



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante
estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y
Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Atao Huaman, Yoel Miguel (ORCID: [0000-0003-4108-8179](https://orcid.org/0000-0003-4108-8179))

ASESOR:

Mg. Villegas Granados, Luis Mariano (ORCID: [0000-0001-5401-2566](https://orcid.org/0000-0001-5401-2566))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

CALLAO - PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por estar siempre conmigo, por darme sabiduría, guiarme, protegerme y permitirme llegar a un momento muy importante en mi formación profesional.

A mi familia, que me dan motivación y fuerza para perseverar en el aprendizaje y completar con éxito mi carrera profesional.

Atao Huaman, Yoel Miguel

Agradecimiento

A la Universidad Privada César Vallejo mi casa de estudios y todos los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que han contribuido a mi formación profesional.

A mi asesor Mg. Luis Villegas, agradecerle su apoyo desinteresado e incondicional para que desarrolle y complete esta tesis de investigación.

Asimismo, estoy especialmente agradecido a todos los familiares y amigos que han colaborado en esa tesis de una forma u otra.

Atao Huaman, Yoel Miguel

Índice de contenidos

Carátula	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	8
3.1. Tipo y diseño de investigación	8
3.2. Variables y operacionalización	8
3.3. Población, muestra y muestreo	8
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	9
3.5. Procedimientos	9
3.6. Método de análisis de datos	10
3.7. Aspectos éticos	10
IV. RESULTADOS	12
V. DISCUSIÓN	16
VI. CONCLUSIONES	20
VII. RECOMENDACIONES	22
REFERENCIAS	23
ANEXOS	28

Índice de tablas

Tabla 1: Valores del comportamiento mecánico del suelo sin estabilizar	12
Tabla 2: Valores del comportamiento mecánico del suelo con cemento	13
Tabla 3: Valores del comportamiento mecánico del suelo con cal	13
Tabla 4: Costos por metro cúbico de estabilización con cemento	15
Tabla 5: Costos por metro cúbico de estabilización con cal	15

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Comparación de comportamiento mecánico de suelo estabilizado	14
--	----

Resumen

El objetivo general fue determinar el comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022. La metodología fue del tipo aplicada y diseño cuasiexperimental. Primero se determinó el comportamiento mecánico de la subrasante estableciéndose un suelo arcilloso con presencia de finos para las cinco muestras ensayadas y sus CBR fueron menores de 5.23%, calificando como insuficiente. Luego se analizó el comportamiento mecánico de subrasante estabilizada con cemento, logrando un CBR mínimo de 13.83%, por lo que la subrasante calificará como buena. Después se determinó el comportamiento mecánico de subrasante estabilizada con cal mediante control del pH, logrando un CBR mínimo de 11.17%, calificando la subrasante como buena. Posteriormente se realizó la comparación del comportamiento mecánico de la subrasante sin estabilización respecto a la estabilizada, concluyéndose en que la incorporación de cemento de hasta un 12% es la mejor opción técnica. Finalmente se evaluó la mejor alternativa técnico-económica, concluyéndose en que a pesar de que la adición de cemento es la mejor en cuanto a la estimación del mejor CBR, la cal ofrece mejores costos, lo que facilitaría la posibilidad de construir un pavimento sin mayores problemas en la zona de estudio.

Palabras clave: Estabilización, pavimento, subrasante, suelo.

Abstract

The general objective was to determine the mechanical behavior of subgrade stabilizing it with cement and lime between Champacocha and Cupisa towns, San Jerónimo, Andahuaylas 2022. The methodology was of the applied type and quasi-experimental design. First, the mechanical behavior of the subgrade was determined, establishing a clayey soil with the presence of fines for the five samples tested and their CBR were less than 5.23%, qualifying as insufficient. Then, the mechanical behavior of the cement stabilized subgrade was analyzed, achieving a minimum CBR of 13.83%, so the subgrade will qualify as good. Then, the mechanical behavior of the lime stabilized subgrade was determined by pH control, achieving a minimum CBR of 11.17%, qualifying the subgrade as good. Subsequently, the comparison of the mechanical behavior of the subgrade without stabilization with respect to the stabilized one was carried out, concluding that the incorporation of cement of up to 12% is the best technical option. Finally, the best technical-economic alternative was evaluated, concluding that despite the fact that the addition of cement is the best in terms of estimating the best CBR, lime offers better costs, which would facilitate the possibility of building a pavement without major problems in the study area.

Keywords: Stabilization, pavement, subgrade, soil.

I. INTRODUCCIÓN

En todo el mundo es bien sabido que la estabilización de suelos es una técnica para mejorar las propiedades geotécnicas y de ingeniería de los suelos, como la resistencia mecánica, permeabilidad, compresibilidad, durabilidad y plasticidad (Behnood, 2018); por otro lado, dentro de los grupos de suelos que presentan mayores problemas a dichas propiedades son los suelos arcillosos, pues es bien sabido que su sensibilidad al agua provoca daños irreparables en cualquier estructura construida sobre este tipo de material, por lo que se sugiere estabilizarlo (Bessaim et al., 2018); y uno de los principales campos de aplicación de la estabilización de suelos en donde ha tenido mayor desarrollo es en las carreteras, específicamente en las capas de base, subbase y subrasante, siendo esta última la más importante en los estudios de geotecnia vial y en el diseño de pavimentos (Samatha-Chowdary y Rama-Rao, 2019); algunos estudios realizados señalan que la estabilización de la subrasante debería estudiarse con mayor énfasis, ya que los materiales que se adicionen en dicho proceso sean mecánico o químico, puede mejorar la resistencia a corto plazo, pero aún es incierto su desempeño a largo plazo (Gadouri et al., 2019)

No obstante, los buenos resultados de la estabilización química por ejemplo con cal y cemento en suelos arcillosos han logrado elevar la resistencia de soporte (CBR) y han mejorado significativamente la densidad seca, el control de la expansión y el cambio volumétrico, sobre todo químicamente ha incorporado mayores enlaces entre la cal, el cemento y el suelo (Russo, 2019; Pooni et al., 2020; Sahoo y Prasad-Singh, 2022); también ha demostrado ser más sostenible desde el punto de vista económico y medioambiental que otros materiales de origen artificial como los aditivos (Mahmood et al., 2019; Zhang y Zhu, 2020); otro aspecto importante son las evaluaciones in situ, que se deben realizar posterior a la estabilización del suelo, ya que ayudará a conocer su comportamiento mecánico a largo plazo en la etapa de funcionamiento (Cai et al., 2020; Paul y Azmain, 2022); pues se ha demostrado que tanto la cal como el cemento internamente produce reacciones químicas que afecta la evolución químico-mineralógica del suelo tratado dependiendo de la escala de tiempo en la que tiene lugar el mecanismo de transformación (Vitale et al., 2021).

En el Perú, el uso de estabilizadores para la conformación de capas de pavimento es muy difundido, sobre todo para mejorar la capacidad de resistencia de soporte del suelo (CBR), la máxima densidad seca y el control de humedad, y complementario a ello, se ha logrado aplicar con buenos resultados la cal y el cemento a varias carreteras peruanas en zonas locales (Rodríguez y Silva, 2019); destacando de entre estos resultados el mejoramiento de la subrasante, los cuales indican una disminución del hinchamiento y expansión del suelo mejorado, a pesar de ello existe incertidumbre respecto a cual es el mejor estabilizador para suelos de baja resistencia, por lo que surge la importancia de estudiar los diferentes aditivos (Moale y Rivera, 2019).

Hoy en día en los centros poblados de Champacocha y Cupisa, distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac, los suelos que presentan sus vías, son de muy baja relación de soporte (CBR), específicamente la subrasante, surgiendo la necesidad de estabilizarla mediante procesos mecánicos o con productos químicos. Respecto a ello López y Ortiz (2018); Becerra y Herrera (2019) manifiestan que en base a investigaciones que sustentan la aplicación de productos químicos tales como el cemento y la cal, estos pueden mejorar significativamente la resistencia y la densidad en comparación a otros materiales.

Como **formulación del problema**: ¿Cómo evaluar el comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022?.

La **justificación de la investigación**, desde el aspecto económico y social, se justifica ya que al mejorar la subrasante del suelo entre los pueblos Champacocha y Cupisa, distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac, se logrará tener mejores accesos a las vías, generando mayor fluencia de transporte, por lo cual se elevará el nivel de calidad vida de los pobladores del área de influencia. Como justificación técnica, la presente tesis de investigación buscará obtener una estabilización de la subrasante con cal y cemento, que ayude a controlar la resistencia del soporte del suelo, la densidad y

el contenido de humedad, bajo los estándares y controles de calidad recomendados por las normas peruanas. Por último, en cuanto a la justificación ambiental, se sustenta ya que al lograrse la estabilización de la subrasante con cal y cemento se logrará menores movimientos de tierras en comparación con la extracción de materiales de cantera hasta la zona de estudio, es decir el impacto al medio ambiente generado será mucho menor.

El **objetivo general** es evaluar el comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022.

Los **objetivos específicos** son:

Determinar el comportamiento mecánico de subrasante entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022.

Analizar el comportamiento mecánico de subrasante estabilizada con cemento entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022.

Determinar el comportamiento mecánico de subrasante estabilizada con cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022.

Realizar la comparación del comportamiento mecánico de la subrasante sin estabilización respecto a la estabilizada con cemento y con cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022.

Evaluar la mejor alternativa técnico-económica de la estabilización de subrasante con cemento y con cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022.

La **hipótesis**: Con la evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal se mejorará significativamente la relación de soporte del suelo entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Investigaciones a nivel internacional

Mahedi et al. (2020) en su investigación titulada “Cement, lime, and fly ashes in stabilizing expansive soils: Performance evaluation and comparison”, desarrollada en Estados Unidos y tuvo por objetivo evaluar la estabilización de suelos expansivos mediante la aplicación de cemento, cal y cenizas volantes en diferentes condiciones de curado. Los resultados obtenidos señalan que el cemento ofrece una mayor resistencia en tiempos de curado más cortos, mientras que la cal produjo la resistencia máxima en períodos de curado más largos y en el caso de las cenizas volantes tuvo un buen comportamiento mecánico para el período medio de curado, sin embargo, concluyen indicando que en cuanto al ataque de sulfatos sólo las cenizas volantes mostraron un mejor desempeño sin que hubiera una variación de la “resistencia de soporte del suelo” (CBR) requerida.

Pooni et al. (2021) en su artículo titulado “Performance evaluation of calcium sulfoaluminate as an alternative stabilizer for treatment of weaker subgrades”, desarrollado en Australia, tuvo por objetivo evaluar el rendimiento del “sulfoaluminato de calcio” (CSA) como estabilizador alternativo para el tratamiento de subrasantes de baja resistencia de soporte. Los resultados hallados por los investigadores revelan que los estabilizadores a base de calcio son efectivos en el tratamiento de suelos expansivos, pues se logró aumentar la resistencia en los rangos de humedad probados, además todos los especímenes de suelo estabilizados mostraron un aumento de la resistencia después de completar un ciclo húmedo-seco, concluyendo en que si bien la adición de CSA mostró mejoras considerables sobre los suelos expansivos sin tratar, no es tan efectivo para mejorar el rendimiento de durabilidad de los suelos expansivos en comparación con los estabilizadores tradicionales de cemento y cal en las condiciones probadas.

Mohamedzein et al. (2022) en su investigación titulada “Effect of cement-by-pass dust stabilized-expansive soil subgrade on pavement rutting”, desarrollada en Omán y tuvo por objetivo determinar el efecto de la estabilización de la

subrasante con “polvo derivado cementicio” (CBPD) con proporciones de 6%, 9%, 15%, 20% y 30% y su incidencia en el diseño de pavimentos. Los resultados logrados indican que en base a los ensayos realizados de los límites de Atterberg, compactación, “relación de soporte de California” (CBR) y pruebas de expansión, se estableció que la efectividad de CBPD en la reducción tanto del índice de plasticidad como del potencial de expansión del suelo expansivo fue muy significativa, en comparación con el cemento y la cal, por lo que concluyen en que la dosis óptima de CBPD es del 15% para un CBR regular y puede diseñarse con este valor un pavimento convencional.

Coban y Cetin (2022) en su artículo titulado “Suitability assessment of using lime sludge for subgrade soil stabilization”, desarrollado en Estados Unidos, tuvo por objetivo evaluar el uso de “lodos de cal” (LS) para la estabilización de suelos de subrasante de baja “resistencia de soporte” (CBR). Los resultados que determinaron los investigadores mediante las pruebas de compresión no confinada, potencial de hidrógeno y congelación-descongelación y microscopía electrónica de barrido, señalan que los LS sólo mejoraron la resistencia a la compresión no confinada del suelo, no obstante, la combinación con estabilizadores químicos como la cal, cemento y cenizas volantes si lograron buenos resultados sobre todo en el CBR, en comparación de sólo incluir los LS en la estabilización.

Investigaciones a nivel nacional

Angulo y Zavaleta (2020) en su tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas como capa de rodadura en la Prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan - Maynas - Iquitos, 2019”, desarrollada en Iquitos, tuvo por objetivo determinar la estabilización de suelos del tipo arcilloso mediante la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas empleando la cal viva e hidratada de dicha zona. Los resultados obtenidos indican que mediante las mezclas de diversas dosis de cal, tanto viva como hidratada, se logró controlar la expansión, el cambio volumétrico, reducir la plasticidad y aumentar significativamente la “resistencia de soporte” (CBR), específicamente con la cal viva al 6% se lograron valores de CBR por encima del

20% de resistencia, concluyendo en que se puede estabilizar la subrasante de dicha zona con ambos materiales, pero haciendo un hincapié en la de mejor desempeño que fue la cal viva.

Marin y Cieza (2021) en su tesis titulada “Comportamiento mecánico de los suelos dispersivos tropicales, estabilizados con cemento Portland, en la zona urbana del distrito de Pilluana, provincia de Picota y Región San Martín - 2020”, desarrollada en Tarapoto, tuvo por objetivo determinar el desempeño mecánico de los suelos de dicha zona mediante la estabilización química con cemento. Los resultados alcanzados manifiestan que mediante los ensayos de laboratorio aplicados a los suelos de la zona de estudio, se estableció que es un suelo tropical tipo laterita arcillosa con presencia de propiedades dispersivas, así mismo se obtuvo una relación de soporte “CBR” de 21.60% con la adición de cemento al 12% correspondiente a la estabilización del suelo arcilloso, siendo en este caso muy significativa, en comparación al suelo no estabilizado. Se concluye en que se puede estabilizar este tipo de suelo con cemento desde un 4% hasta 12%, ya que en todos los casos superó en gran medida el CBR del suelo original el cual fue 4.10%.

