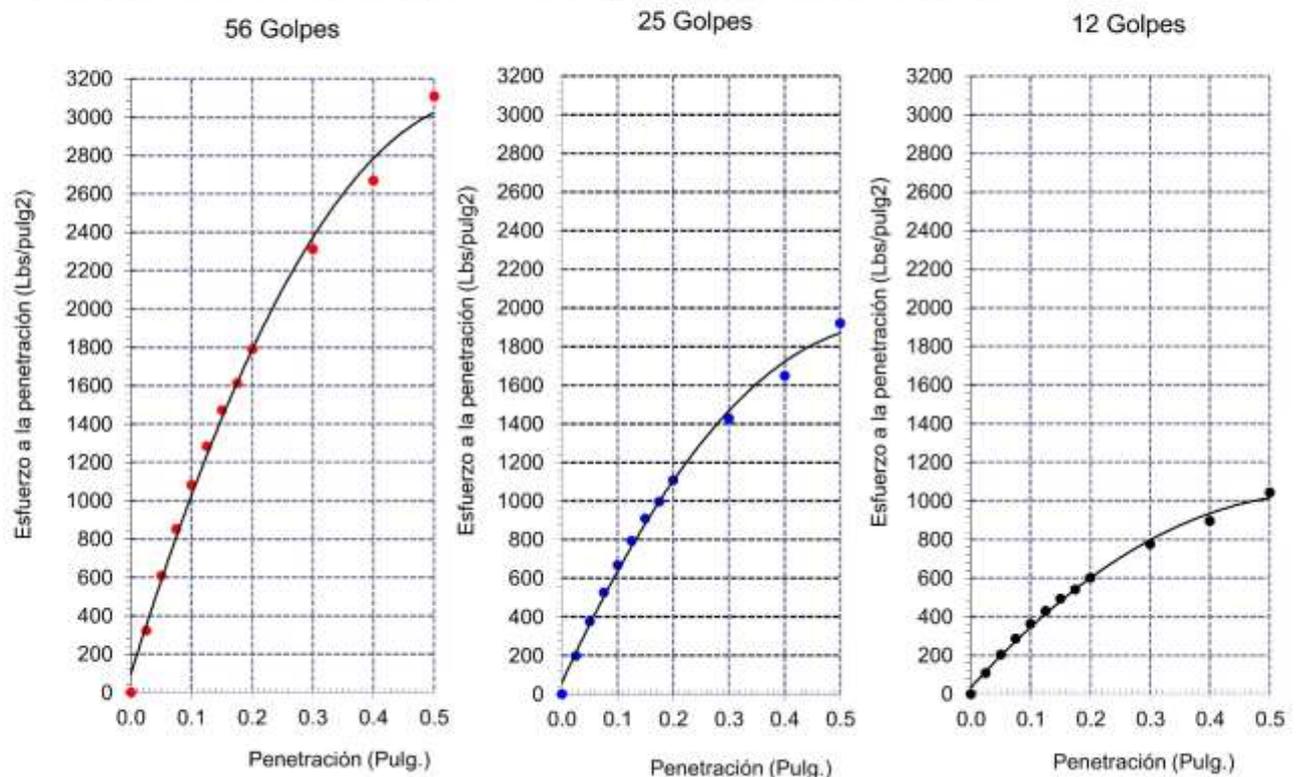
(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS".  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.  
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

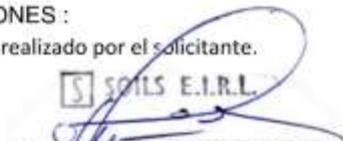
Calicata : C - 02 + 5% de Cemento

### DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto / Obra : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.  
 Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.402 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	30.05 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	6.4	2.12	1.407	0.1"	100	6.3
02	25	5.9	3.20	1.344	0.1"	95	5.7
03	12	4.5	4.50	1.264	0.2"	100	7.6
					0.2"	95	6.8

Diagrama de Proctor.