Investigaciones a nivel local

Tacca (2021) en su tesis titulada “Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de evitamiento, Abancay - Apurímac, 2021”, tuvo por objetivo evaluar la estabilización del suelo arcilloso mediante la “relación de soporte” (CBR) con la incorporación de cal para mejorar el desempeño mecánico de la subrasante de dicha zona de estudio. Los resultados alcanzados por el tesista muestran que de las incorporaciones de 4%, 8% y 12% de cal, la que mejor desempeño mostró fue la de 12%, cuyo CBR fue de 28.50% en comparación al CBR de 9.40% del suelo natural sin ninguna adición, por lo expuesto, concluye en que la adición óptima de cal permitió determinar una subrasante muy buena, por lo que se podrá conformar satisfactoriamente en dicha vía un pavimento con sus respectivas capas de base, subbase y carpeta asfáltica.

Teorías relacionadas al tema

Variable dependiente: Comportamiento mecánico de subrasante.

Es una propiedad fundamental de los suelos, siendo en este caso la subrasante, de desarrollar una reacción frente a las cargas externas, permitiendo la estabilidad de las demás capas superiores, sobre todo en aplicaciones para pavimentos (Marin y Cieza, 2021).

Variable independiente 1: Estabilización con cemento

Es el proceso de obtención de mejoramiento del suelo mediante la mezcla con cemento y agua en porcentajes, curado y compactación óptimos, los cuales se establecen en función a la resistencia a la compresión requerida, el CBR y el tiempo (Phan et al., 2021).

Variable dependiente 2: Estabilización con cal

Es el proceso de obtención de mejoramiento del suelo mediante la mezcla con cal viva o hidratada y agua en porcentajes, curado y compactación óptimos, los cuales se establecen a partir del potencial de hidrógeno, el CBR y el tiempo (Liu et al., 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada debido a que no se van a producir nuevos conocimientos, ya que a diferencia de las investigaciones tipo básicas, estas sí logran generar paradigmas en el conocimiento de las ciencias (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

El **diseño de investigación** es experimental, enmarcado como cuasiexperimental, debido a que este tipo de diseño se fundamenta en la selección previa de una muestra, es decir no es aleatoria y por lo cual está condicionada, como en este caso a los ensayos de laboratorio y cantidad de muestras representativas (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018); que ayuden finalmente a la evaluación del comportamiento mecánico de la subrasante tanto del suelo natural, como también de la estabilización con cemento y con cal.

3.2. Variables y operacionalización

Variable dependiente

Comportamiento mecánico de subrasante.

Variable independiente 1

Estabilización con cemento.

Variable independiente 2

Estabilización con cal.

Así mismo, el desarrollo de la operacionalización de cada variable se muestra en el anexo 1 (variable dependiente), anexo 2 (variable independiente 1) y anexo 3 (variable independiente 2).

3.3. Población, muestra y muestreo

La **población y muestra** estará integrada por los testigos de sección cilíndrica, tanto para la elaboración de las muestras del suelo natural de subrasante sin

ningún estabilizador, como también de los testigos de suelo estabilizados con cemento y estabilizados con cal.

La unidad de análisis comprende la totalidad de calicatas que se emplearán para determinar el comportamiento mecánico de la subrasante entre los pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas necesarias que se emplearán para la recolección de datos irán desarrollándose en concordancia con los ensayos de laboratorio (experimentos), ya que según la cantidad y disposición de muestras, será necesario la observación in situ de dichos ensayos que permitan la obtención directa de los resultados; por otro lado se requerirá de la revisión de documentos tales como tesis relacionadas al tema, normas técnicas peruanas e internacionales válidas en el ámbito nacional e investigaciones de alto nivel científico indexadas en revistas de alto impacto

Los instrumentos de recolección de datos serán las fichas técnicas de cada uno de los ensayos que se vayan realizando, partiendo de los parámetros mínimos requeridos, hasta la determinación de las resistencias óptimas y relaciones de soporte requeridas; así mismo, será necesario el uso de equipos de laboratorio de ensayos de materiales que validen y verifiquen los datos que se obtengan en la etapa de ejecución del presente proyecto de tesis, logrando en ese sentido resultados confiables y que puedan servir de sustento en la discusión de los resultados con otras tesis y artículos científicos nacionales e internacionales.

3.5. Procedimientos

Los procedimientos que abarcará la investigación estará enmarcada por cada uno de los objetivos específicos, es decir se comenzará por determinar el comportamiento mecánico de subrasante, luego se analizará el comportamiento mecánico de subrasante estabilizada con cemento y luego con cal, para posteriormente comparar dicho comportamiento mecánico del suelo sin estabilizar versus los suelos estabilizados con cemento y con cal. Finalmente se evaluará la mejor alternativa técnico-económica de la estabilización de subrasante en función

a los suelos de subrasante estabilizados con cemento y con cal; todo esto correspondiente a los pueblos de Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas.

3.6. Método de análisis de datos

La información se procesará mediante el uso de softwares tales como Microsoft Word para la redacción de los documentos como parte del análisis descriptivo y Microsoft Excel para el ordenamiento de datos, tabulación de valores y generación de gráficos para el análisis inferencial, con la finalidad de precisar los valores más significativos de las resistencias de soporte de California (CBR) de los suelos de subrasante sin estabilizar, respecto a los estabilizados con cemento y con cal, que ayuden a un mejor entendimiento y posterior comparación de los resultados.

3.7. Aspectos éticos

Principio de autonomía

La presente investigación, los datos de laboratorio y resultados que se obtengan, son de autoría única y exclusivamente del tesista Yoel Miguel Atao Huaman, por lo que se excluyen a otras personas como parte del presente proyecto de tesis.

Principio de beneficencia

Se buscará siempre el bienestar de todos los involucrados en el presente proyecto de tesis, a pesar de que no se aplique a una zona específica que implique una mejorar la calidad de vida de las personas, a pesar de ello se buscará siempre el beneficio hacia los demás y la equidad.

Principio de competencia profesional y científica

El principal involucrado en el presente proyecto de tesis, es decir el autor Yoel Miguel Atao Huaman, tiene la capacidad, preparación y los estudios académicos necesarios para el buen desarrollo de la presente investigación, que incluye la selección de los materiales, los ensayos de laboratorio y la redacción final del informe de tesis.

Principio de cuidado con el medio ambiente

Este principio enmarca el presente proyecto de tesis como una investigación que aportará desde el punto de vista ambiental, ya que al emplear estabilizadores químicos (cemento y cal) para la subrasante de la zona de estudio, se lograrán menores movimientos de tierras en comparación con la extracción de grandes cantidades de material de préstamos provenientes de canteras.

Principio de justicia

Bajo este principio, el autor del presente proyecto de tesis, se compromete a dar un trato igualitario a todos los involucrados sin exclusiones de sexo, raza, religión y/o condición social, durante toda la etapa de ejecución de la presente investigación.

Principio de no maleficencia

El proyecto de tesis se enmarca en el análisis riesgo/beneficio ya que se respetará la integridad física y psicológica de todos los involucrados en el desarrollo de la presente investigación.

IV. RESULTADOS

A partir del **primer objetivo específico**, se tuvo la determinación del comportamiento mecánico de la subrasante entre los pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas. Para lograr estos resultados se aplicó la clasificación granulométrica del suelo, destacando un suelo del tipo arcilloso con presencia de finos, luego la densificación del suelo mediante el ensayo Proctor Modificado y por último la relación de soporte de California (CBR) a cinco muestras representativas de la zona de estudio, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Valores del comportamiento mecánico del suelo sin estabilizar

Calicata	Tipo de suelo		Máxima densidad seca (gr/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)	CBR al 95% de penetración 0.1"
	SUCS	AASHTO			
C-1	ML	A-4	2.005	10.35	5.23
C-2	CL	A-6	2.125	10.68	5.05
C-3	CL	A-6	2.105	10.58	4.87
C-4	CL-ML	A-4	2.019	9.81	4.31
C-5	CL-ML	A-4	2.066	9.05	4.76

Los valores obtenidos en la tabla 1, muestran que en el suelo de este sector predomina el material fino, por ende al clasificarse el suelo por lo general malo, le corresponde un CBR de subrasante insuficiente (CBR menor a 6.00%).

De acuerdo al **segundo objetivo específico**, se obtuvo como resultado el análisis del comportamiento mecánico de la subrasante estabilizada con cemento entre los pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, los cuales se muestran en la tabla 2. Así mismo estos valores que se muestran en la tabla 2, se establecieron en función a la óptima cantidad de cemento, según las especificaciones del MTC (2013), pues indica que la mínima cantidad de cemento que se debe incorporar al suelo debe definirse en función a la resistencia requerida de 18 Kg/cm². Por otro lado, cabe destacar los CBR alcanzados, los cuales lograron mejorar la subrasante, catalogando para este caso como buena.

Tabla 2*Valores del comportamiento mecánico del suelo con cemento*

Calicata	Cantidad óptima de cemento para estabilización (%)	Resistencia a la compresión alcanzada (Kg/cm ²)	Máxima densidad seca (gr/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)	CBR al 95% de penetración 0.1"
C-1	12.00%	19.78	1.998	10.17	14.40
C-2	11.00%	18.66	2.006	9.77	13.83
C-3	11.00%	20.70	2.045	9.68	14.14
C-4	12.00%	19.78	2.056	9.91	16.79
C-5	12.00%	18.97	2.081	10.11	17.06

Según el **tercer objetivo específico**, se tuvieron los resultados a partir de la determinación del comportamiento mecánico de la subrasante estabilizada con cal entre los pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, los cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3*Valores del comportamiento mecánico del suelo con cal*

Calicata	Cantidad óptima de cal para estabilización (%)	Porcentaje de pH requerido (%)	Máxima densidad seca (gr/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)	CBR al 95% de penetración 0.1"
C-1	8.00%	12.40	2.155	11.01	11.21
C-2	7.00%	12.40	2.053	10.89	12.05
C-3	8.50%	12.40	2.024	10.35	11.34
C-4	9.50%	12.40	2.063	10.25	11.83
C-5	8.50%	12.40	2.055	10.15	11.17

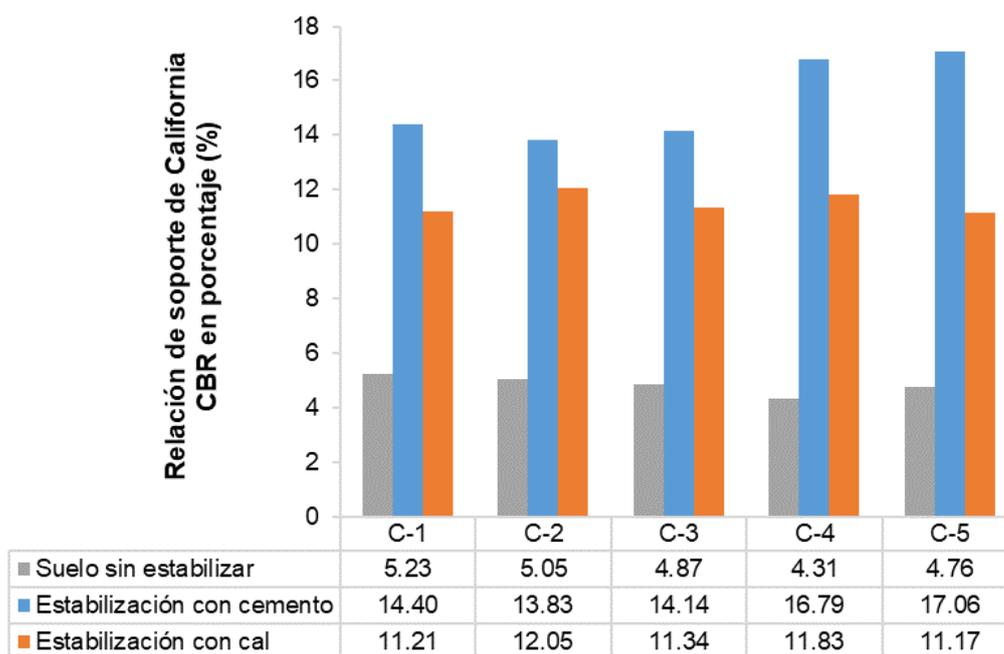
Estos valores que se muestran en la tabla 3, se establecieron en función a la óptima cantidad de cal, que según la norma de la ASTM (2019) indica que la óptima cantidad de cal que se debe agregar al suelo debe ser para un pH de 12.40%, es decir, esto se aplicó a cada una de las muestras, por lo que se determinó los óptimos contenidos de cal en cada calicata. Al igual que la estabilización aplicada con cemento, se logró en este caso también mejorar

significativamente la subrasante con la adición de cal, por lo que se clasificaría la subrasante como buena.

En cuanto al **cuarto objetivo específico**, se tuvo como resultado la comparación del comportamiento mecánico del suelo de subrasante estabilizado con cemento y con cal, correspondiente al tramo ubicado entre los pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, tal como se detalla en la figura 1. Se muestra además que existe una variación de más de 3% de los valores de CBR de la subrasante estabilizada con cal respecto a la estabilizada con cemento, esto efecto es debido principalmente a que el cemento le otorga mayor rigidez al suelo en cuanto a la cal.

Figura 1

Comparación de comportamiento mecánico de suelo estabilizado



Respecto al **quinto objetivo específico**, se tuvo como resultado la evaluación técnico-económica de la estabilización de la subrasante; para el caso del cemento la estabilización llegó a un máximo del 12%, mientras que la adición máxima de cal fue de 9.50%, con estas dos soluciones a nivel técnico se consideró analizar los costos que permitieron establecer cual de las dos opciones es la mejor para el

tramo ubicado entre los pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas.

Se muestra en la tabla 4 el desagregado de costos por metro cúbico de estabilización con cemento y en la tabla 5 para la estabilización con cal.