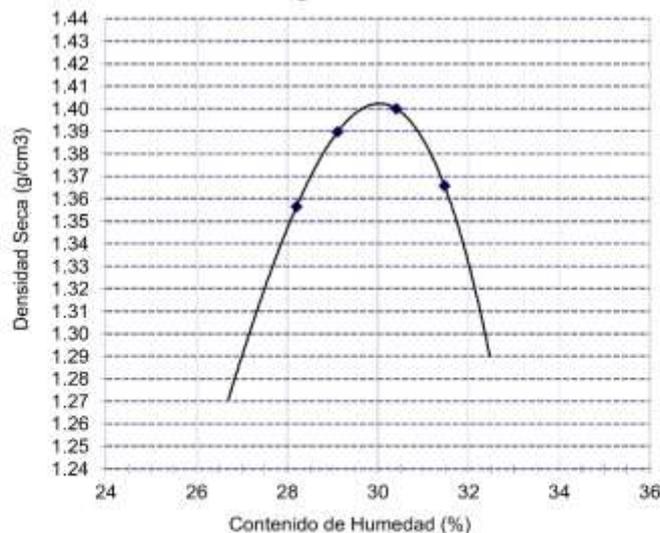
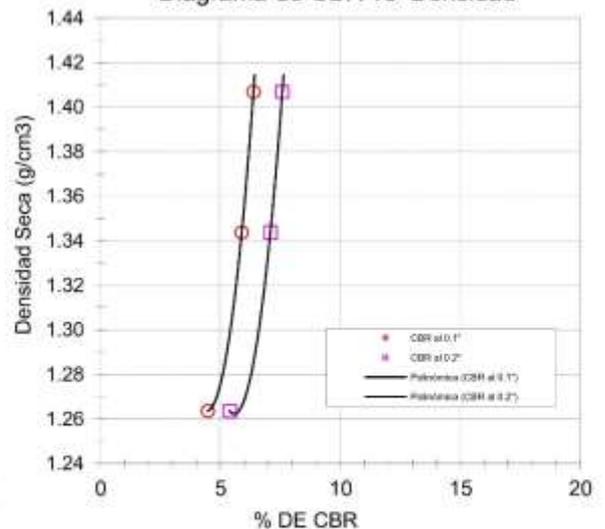
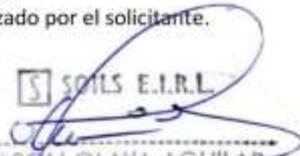


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

  
 Miguel Ángel Ruiz Peralta  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

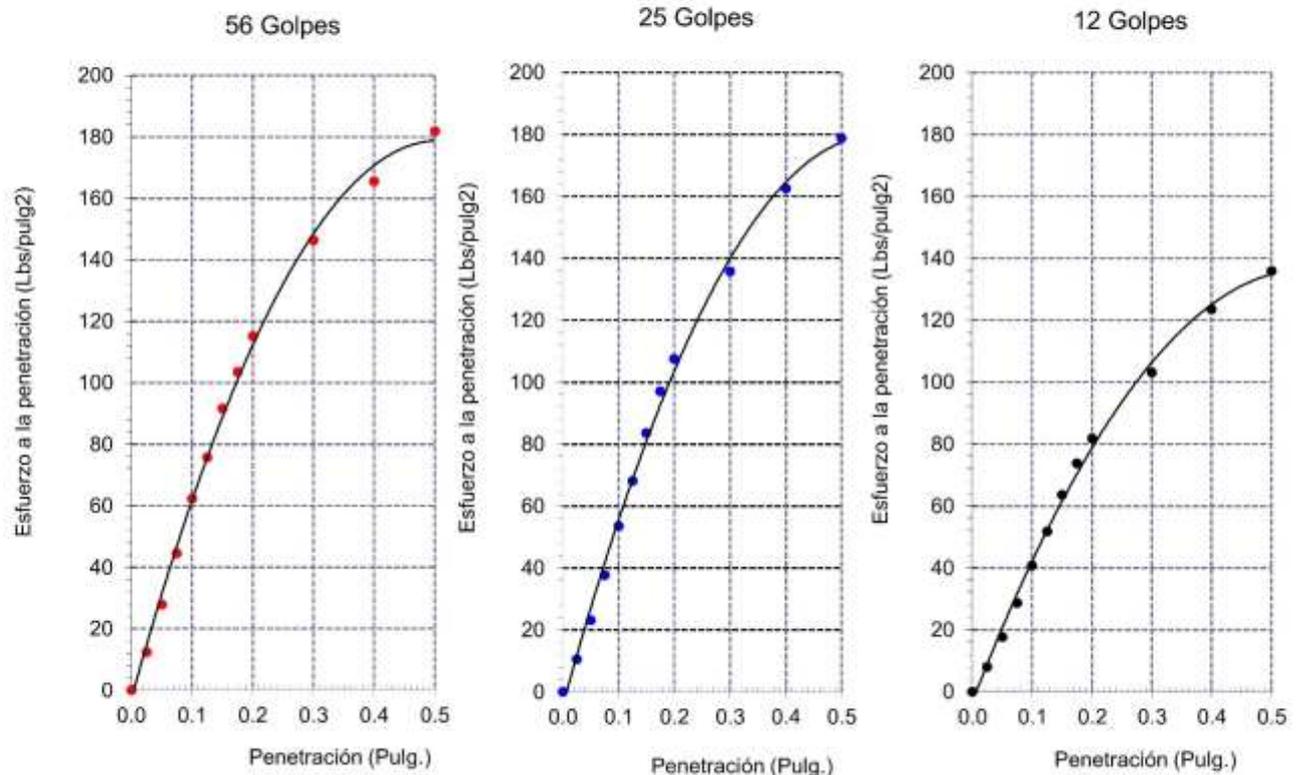
Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto / Obra : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05

### DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

  
 Miguel Ángel Riqui Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto / Obra : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.  
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05 + 3% de Cal

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.402 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	30.05 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	19.2	0.99	1.408	0.1"	100	19.0
02	25	16.7	1.13	1.338	0.1"	95	16.4
03	12	13.0	1.40	1.276	0.2"	100	21.5
					0.2"	95	18.5

Diagrama de Proctor

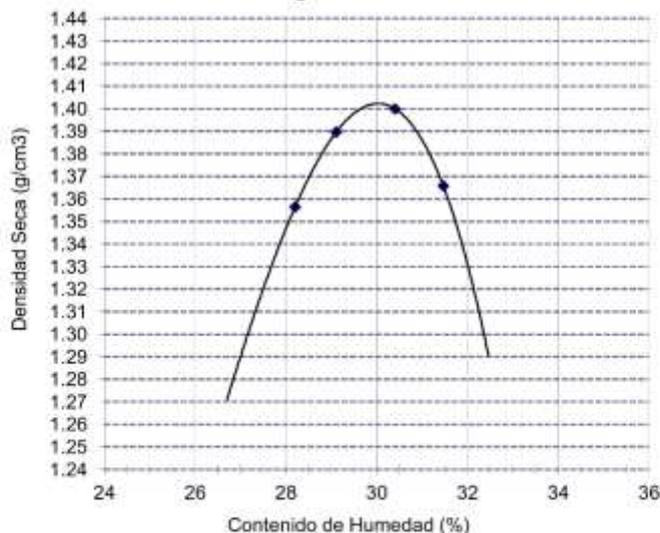
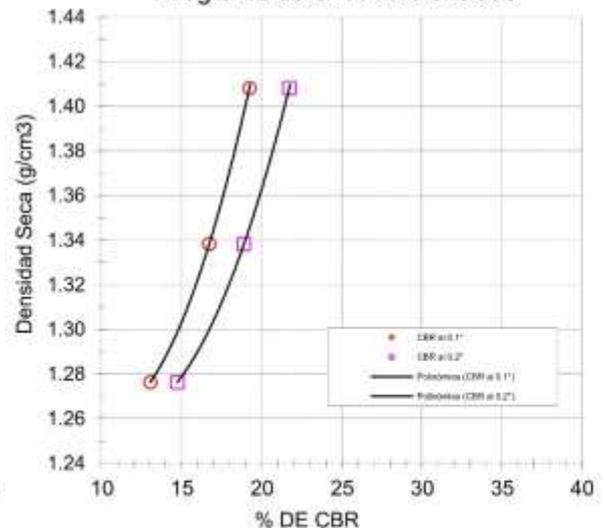


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM



Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

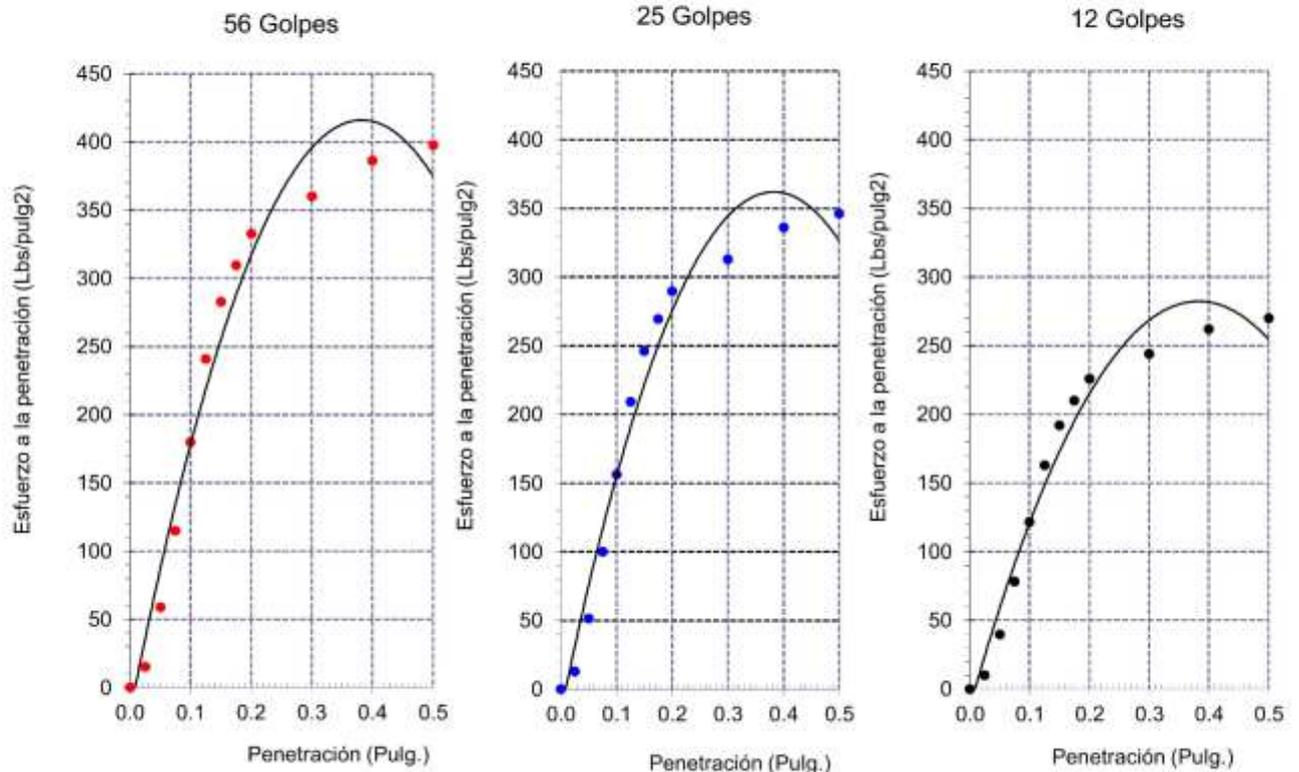
Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto / Obra :  
 EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05 + 3% de Cal

### DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

Miguel Angel Ruiz Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto / Obra : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05 + 5% de Cal

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.402 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	30.05 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	34.9	0.26	1.419	0.1"	100	32.9
02	25	25.2	0.51	1.355	0.1"	95	23.0
03	12	17.7	0.72	1.277	0.2"	100	36.5
					0.2"	95	26.1

Diagrama de Proctor

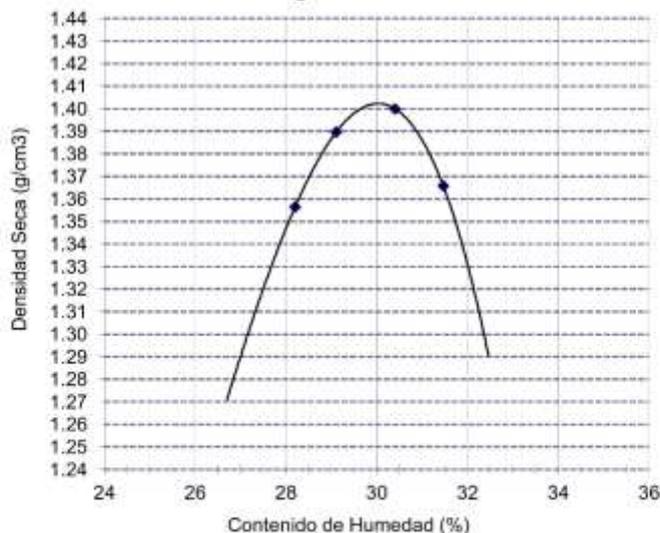
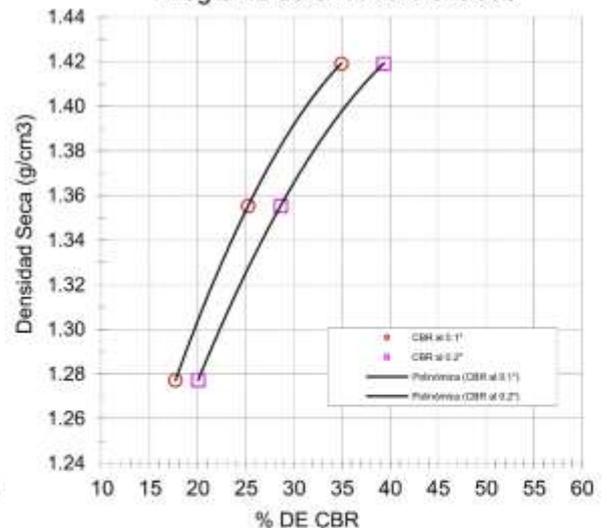
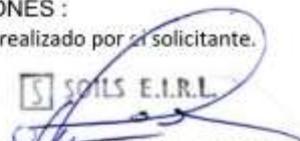