Tabla 4:

Costos por metro cúbico de estabilización con cemento

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Cemento	Bolsa	2.50	30.00	75.00
Agua	m3	0.10	15.00	1.50
Total				76.50

Tabla 5:

Costos por metro cúbico de estabilización con cal

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Cal	m3	0.05	400.00	20.00
Agua	m3	0.10	15.00	1.50
Total				21.50

Como se puede notar el costo total de la estabilización con cemento con respecto a la cal, difieren en S/ 55.00 soles, es decir existe una variación de 3.50 veces, por lo que la mejor elección sería la estabilización con cal, pues como se muestra en la figura 1, los valores de la relación de soporte (CBR) de la estabilización con cal fueron mucho mayores que los del suelo natural.

V. DISCUSIÓN

Los suelos con alta plasticidad y alto potencial de hinchamiento experimentan grandes cambios de volumen en presencia de cambios inestables en el contenido de agua, sobre todo si su aplicación va a ser en subrasantes de pavimentos (Ünver et al., 2022), debido ello al ser el suelo de la zona estudiada del tipo arcilloso con alta presencia de finos, es necesario estabilizarlo; ya que la expansión resultante da lugar a daños en los pavimentos y/o estructuras ligeras con dicho subsuelo.

Según el **primer objetivo específico**, se determinó el comportamiento mecánico de la subrasante entre los pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, cuyos valores obtenidos se establecieron en concordancia con la norma del MTC (2013); así mismo la citada norma presenta un rango de clasificación de subrasante a partir del CBR, en tal sentido y con los valores obtenidos en la presente tesis de investigación que son menores al 6%, se deduce que el tramo de estudio corresponde a una subrasante insuficiente.

A partir de este criterio se infiere que el rendimiento del futuro pavimento se atribuirá en gran medida a la calidad de todos los materiales que lo conforman internamente, tal como lo afirman Majumder y Venkatraman (2022); por lo señalado se requiere estabilizar la subrasante con algún material que eleve la capacidad de soporte del suelo; en tanto las mejores alternativas que podrían lograr esta óptima estabilización serían el cemento y la cal (Sahoo y Prasad-Singh, 2022).

Otro aspecto importante es que los suelos arcillosos son conocidos por su sensibilidad al agua, lo que provoca daños irreparables en cualquier estructura construida sobre este tipo de suelo, por ejemplo los pavimentos (Pushpakumara y Mendis, 2022); ya que en este caso se está hablando de la subrasante, y pues para evitar este problema, es necesario utilizar varios métodos de mejora y estabilización, como el tratamiento con cemento y cal, además este proceso se ha utilizado in situ con gran éxito durante décadas (Bessaim et al., 2018).

En concordancia al **segundo objetivo específico**, el análisis del comportamiento mecánico de la subrasante estabilizada con cemento entre los pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, estuvo de acuerdo con los lineamientos requeridos para la estabilización de suelos con incorporación de cemento del MTC (2013). Otro aspecto importante que también señala la norma es que dicha incorporación se debe realizar con adiciones en porcentajes y pues así los procedimientos aplicados para lograr tal fin estuvieron en la misma línea de lo aplicado por Becerra y Herrera (2019) es decir al haber una alta probabilidad de expansión de este tipo de suelo, se puede mejorar su CBR agregando estabilizadores químicos como cal y/o cemento, pues como afirma Ünver et al., (2022) para construir una carretera en una subrasante expansiva, la subrasante debe estabilizarse para satisfacer los requisitos mínimos de las normas de carreteras propias de la zona de estudio, siendo en este caso el Perú.

Otro caso evaluado por Ifediniru y Ekeocha (2022); Pateriya et al. (2022) identificaron que un porcentaje óptimo de cemento para la estabilización de un suelo tipo arcilloso con presencia de finos, es de 10%, el cual es un valor muy cercano al establecido en la presente tesis de investigación, ya que el valor mínimo fue de 11%, lo cual sustenta significativamente el valor encontrado.

Se discute el **tercer objetivo específico**, a partir de la determinación del comportamiento mecánico de la subrasante estabilizada con cal entre los pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, cuyos resultados obtenidos lograron cuantificar en cada muestra de suelo (calicata) los CBR del suelo de subrasante estabilizado, tomando como sustento técnico la norma del MTC (2013) y la ASTM D6276-19 del ASTM (2019), los cuales mencionan que el óptimo contenido de cal en cada caso evaluado debe estar en función del potencial de hidrógeno (pH) de la muestra ensayada de suelo con presencia de la cal adicionada.

En ese contexto la adición de la cal genera diversas reacciones fisicoquímicas en el suelo tales como reacciones de intercambio catiónico y puzolánicas las cuales son en gran parte responsables de la mejora del suelo en cuestión (Bessaim et

al., 2018; Silvani et al., 2022), por lo que la presente tesis de investigación estuvo de acorde con lo planteado por estos investigadores, ya que se muestra un estudio sobre la variación de las propiedades de los suelos de subrasante con la adición de cal viva en diferentes porcentajes, por lo general entre 11% y 12%, y el pH puede ser considerado como un parámetro relevante que permite una mejor comprensión de las reacciones internas que ocurren en el suelo. Además, como afirman Bessaim et al. (2018) se puede encontrar que la adición de cal aumenta el pH del suelo, lo que permite activar reacciones puzolánicas que tienden a estabilizar el suelo en cuestión mediante la formación de compuestos cementosos.

En ese contexto, la presente investigación discrepa en cuanto a los resultados obtenidos por Soltani et al. (2022), pues los investigadores sostienen que un 5% de cal para estabilizar el suelo es el óptimo, sin embargo, en esta tesis los valores de estabilización con cal estuvieron por encima del 7%, por lo que se deduce que al ser el suelo arcilloso un material fino y variable de humedad, puede provocar alteraciones en el pH, por ende es necesario ejecutar adecuadamente los ensayos de laboratorio para un mejor control de los valores óptimos, así mismo Fiskvik-Bache et al. (2022) afirma que otro parámetro influyente en esta condición es la temperatura, por lo que también no debería descartarse su evaluación futura.

Con respecto al **cuarto objetivo específico**, se discute la comparación del comportamiento mecánico de la subrasante estabilizada con cemento y cal entre los pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, los cuales estuvieron en función de los valores del CBR del suelo natural, respecto al suelo estabilizado con cemento y con cal. Esta comparación como señalan Becerra y Herrera (2019) era de esperarse que la adición de cemento para estabilizar un suelo es mucho mejor que la cal u otro agente químico externo, ya que el principal potencial del cemento que otorga al suelo es la rigidez, logrado así elevar la relación de soporte de la subrasante, pues sus resultados que alcanzaron, determinaron que el CBR del suelo natural al incorporarle cemento triplicó la resistencia a los 7 días, tal y como lo acontecido en la presente tesis de

investigación; no obstante, para Di Sante et al. (2022) afirman que se puede lograr cierta rigidez en el suelo hasta con un 3% de cal adicionado al suelo con fines de estabilización, no obstante en la presente tesis los valores de porcentaje de cal que al estar por encima de 7.00% no otorgarían rigidez a la muestras.

Otros autores como Maghomi et al (2022) manifiestan que un porcentaje de 8% de cemento es el óptimo para mejorar el CBR del suelo natural, sin embargo lo indicado por estos investigadores no concuerda con el porcentaje óptimo de cemento, pues en la presente tesis fue entre 11% a 12%, logrando buenos resultados en comparación al CBR del suelo natural.

Finalmente mediante el **quinto objetivo específico**, se evaluó el costo total de la estabilización con cemento con respecto a la cal, existiendo una variación de 3.50 veces, por lo que la mejor elección sería la estabilización con cal, pues los valores de la relación de soporte (CBR) de la estabilización con cal fueron mucho mayores que los del suelo natural, por ende la subrasante calificará como buena, esto en concordancia con lo señalado por el MTC (2014).

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó el comportamiento mecánico de la subrasante del tramo comprendido entre los pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, el cual permitió establecer que el suelo es del tipo arcilloso con presencia de arenas y finos para las cinco muestras ensayadas; en tanto, los CBR en todas las muestras ensayadas estuvieron por debajo de 5.23%, con lo que se concluye en que la subrasante es insuficiente y se requiere estabilizarla.
2. Se analizó el comportamiento mecánico de subrasante estabilizada con cemento correspondiente al tramo entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, el cual cuantificó la cantidad de cemento requerido en un mínimo de 11% y un máximo de 12%, los cuales se evaluaron en función a la resistencia mínima requerida de 18 Kg/cm², concluyéndose en que los CBR del suelo estabilizado con cemento lograron un mínimo de 13.83% y un máximo de 17.06%, por lo que la subrasante calificará en este caso como buena.
3. Se determinó el comportamiento mecánico de subrasante estabilizada con cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, mediante la aplicación y control del pH en cada una de las muestras, por lo que el porcentaje óptimo de cal varió entre 7.00% a 9.50%, los cuales estuvieron en relación al pH máximo de 12.40%, por lo que se concluye en que los CBR del suelo estabilizado con cal lograron un mínimo de 11.17% y un máximo de 12.05%, por lo señalado la subrasante calificará como buena.
4. Se realizó la comparación del comportamiento mecánico de la subrasante sin estabilización respecto a la estabilizada con cemento y con cal, en el tramo comprendido entre los pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, mediante el análisis de los valores de CBR de cada muestra, concluyéndose en que la incorporación de cemento de hasta un 12% es la mejor opción técnica para estabilizar la subrasante.
5. Se evaluó la mejor alternativa técnico-económica de la estabilización de subrasante con cemento y con cal para el tramo comprendido entre los pueblos

Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas, concluyéndose en que a pesar de que la adición de cemento es la mejor en cuanto a la estimación de un mejor CBR de la subrasante estabilizada, la cal ofrece costos más rentables y además con este último material incorporado en el suelo mantiene la condición deseada de la subrasante como buena, lo que facilitaría la posibilidad de construir un pavimento sin mayores inconvenientes en la zona de estudio.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear otros tramos de estudios y tipos de suelos de subrasantes, respecto a los analizados en la presente tesis, esto con fines de evaluar sus CBR y las posibilidades de elegir otros métodos de estabilización.
2. Se recomienda evaluar in situ el desempeño de la adición del cemento como estabilizador de la subrasante en la zona de estudio, esto ayudará a validar los resultados que se han obtenido en laboratorio y así mismo servirá como referencia para conocer si las resistencias a la compresión alcanzadas a los 7 días son las adecuadas para este tipo de estabilización.
3. Se recomienda evaluar in situ el desempeño de la adición de cal como estabilizador de la subrasante en la zona de estudio, esto ayudará a validar los resultados que se han obtenido en laboratorio y así mismo servirá como referencia para conocer si el valor del pH de 12.40% es el óptimo para determinar el porcentaje de cal adecuado para este tipo de estabilización.
4. Se recomienda comparar las relaciones de soporte de la subrasante estabilizado tanto con cemento y con cal in situ, que en cierta medida ayuden a corroborar los hallazgos de esta tesis de investigación.
5. Se recomienda plantear el uso de otros materiales tanto de origen químico como natural para estabilizar un suelo de bajo CBR, es decir valores de relación de soportes menores a 6.00%, y esto ayudaría a generar una mayor comparación en cuanto al desempeño del CBR y costos para la estabilización, cuya finalidad principal es la de considerar la mejor alternativa técnica-económica.

REFERENCIAS

- Angulo, M., & Zavaleta, C. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas como capa de rodadura en la Prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan - Maynas Iquitos, 2019*. Tesis para optar el título profesional de ingeniera civil, Universidad Científica del Perú, Programa Académico de Ingeniería Civil, Iquitos. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1220>
- ASTM (2019). Norma ASTM D6276-19: Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization. Norma, American Society for Testing and Materials, Estados Unidos. Obtenido de www.doi.org/10.1520/d6276-19
- Becerra, A., & Herrera, A. (2019). *Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna; Lambayeque. 2018*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Señor de Sipán, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Pimentel. Obtenido de repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6119
- Behnood, A. (2018). Soil and clay stabilization with calcium- and non-calcium-based additives: A state-of-the-art review of challenges, approaches and techniques. *Transportation Geotechnics*, 17, 14-32. doi:10.1016/j.trgeo.2018.08.002
- Bessaim, M., Bessaim, A., Missoum, H., & Bendani, K. (2018). Effect of quick lime on physicochemical properties of clay soil. *MATEC Web of Conferences*, 149. doi:10.1051/mateconf/201714902065
- Cai, Y., Xu, L., Liu, W., Shang, Y., Su, N., & Feng, D. (2020). Field test study on the dynamic response of the cement-improved expansive soil subgrade of a heavy-haul railway. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 128. doi:10.1016/j.soildyn.2019.105878
- Coban, H., & Cetin, B. (2022). Suitability assessment of using lime sludge for subgrade soil stabilization. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 34(3). doi:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004122
- Di Sante, M., Bernardo, D., Bellezza, I., Fratolocchi, E., & Mazzieri, F. (2022). Linking small-strain stiffness to development of chemical reactions in lime-treated soils. *Transportation Geotechnics*, 34. doi:10.1016/j.trgeo.2022.100742
- Fiskvik-Bache, B., Wiersholm, P., Paniagua, P., & Emdal, A. (2022). Effect of temperature on the strength of lime-cement stabilized norwegian clays. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 148(3). doi:10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002699

- Gadouri, H., Harichane, K., & Ghrici, M. (2019). Assessment of sulphates effect on pH and pozzolanic reactions of soil–lime–natural pozzolana mixtures. *International Journal of Pavement Engineering*, 20(7), 761-774. doi:10.1080/10298436.2017.1337119
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana Editores. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>
- Ifediniru, C., & Ekeocha, N. (2022). Performance of cement-stabilized weak subgrade for highway embankment construction in Southeast Nigeria. *International Journal of Geo-Engineering*, 13(1). doi:10.1186/s40703-021-00166-z
- Kamiloglu, H., & Turan, H. (2022). An investigation of the effect of curing temperature on the deformation characteristics of the stabilized soil layers treated with lime and tuff wastes with response surface method. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, 13(4), 1-12. doi:10.1007/s40996-021-00697-6
- Liu, H., Zhao, J., Wang, Y., Yi, N., & Cui, C. (2021). Strength performance and microstructure of calcium sulfoaluminate cement-stabilized soft soil. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1-12. doi:10.3390/su13042295
- López, J., & Ortíz, G. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay*. Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería, Apurímac. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/152>
- Maghomi, A., Bakhtiari, M., & Heidari, M. (2022). Stabilization and improvement soils characteristics using natural and industrial additives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81(5). doi: 10.1007/s10064-022-02715-x
- Majumder, M., & Venkatraman, S. (2022). Utilization of the lime as subgrade stabilizer in the pavement construction. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(4), 4929-4942. doi:10.1007/s13369-021-06291-2
- Mahedi, M., Cetin, B., & White, D. (2020). Cement, lime, and fly ashes in stabilizing expansive soils: Performance evaluation and comparison. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(7). doi:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003260
- Mahmood, A., Hassan, R., & Fouad, A. (2019). Effect of lime, cement, and lime-cement stabilisation on low to medium plasticity clayey soil. *2019 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering, CSDE 2019*. doi:10.1109/CSDE48274.2019.9162384