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

  
 Miguel Angel Ruiz Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

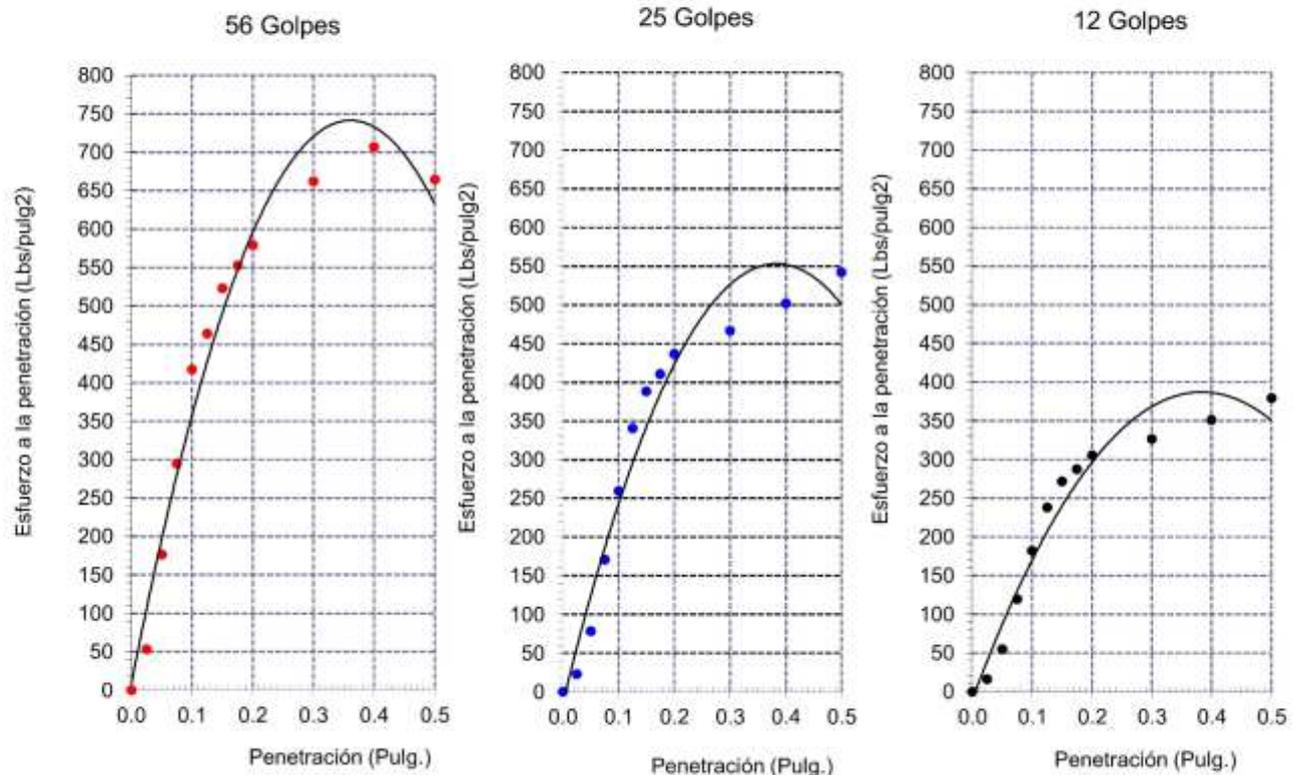
(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto / Obra : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.  
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05 + 5% de Cal

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ríos Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto / Obra : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.  
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05 + 3% de Cemento

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.402 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	30.05 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	30.9	0.51	1.410	0.1"	100	30.3
02	25	24.0	0.75	1.335	0.1"	95	23.8
03	12	20.4	1.35	1.266	0.2"	100	34.7
					0.2"	95	27.4

Diagrama de Proctor.