- Marin, K., & Cieza, R. (2021). *Comportamiento mecánico de los suelos dispersivos tropicales, estabilizados con cemento Pórtland, en la zona urbana del distrito de Pilluana, provincia de Picota y Región San Martín - 2020*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Científica del Perú, Programa Académico de Ingeniería Civil, Tarapoto. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1278>
- Moale, A., & Rivera, E. (2019). *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Programa Académico de Ingeniería Civil, Lima. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648846>
- Mohamedzein, Y., Hassan, H., & Al-Hashmi, K. (2022). Effect of cement-by-pass dust stabilized-expansive soil subgrade on pavement rutting. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1). doi:10.1007/s41062-021-00663-1
- MTC (2013). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. Manual, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Lima. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construccion%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construccion%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20)
- MTC (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos. Manual, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Lima. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf
- Pateriya, A., Robert, D., Dharavath, K., & Soni, S. (2022). Stabilization of marble wastes using cement and nano materials for subgrade applications. *Construction and Building Materials*, 326. doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.126865
- Paul, D., & Azmain, M. (2022). Case study on applications of lime–cement grouting to strengthen soil characteristics. *Indian Geotechnical Journal*, 52(1), 181-204. doi: 10.1007/s40098-021-00528-5
- Phan, N., Hayano, K., Mochizuki, Y., & Yamauchi, H. (2021). Mixture design concept and mechanical characteristics of PS ash–cement-treated clay

- based on the water absorption and retention performance of PS ash. *Soils and Foundations*, 61(3), 692-707. doi:10.1016/j.sandf.2021.02.006
- Pooni, J., Robert, D., Giustozzi, F., Setunge, S., Xie, Y., & Xia, J. (2020). Novel use of calcium sulfoaluminate (CSA) cement for treating problematic soils. *Construction and Building Materials*, 260. doi:10.1016/j.conbuildmat.2020.120433
- Pooni, J., Robert, D., Giustozzi, F., Setunge, S., Xie, Y., & Xia, J. (2022). Performance evaluation of calcium sulfoaluminate as an alternative stabilizer for treatment of weaker subgrades. *Transportation Geotechnics*, 27. doi: 10.1016/j.trgeo.2020.100462
- Pushpakumara, B., & Mendis, W. (2021). Suitability of Rice Husk Ash (RHA) with lime as a soil stabilizer in geotechnical applications. *International Journal of Geo-Engineering*, 13(1). doi: 10.1186/s40703-021-00169-w
- Rodriguez, V., & Silva, J. (2019). *Estabilización de suelos adicionando cemento Portland tipo 1 mas cal hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado Alto Trujillo, El Porvenir - La Libertad*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5553>
- Russo, G. (2019). Microstructural investigations as a key for understanding the chemo-mechanical response of lime-treated soils. *Rivista Italiana di Geotecnica*, (1), 100-114. doi:10.19199/2019.1.0557-1405.100
- Sahoo, S., & Prasad-Singh, S. (2022). Strength and durability properties of expansive soil treated with geopolymer and conventional stabilizers. *Construction and Building Materials*, 328. doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.127078
- Samatha-Chowdary, P., & Rama-Rao, M. (2019). Macro and micro level investigation of strength enhancement of expansive soil stabilized with lime and cement using stone dust as additive. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(6C2), 692-699. Obtenido de <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v7i6c2/F11280476C219.pdf>
- Silvani, C., Ibraim, E., Scheuermann, H., Festugato, L., Diambra, A., & Consoli, N. (2022). Sand-fly ash-lime blends: mechanical behavior under multiaxial stress condition. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 34(5). doi:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004199
- Soltani, A., Taheri, A., Deng, A., & O'Kelly, B. (2022). Stabilization of a highly expansive soil using waste-tire-derived aggregates and lime treatment. *Case Studies in Construction Materials*, 16. doi:10.1016/j.cscm.2022.e01133

- Tacca, J. (2021). *Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de evitamiento, Abancay - Apurímac, 2021*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Apurímac. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58189>
- Ünver, I., Lav, M., Cxokcxa, E., & Baykal, G. (2022). Evaluation of the curing time effect on the swelling, unconfined strength and resilient modulus of an expansive soil improved with hydrated lime. *Transportation Research Record*, 2676(4), 76-89. doi: 10.1177/036119812111057053
- Vitale, E., Deneele, D., & Russo, G. (2021). Effects of carbonation on chemo-mechanical behaviour of lime-treated soils. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80(3), 2687-2700. doi:10.1007/s10064-020-02042-z
- Zhang, X., & Zhu, Z. (2020). Microscopic mechanism of cement improving the strength of lime-fly ash-stabilized yellow river alluvial silt. *Advances in Civil Engineering*, 2020. doi:10.1155/2020/9649280

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de operacionalización de la variable dependiente.

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad del indicador	Escala de medición
Comportamiento mecánico de subrasante	Es una propiedad fundamental de los suelos, siendo en este caso la subrasante, de desarrollar una reacción frente a las cargas externas, permitiendo la estabilidad de las demás capas superiores, sobre todo en aplicaciones para pavimentos (Marin y Cieza, 2021) .	El comportamiento mecánico de la subrasante es el desempeño del terreno natural ante la acción de solicitaciones externas, las cuales son establecidas en función al tipo de suelo y su relación de soporte (CBR).	Propiedades físicas	Granulometría	mm	De razón
				Límites de Atterberg	%	De razón
				Máxima densidad seca	gr/cm ³	De razón
				Óptimo contenido de humedad	%	De razón
			Propiedades mecánicas	Relación de soporte de California (CBR)	%	De razón

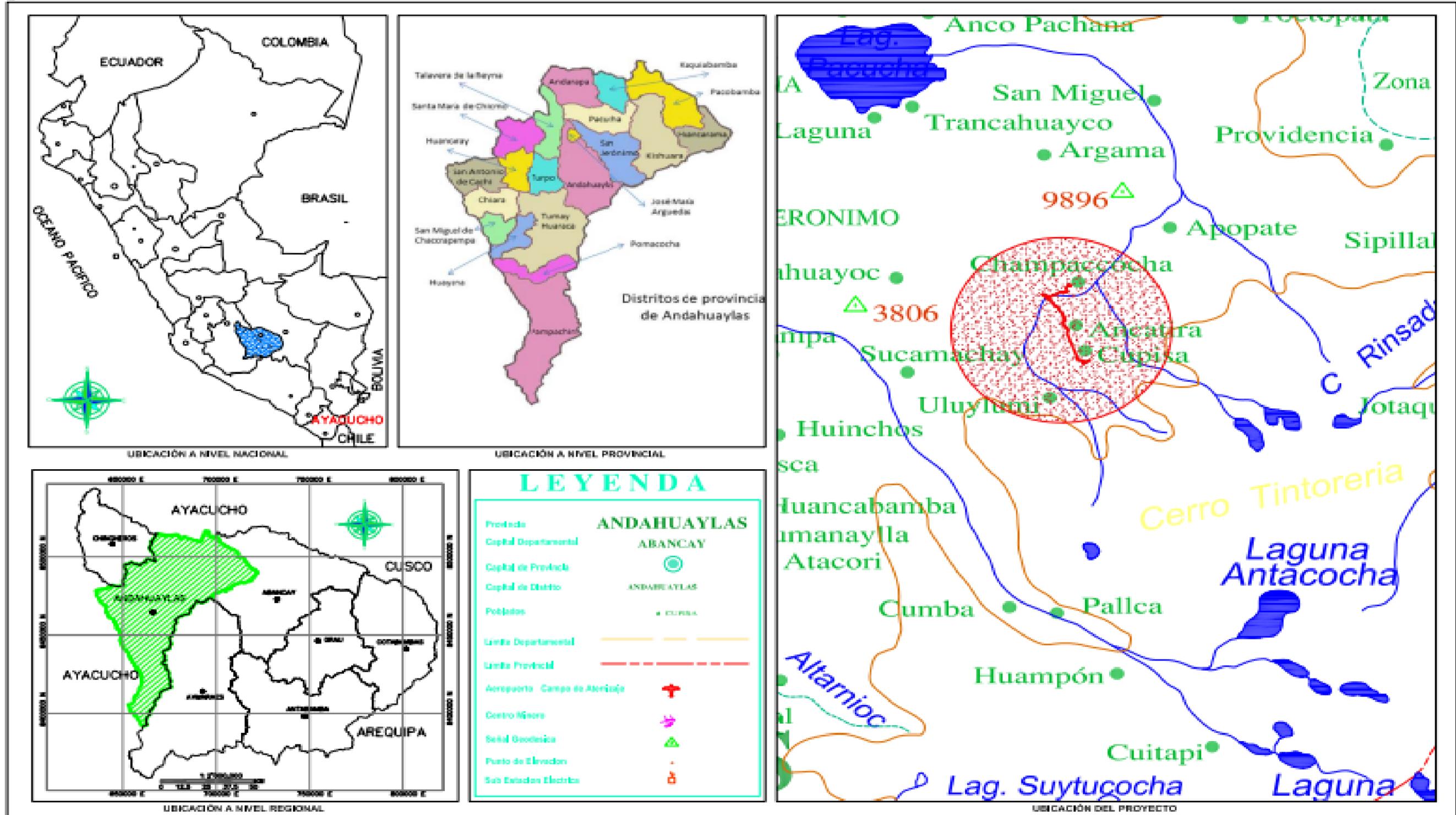
Anexo N°2: Matriz de operacionalización de la variable independiente 1.

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad del indicador	Escala de medición
Estabilización con cemento	Es el proceso de obtención de mejoramiento del suelo mediante la mezcla con cemento y agua en porcentajes, curado y compactación óptimos, los cuales se establecen en función a la resistencia a la compresión requerida, el CBR y el tiempo (Phan et al., 2021)	Consiste en la mezcla del suelo a estabilizar con dosificaciones de cemento y agua óptimas, las cuales son evaluadas en función a la resistencia a la compresión, la duración y la relación de soporte.	Granulometría	Tamaño máximo nominal	mm	De razón
			Dosificación	Porcentaje	%	De razón
			Máxima densidad seca	Densidad	gr/cm3	De razón
			Óptimo contenido de humedad	Humedad	%	De razón
			Resistencia a la compresión	Compresión	Kg/cm2	De razón
			Relación de soporte de California (CBR)	Resistencia	%	De razón

Anexo N°3: Matriz de operacionalización de la variable independiente 2.

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad del indicador	Escala de medición
Estabilización con cal	Es el proceso de obtención de mejoramiento del suelo mediante la mezcla con cal viva o hidratada y agua en porcentajes, curado y compactación óptimos, los cuales se establecen a partir del potencial de hidrógeno, el CBR y el tiempo (Liu et al., 2021)	Es un proceso mediante el cual se transforman químicamente las partículas del suelo con la cal, creando una estructura relativamente impermeable con mayor capacidad de resistencia, la cual es evaluada mediante el CBR, el porcentaje óptimo de cal y el nivel de potencial de hidrógeno (ph)	Granulometría	Tamaño máximo nominal	mm	De razón
			Potencial de hidrógeno (ph)	Alcalinidad	%	De razón
			Dosificación	Porcentaje	%	De razón
			Máxima densidad seca	Densidad	gr/cm ³	De razón
			Óptimo contenido de humedad	Humedad	%	De razón
			Relación de soporte de California (CBR)	Resistencia	%	De razón

ANEXO N°4: Plano de Ubicación General.



		TÍTULO: "Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cuzpiza, San Jerónimo, Andahuaylas 2022"	
PLANO: Ubicación General	DISEÑO CIVIL: A.H.Y.M.	UG-01	
TEGISTRO: Alan Huaman, Yael Miguel	FECHA: Julio de 2022		
UBICACIÓN: Champacocha - Cuzpiza, San Jerónimo, Andahuaylas	ESCALA: Indicado		

Anexo N°6: Ensayos de Laboratorio



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha de ensayo : Abril de 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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-1

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg.	
N° Tamiz	Apertura (mm)	% Acumulados			
		Retenido	Que pasa		
3"	75.000	0.00	100.00	Límite líquido (LL)	28.35 (%)
2"	50.000	0.00	100.00	Límite Plástico (LP)	23.08 (%)
1 1/2"	37.500	0.00	100.00	Índice Plástico (IP)	5.27 (%)
1"	25.000	1.70	98.30		
3/4"	19.000	2.80	97.40		
1/2"	12.500	4.00	96.00		
3/8"	9.500	5.90	94.10		
1/4"	6.300	8.40	91.60		
N° 4	4.750	10.70	89.30		
N° 10	2.000	17.50	82.50		
N° 20	0.850	21.70	78.30		
N° 40	0.425	26.50	73.50		
N° 50	0.300	30.40	69.60		
N° 100	0.150	34.20	65.80	Clasificación (S.U.C.S.) ML Descripción del suelo Limo arenoso de baja plasticidad	
N° 200	0.075	37.80	62.20		
Distribución granulométrica				Clasificación (AASHTO) A-4	
% Grava	G.G. %	2.80	10.70	REGULAR-MALO	
	G.F. %	8.10			
% Arena	A.S. %	6.80			
	A.M. %	9.00			
	A.F. %	11.30			
% Arcilla y Limo		62.20	62.20		
Total			100.00		

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCCION ENCIVAL S.A.C.
Yoel Miguel Huaman Atao
GERENTE GENERAL

Yerónica Luque Sallica
ICPE LABORATORIO

G.A.S.
GUILLERMO GUSTAVO ARIEL CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 109897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

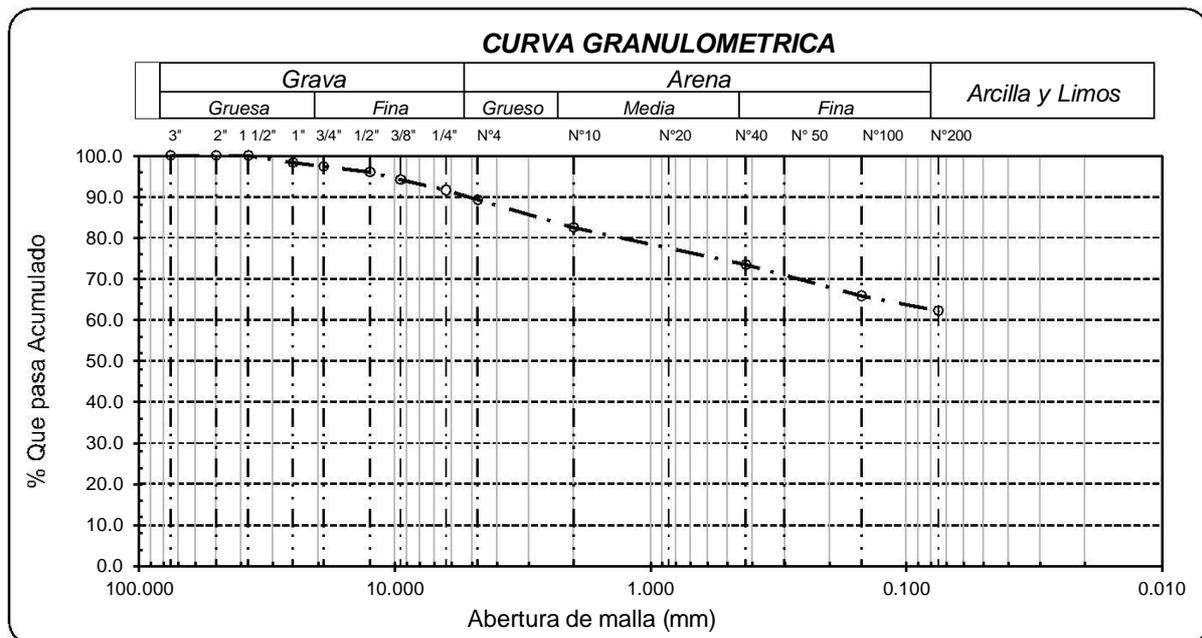
Fecha de ensayo : Abril de 2022

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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-1

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullca
Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

G. A. G.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Human, Yoel Miguel

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha de ensayo : Abril de 2022

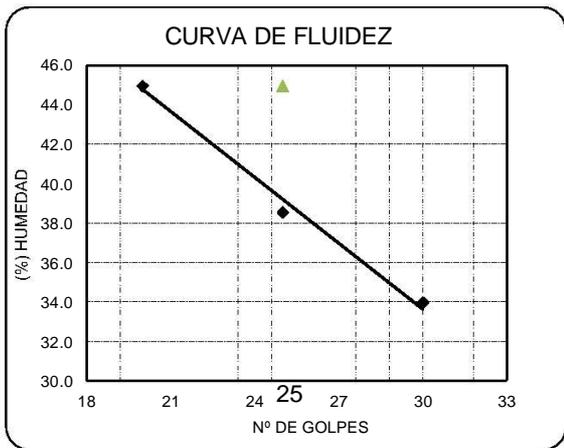
Ensayo : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-2

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg.	
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados			
		Retenido	Que pasa		
3"	75.000	0.00	100.00	Límite líquido (LL)	39.13 (%)
2"	50.000	0.00	100.00	Límite Plástico (LP)	23.08 (%)
1 1/2"	37.500	3.00	97.00	Índice Plástico (IP)	16.05 (%)
1"	25.000	5.60	94.40		
3/4"	19.000	7.80	92.20		
1/2"	12.500	9.50	90.50		
3/8"	9.500	13.10	86.90		
1/4"	6.300	15.00	85.00		
Nº 4	4.750	15.80	84.20		
Nº 10	2.000	20.40	79.60		
Nº 20	0.850	23.60	76.40		
Nº 40	0.425	29.10	70.90		
Nº 50	0.300	30.90	69.10		
Nº 100	0.150	33.70	66.30		
Nº 200	0.075	37.90	62.10		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	7.80	15.80	Clasificación (S.U.C.S.)	
	G. F %	8.00		CL	
% Arena	A.G %	4.60	Descripción del suelo Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava		
	A.M %	8.70			
	A.F %	8.80			
% Arcilla y Limo		62.10	62.10	Clasificación (AASHTO)	
Total			100.00	MALO	



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ABRIOCA GARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

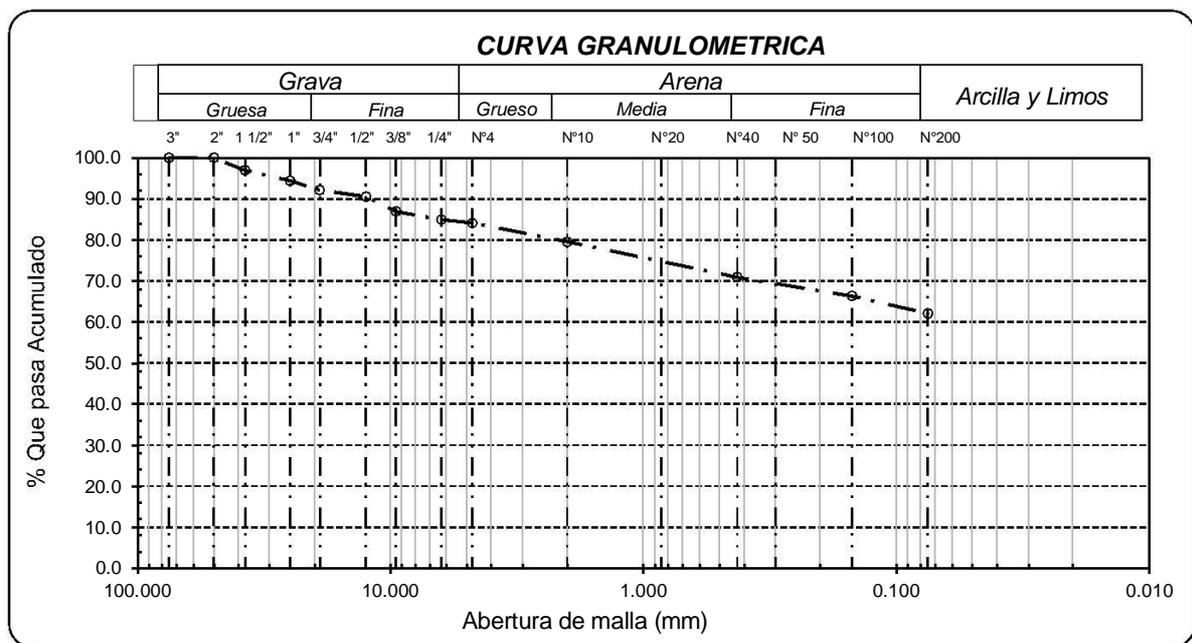
Fecha de ensayo : Abril de 2022

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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-2

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha de ensayo : Abril de 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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-3

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg.			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados					
		Retenido	Que pasa				
3"	75.000	0.00	100.00	Límite líquido (LL)	38.77 (%)		
2"	50.000	0.00	100.00	Límite Plástico (LP)	23.08 (%)		
1 1/2"	37.500	1.70	98.30	Índice Plástico (IP)	15.69 (%)		
1"	25.000	3.10	96.90				
3/4"	19.000	6.50	93.50				
1/2"	12.500	8.90	91.10				
3/8"	9.500	12.30	87.70				
1/4"	6.300	15.00	85.00				
Nº 4	4.750	17.20	82.80				
Nº 10	2.000	21.60	78.40				
Nº 20	0.850	24.60	75.40				
Nº 40	0.425	29.20	70.80				
Nº 50	0.300	31.90	68.10				
Nº 100	0.150	35.20	64.80				
Nº 200	0.075	40.70	59.30				
Distribución granulométrica						Clasificación (S.U.C.S.)	
% Grava	G.G. %	6.50	17.20			CL	
	G.F. %	10.70					
% Arena	A.G. %	4.40	23.50	Descripción del suelo Arcilla arenosa de baja plasticidad con grava			
	A.M. %	7.60					
	A.F. %	11.50					
% Arcilla y Limo		59.30	59.30	Clasificación (AASHTO)			
Total		100.00		A-6			
				MALO			

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
 JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

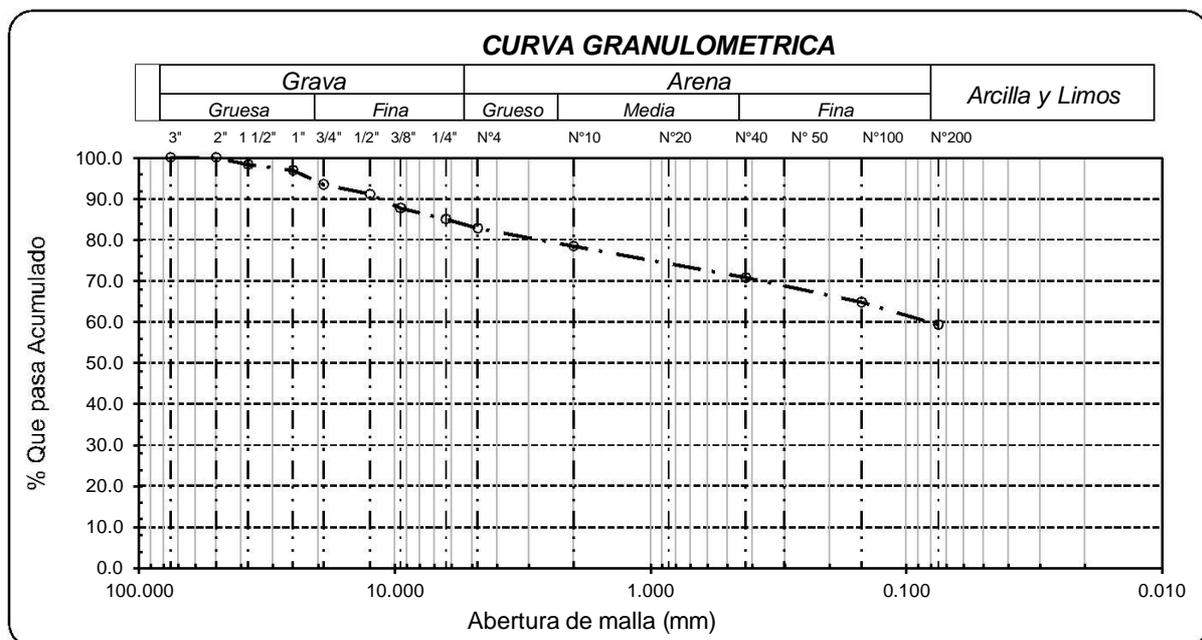
Fecha de ensayo : Abril de 2022

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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-3

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ARROLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha de ensayo : Abril de 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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-4

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg.			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados					
		Retenido	Que pasa				
3"	75.000	0.00	100.00	Límite líquido (LL)	24.82 (%)		
2"	50.000	0.00	100.00	Límite Plástico (LP)	20.78 (%)		
1 1/2"	37.500	0.00	100.00	Índice Plástico (IP)	4.04 (%)		
1"	25.000	0.00	100.00				
3/4"	19.000	0.00	100.00				
1/2"	12.500	3.80	96.20				
3/8"	9.500	6.90	93.10				
1/4"	6.300	11.10	88.90				
Nº 4	4.750	13.10	86.90				
Nº 10	2.000	20.70	79.30				
Nº 20	0.850	30.00	70.00				
Nº 40	0.425	32.90	67.10				
Nº 50	0.300	34.70	65.30				
Nº 100	0.150	41.40	58.60				
Nº 200	0.075	47.50	52.50				
Distribución granulométrica						Clasificación (S.U.C.S.)	
% Grava	G.G. %	0.00	13.10			CL-ML	
	G.F. %	13.10					
% Arena	A.G. %	7.60	34.40	Descripción del suelo Arcilla limo arenoso de baja plasticidad			
	A.M. %	12.20					
	A.F. %	14.60					
% Arcilla y Limo		52.50	52.50			Clasificación (AASHTO)	
Total		100.00		A-4			
				REGULAR-MALO			

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
 JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

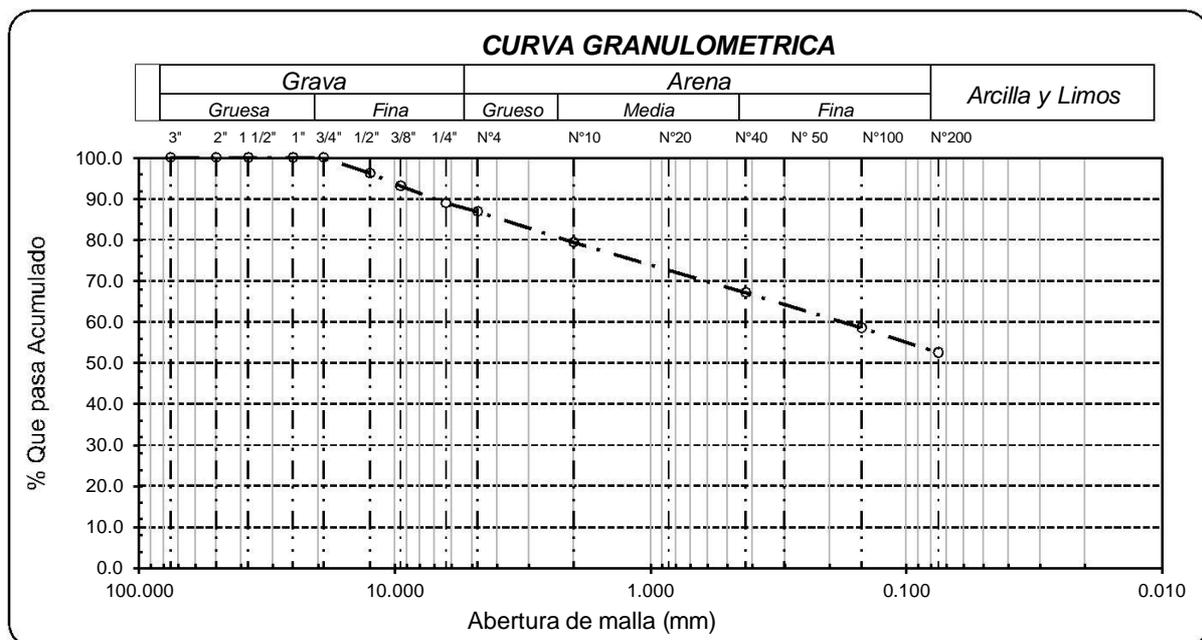
Fecha de ensayo : Abril de 2022

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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-4