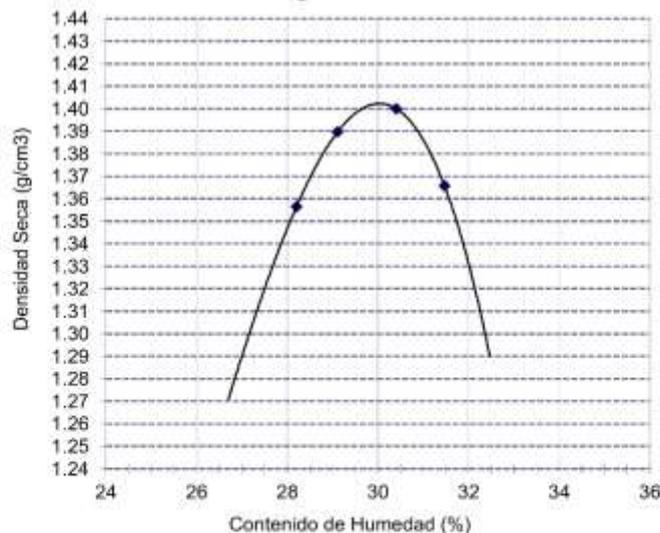
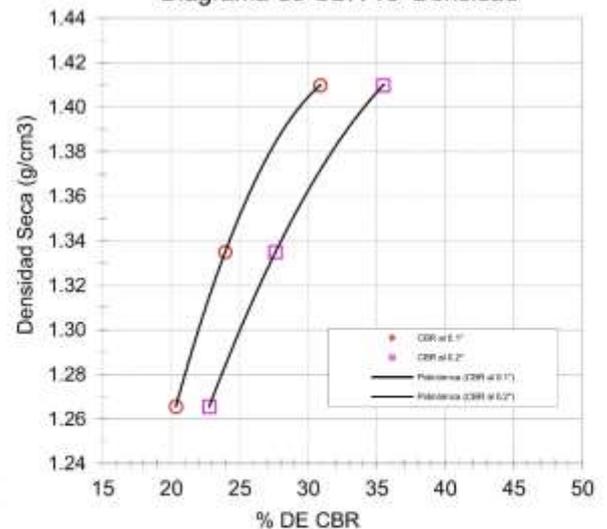
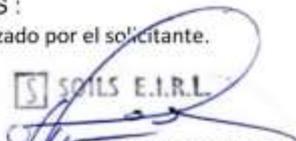


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

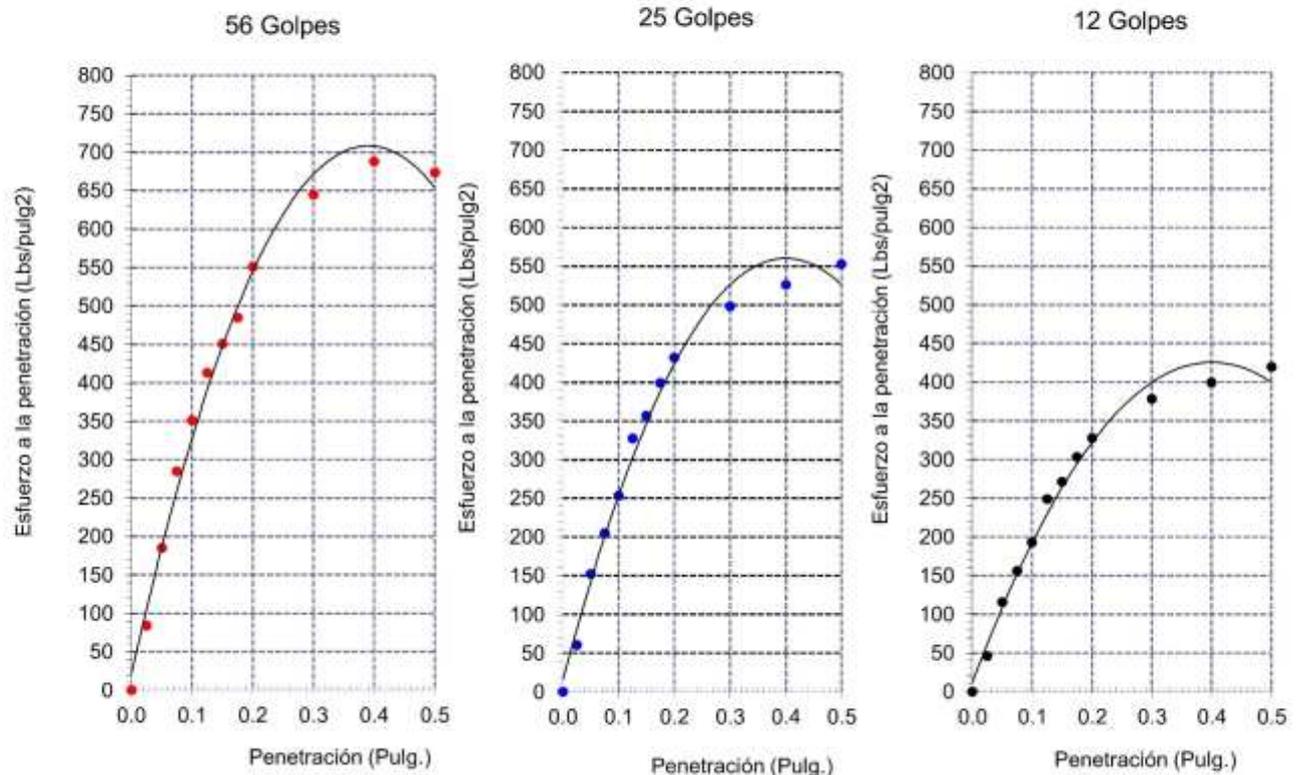
(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto / Obra : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.  
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05 + 3% de Cemento

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
 Proyecto / Obra : EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
 Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de recepción : 10 de junio del 2022.  
 Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05 + 5% de Cemento

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.402 g/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	30.05 %

Espéccimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	81.5	0.16	1.424	0.1"	100	76.7
02	25	63.0	0.18	1.356	0.1"	95	58.8
03	12	46.3	0.26	1.264	0.2"	100	86.8
					0.2"	95	67.5

Diagrama de Proctor

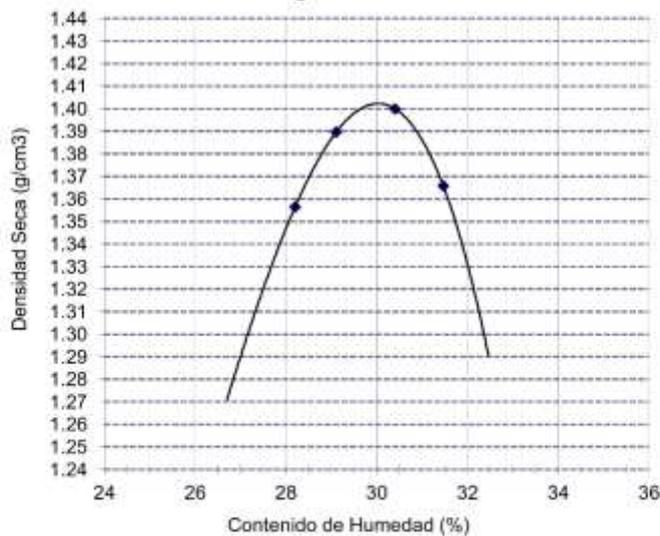
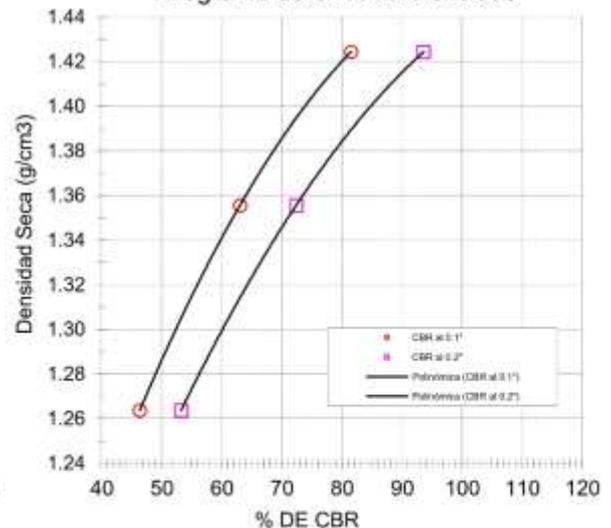


Diagrama de CBR vs Densidad



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 LABORATORISTA LEM

  
 Miguel Ángel Ruiz Perale  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904



## INFORME DE ENSAYO

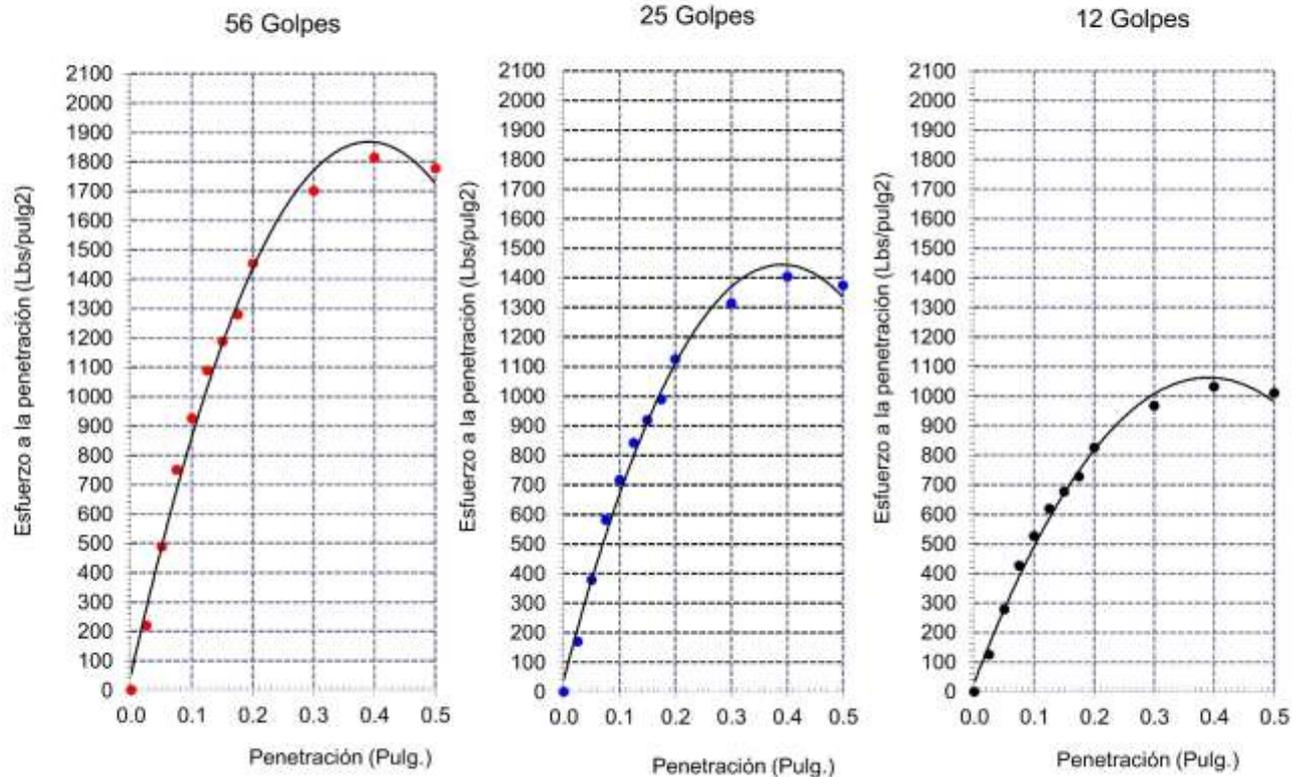
(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : FONSECA SANCHEZ, MILTON OMAR  
Proyecto / Obra :  
EVALUACIÓN, INCORPORANDO CAL Y CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO COHESIVOS EN SUBRASANTE DE CARRETERA CORRALCUCHO - LAS PALMAS.  
Ubicación : Disto. Ramada, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 10 de junio del 2022.  
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883  
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

### Identificación de la muestra:

Calicata : C - 05 + 5% de Cemento

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



### OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
LABORATORISTA LEM

  
Miguel Ángel Ruiz Perale  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904