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullca
Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

G. A. C.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Human, Yoel Miguel

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha de ensayo : Abril de 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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-5

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg.		
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados				
		Retenido	Que pasa			
3"	75.000	0.00	100.00	Límite líquido (LL)	23.58 (%)	
2"	50.000	0.00	100.00	Límite Plástico (LP)	18.47 (%)	
1 1/2"	37.500	0.00	100.00	Índice Plástico (IP)	5.11 (%)	
1"	25.000	0.00	100.00	<div style="text-align: center;"> </div>		
3/4"	19.000	1.10	98.90			
1/2"	12.500	3.70	96.30			
3/8"	9.500	7.50	92.50			
1/4"	6.300	12.80	87.20			
Nª 4	4.750	14.50	85.50			
Nª 10	2.000	25.20	74.80			
Nª 20	0.850	31.70	68.30			
Nª 40	0.425	33.40	66.60			
Nª 50	0.300	34.60	65.40			
Nª 100	0.150	39.90	60.10			
Nª 200	0.075	47.60	52.40			
Distribución granulométrica				Clasificación (S.U.C.S.)		
% Grava	G.G. %	1.10	14.50	CL-ML		
	G. F %	13.40				
% Arena	A.G %	10.70	Descripción del suelo Arcilla limo arenoso de baja plasticidad			
	A.M %	8.20				
	A.F %	14.20				
% Arcilla y Limo		52.40	52.40	Clasificación (AASHTO)		
Total		100.00		A-4		
				REGULAR-MALO		

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

 Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
 JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARRASCA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

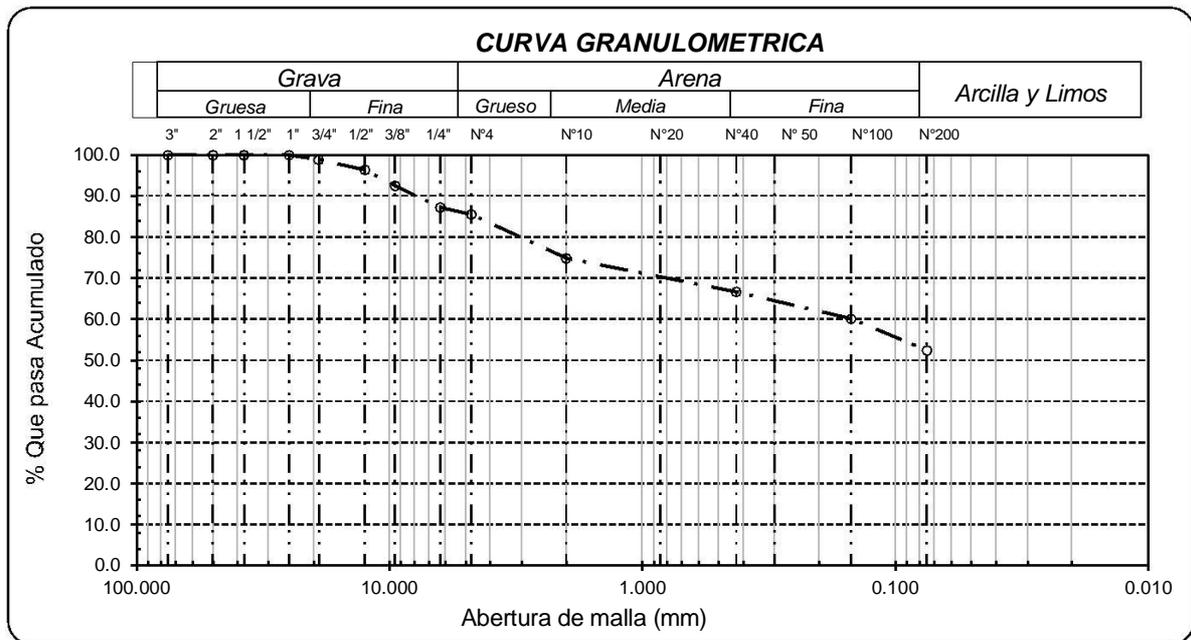
Fecha de ensayo : Abril de 2022

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

Norma de referencia : N.T.P. 339.128 : 1999
N.T.P. 339.131: 1999

Calicata: C-5

Profundidad: 0.00 m - 0.50 m



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

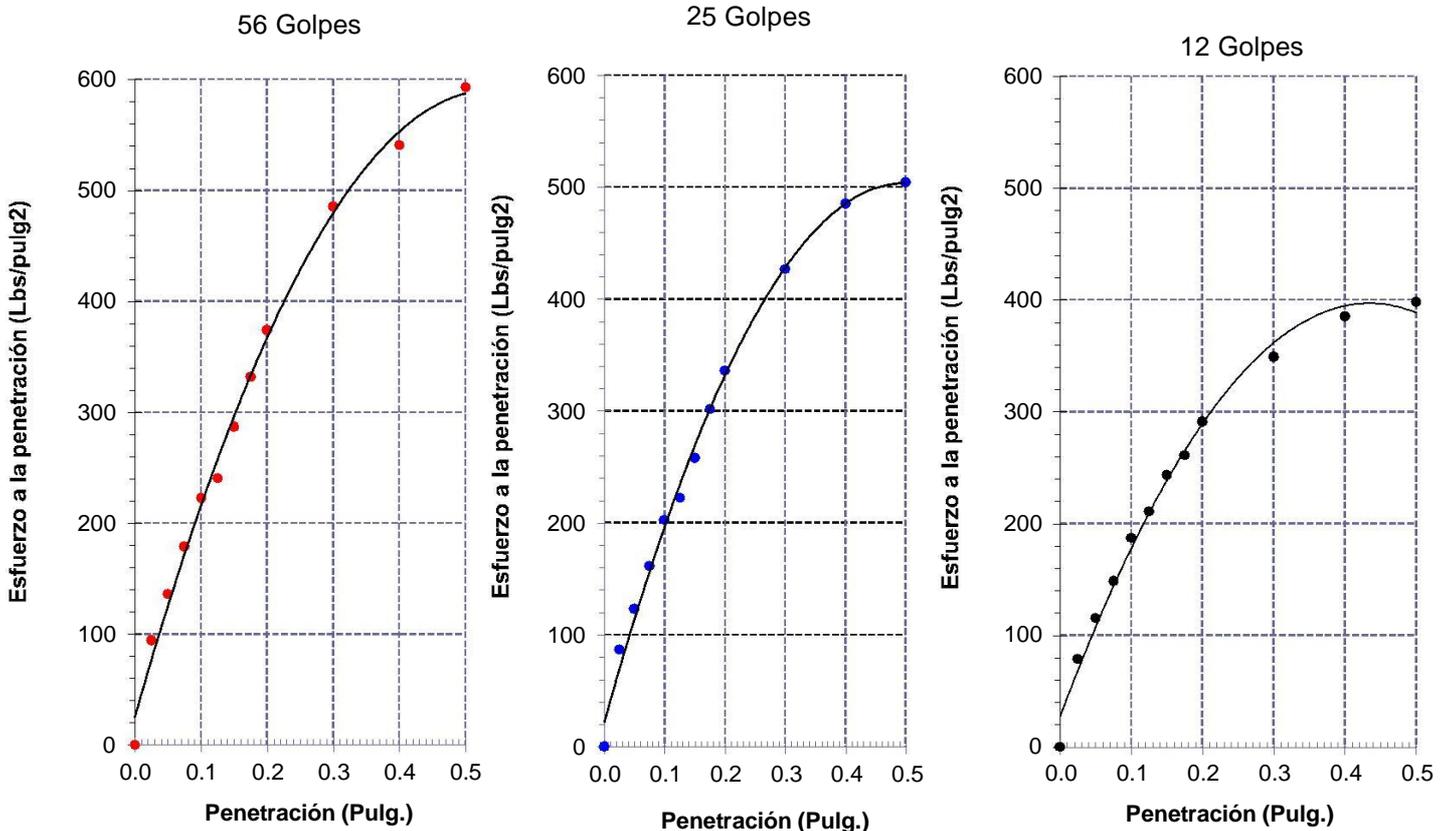
Identificación de la muestra:

Calicata: C-1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

G.A.S.
GUILLERMO GUSTAVO ARROLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.005 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.35 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	12.69	2.005	0.57	0.1"	100	8.25
02	25	9.16	1.805	0.70	0.1"	95	5.23
03	12	5.48	1.704	0.92	0.2"	100	10.22
					0.2"	95	7.53

Diagrama de Proctor

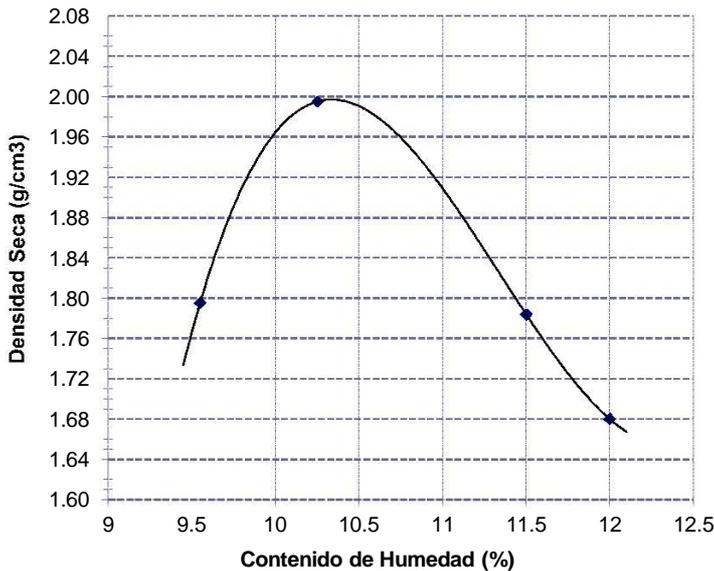
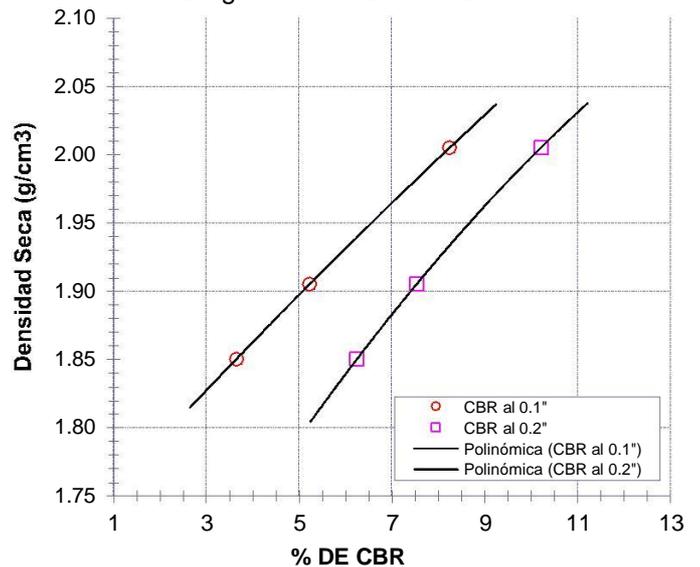


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
 JEFE LABORATORIO

G.A.C.
 GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

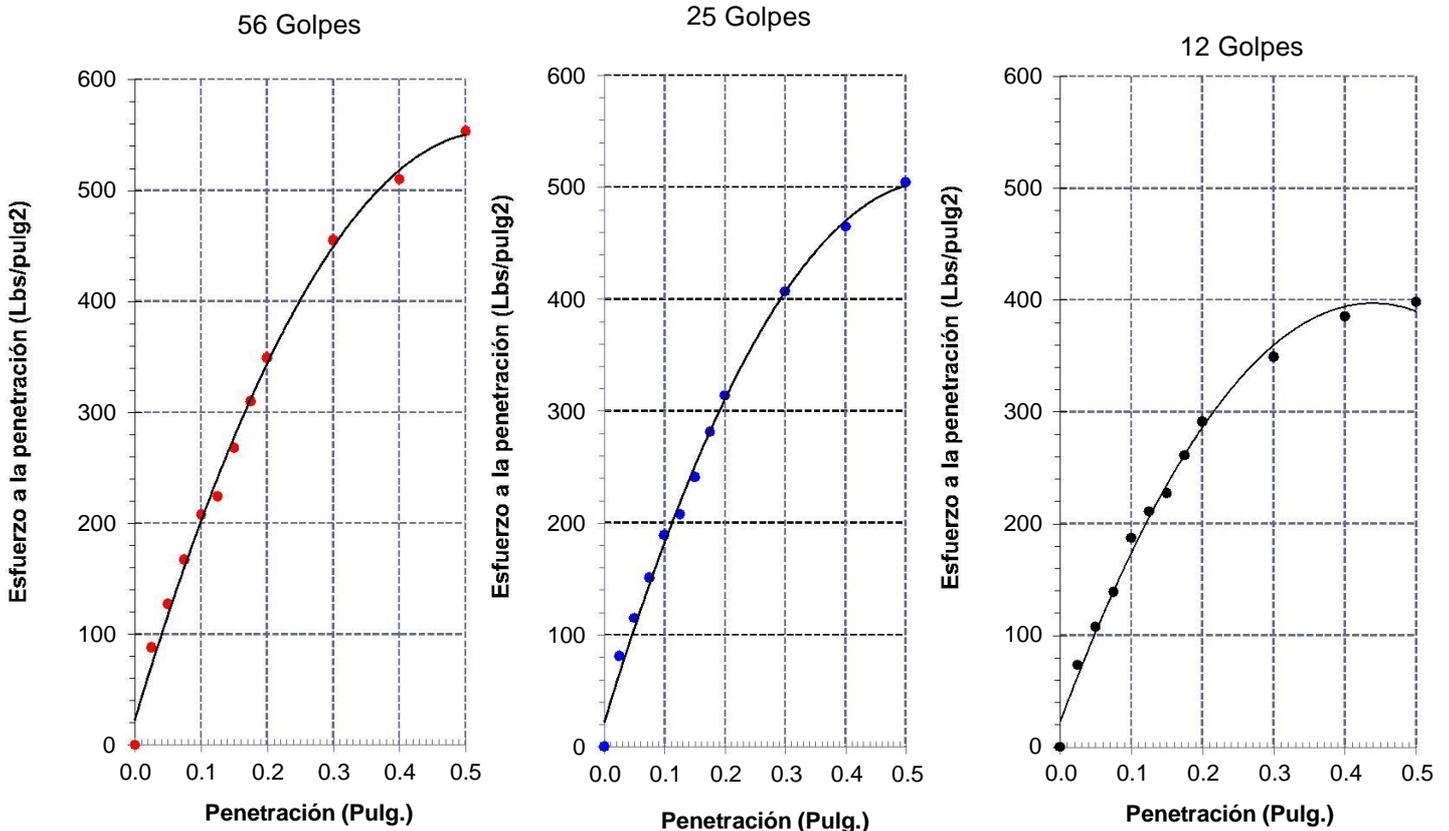
Identificación de la muestra:

Calicata: C-2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

GAG
GUILLERMO GUSTAVO ABRIL CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.125 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.68 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	9.52	2.125	0.57	0.1"	100	6.47
02	25	8.24	1.913	0.70	0.1"	95	5.05
03	12	4.93	1.806	0.92	0.2"	100	8.11
					0.2"	95	6.07

Diagrama de Proctor

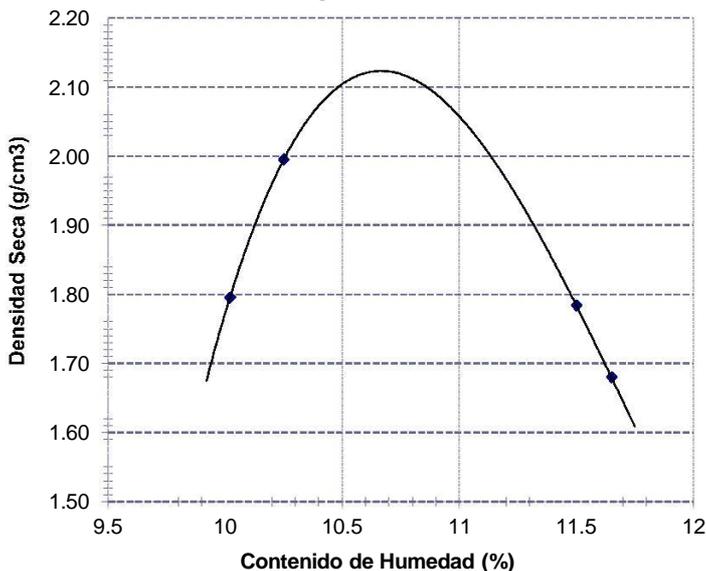
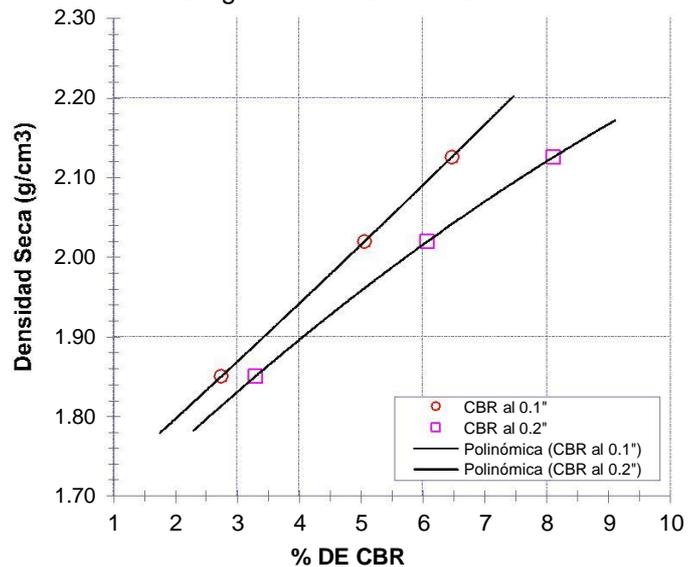


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
 Veronica Luque Sulca
 JEFE LABORATORIO

Guillermo Gustavo Arruola Carrasco
 GUILLERMO GUSTAVO ARRUOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

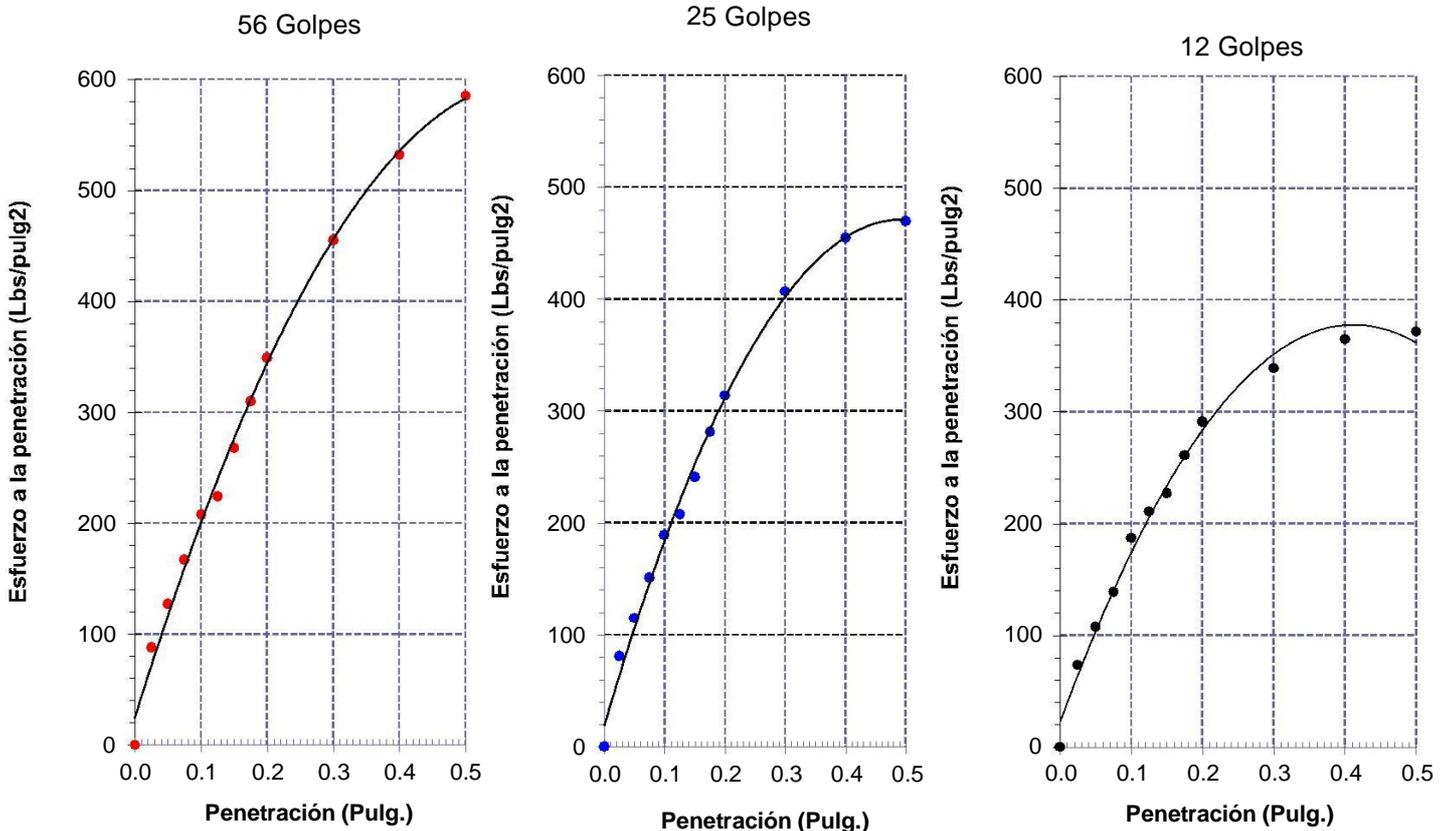
Identificación de la muestra:

Calicata: C-3

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

G.A.S.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-3

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.105 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.58 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	11.42	2.105	0.57	0.1"	100	6.26
02	25	8.24	1.895	0.70	0.1"	95	4.87
03	12	4.93	1.789	0.92	0.2"	100	7.84
					0.2"	95	5.85

Diagrama de Proctor

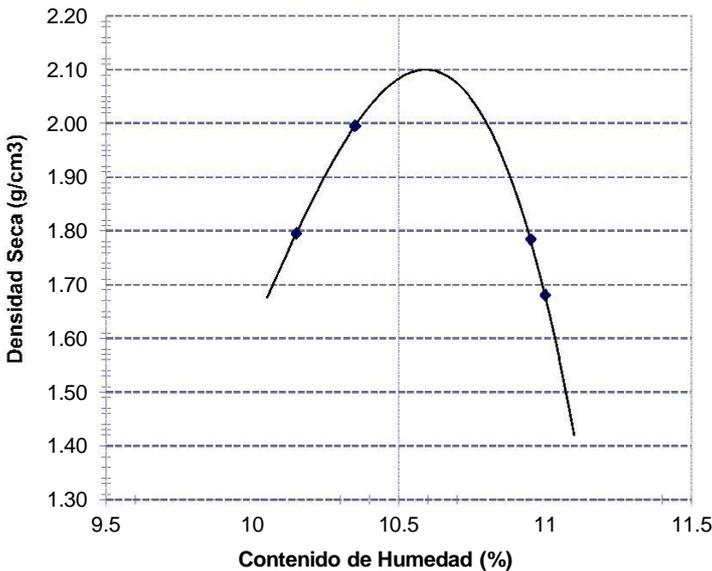
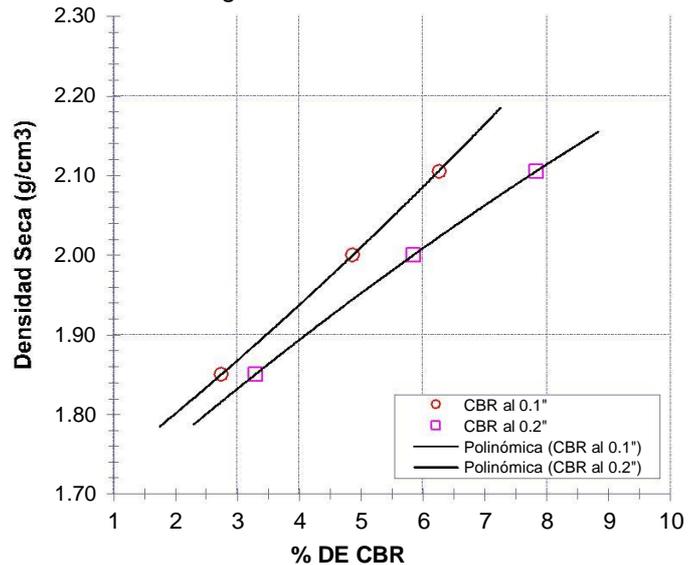


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
 Veronica Luque Sulca
 JEFE LABORATORIO

G.A.S.
 GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

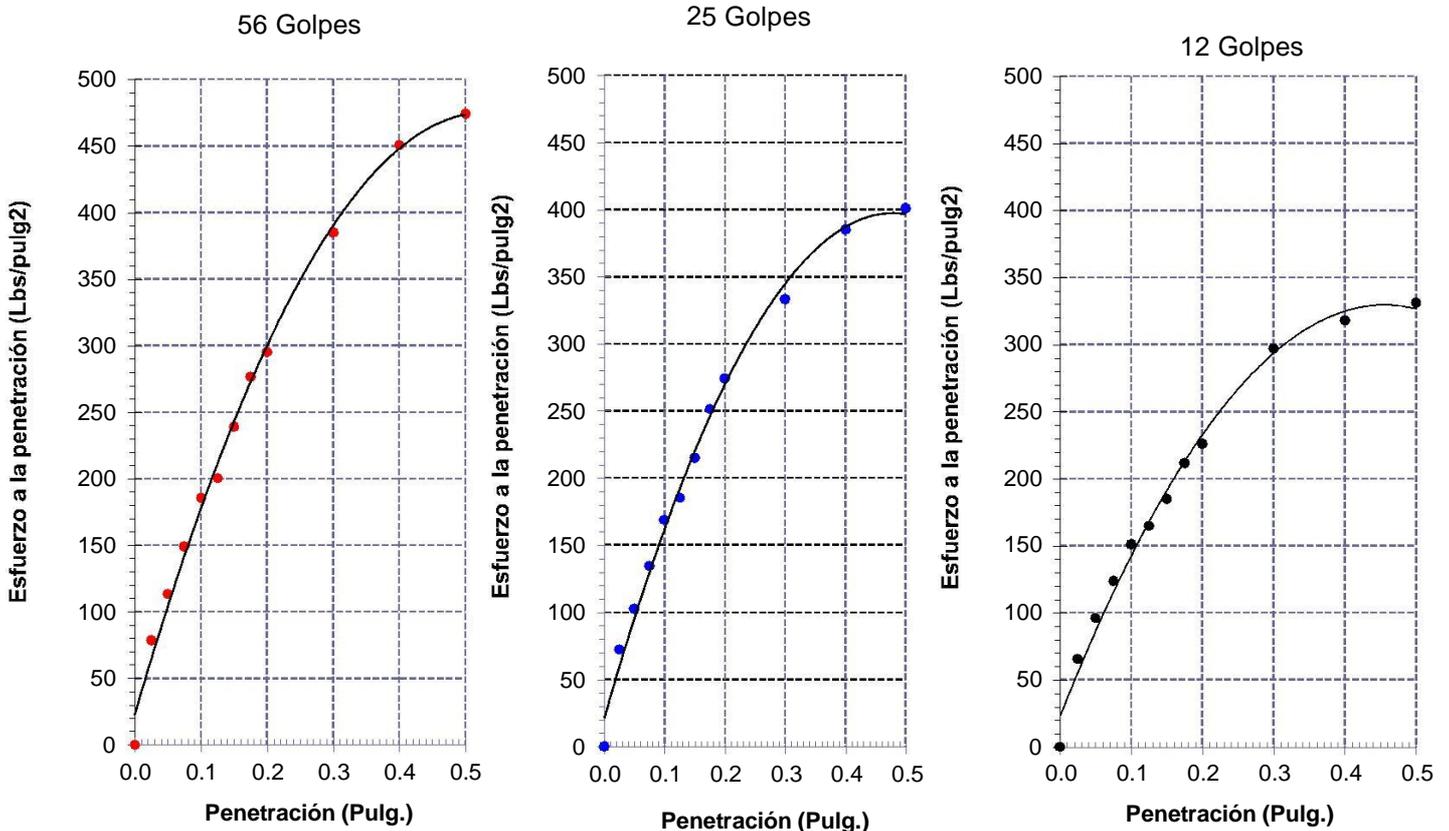
Identificación de la muestra:

Calicata: C-4

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

H. J. P.
Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

G. A. S.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-4

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.019 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.81 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	7.61	2.019	0.57	0.1"	100	5.65
02	25	5.49	1.817	0.70	0.1"	95	4.31
03	12	3.29	1.716	0.92	0.2"	100	7.01
					0.2"	95	5.18

Diagrama de Proctor

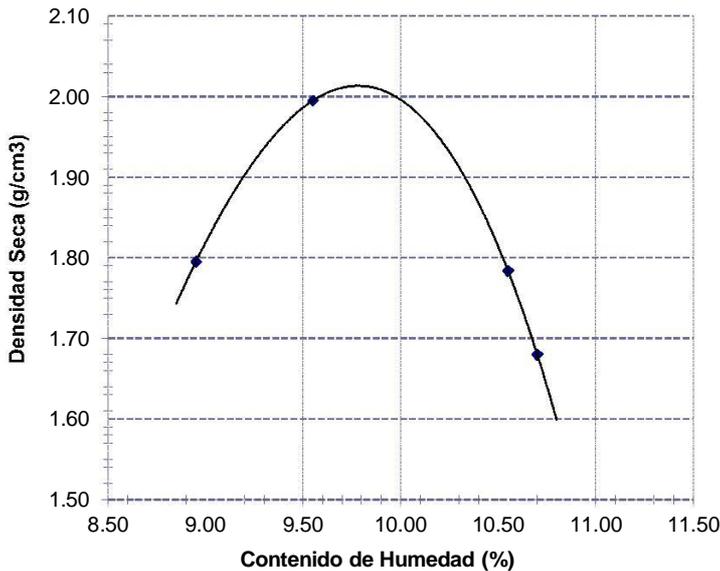
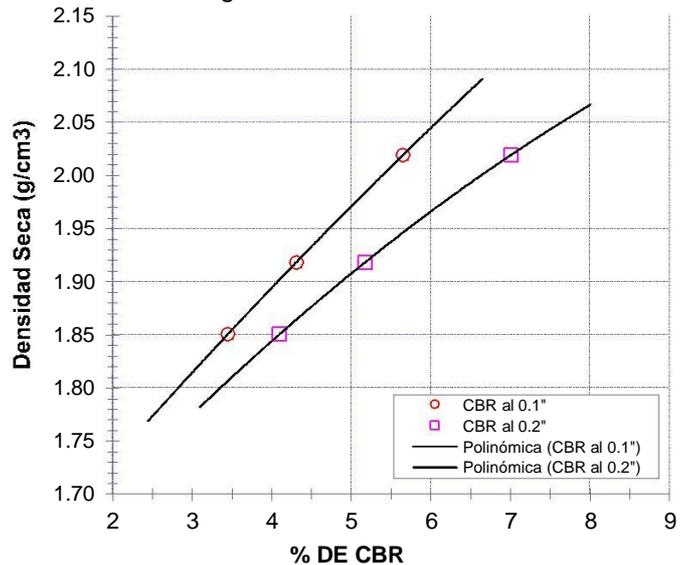


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

 Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
 JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

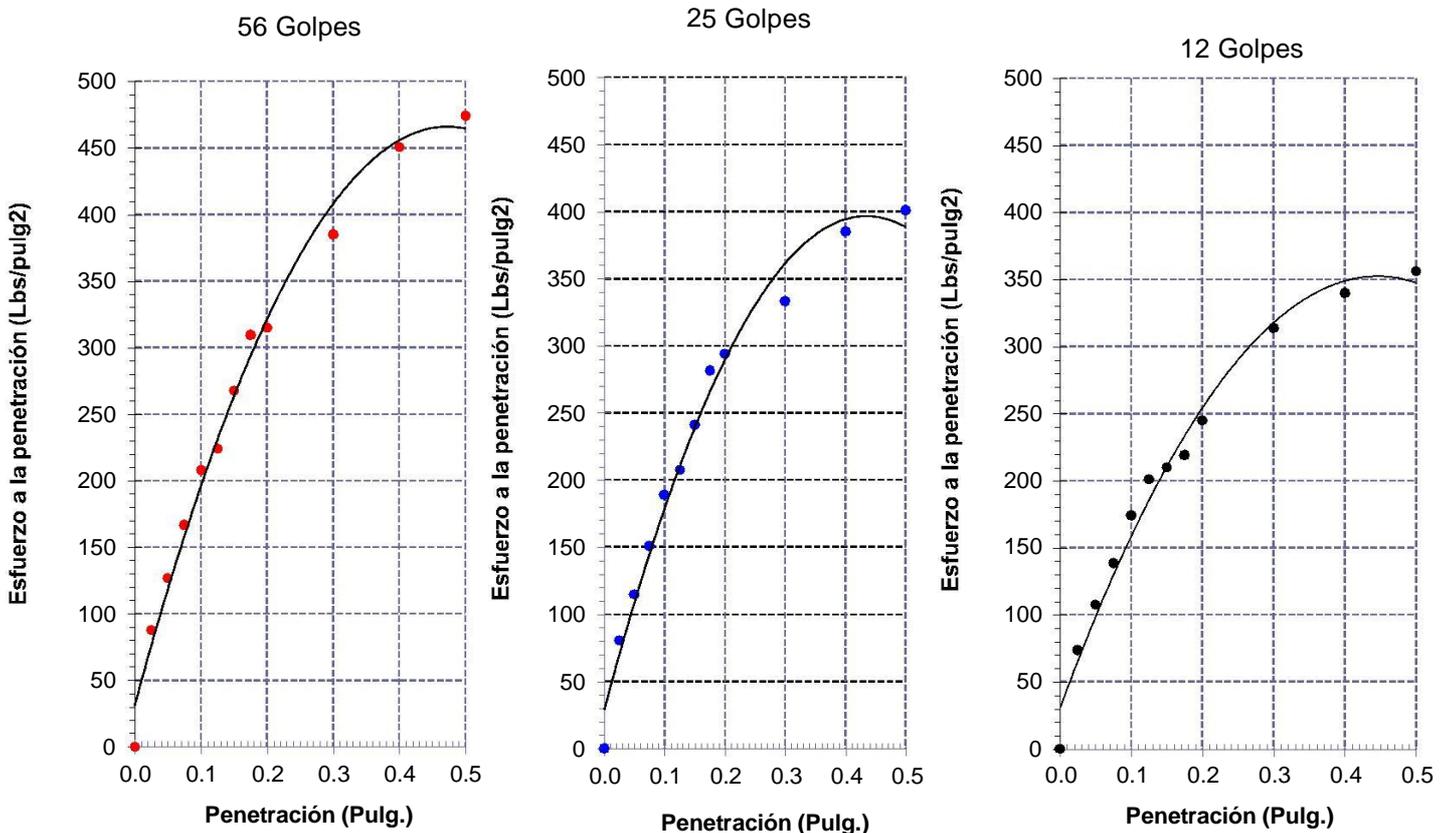
Identificación de la muestra:

Calicata: C-5

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

G.A.G.
GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-5

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.066 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.05 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	8.25	2.066	0.57	0.1"	100	6.17
02	25	5.95	1.859	0.70	0.1"	95	4.76
03	12	3.56	1.756	0.92	0.2"	100	7.69
					0.2"	95	5.72

Diagrama de Proctor

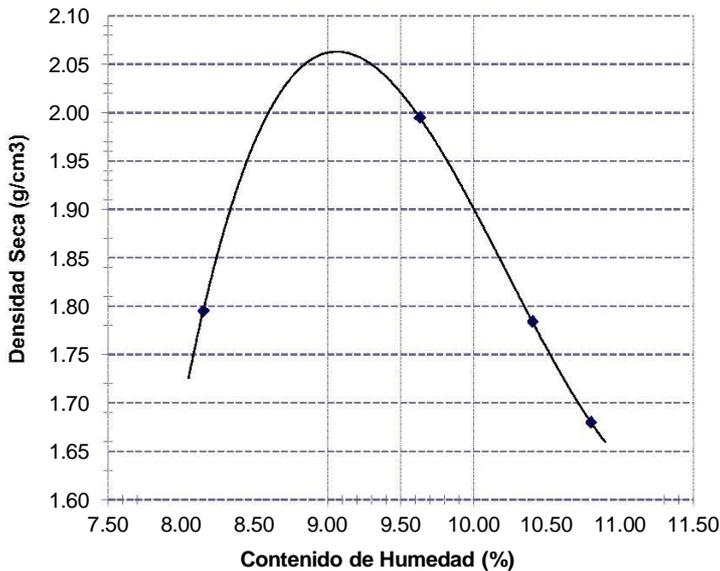
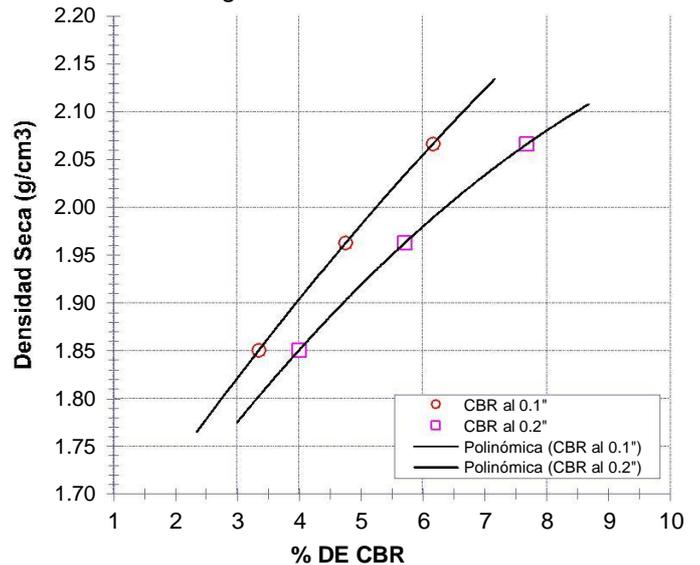


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullica
 JEFE LABORATORIO

G.A.C.
 GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

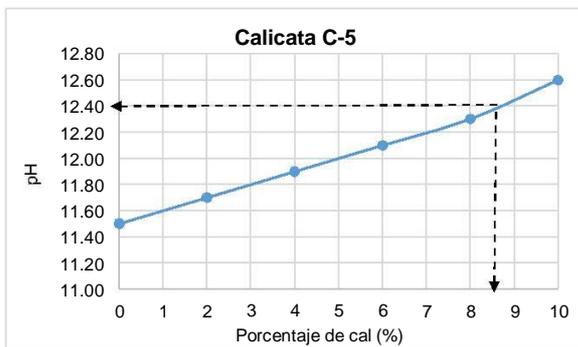
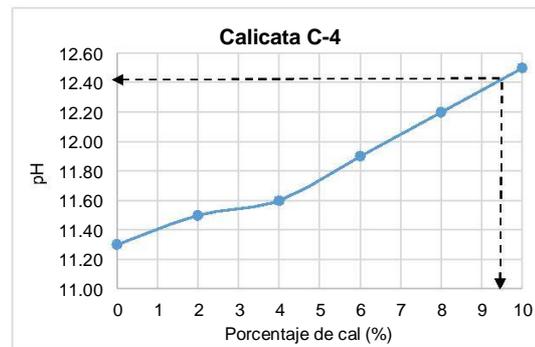
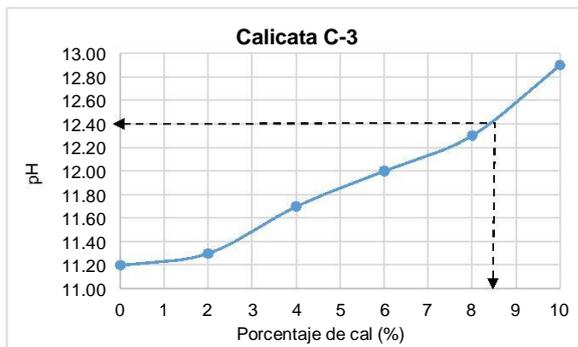
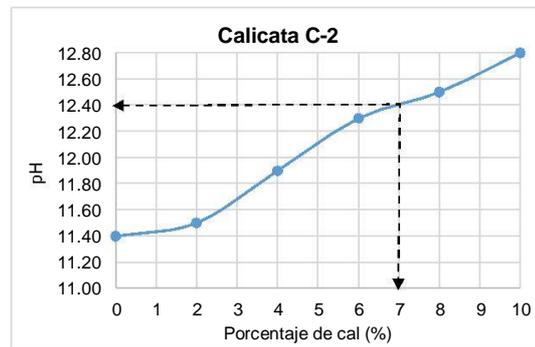
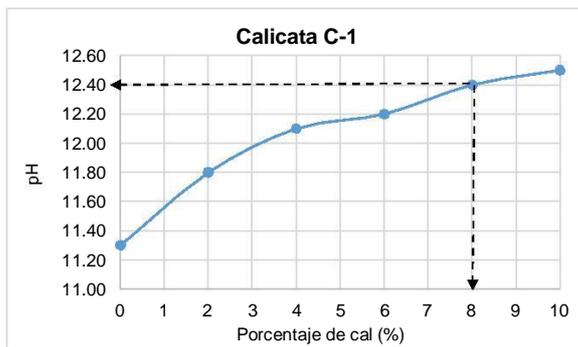
Fecha : Abril de 2022

Código : ASTM D6276-19

Norma : Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization

% de cal	Pruebas de pH				
	Muestra 1 C-1	Muestra 2 C-2	Muestra 3 C-3	Muestra 4 C-4	Muestra 5 C-5
0	11.30	11.40	11.20	11.30	11.50
2	11.80	11.50	11.30	11.50	11.70
4	12.10	11.90	11.70	11.60	11.90
6	12.20	12.30	12.00	11.90	12.10
8	12.40	12.50	12.30	12.20	12.30
10	12.50	12.80	12.90	12.50	12.60

Muestra	% óptimo de cal
C-1	8.00
C-2	7.00
C-3	8.50
C-4	9.50
C-5	8.50



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullca
 JEFE LABORATORIO

G.A.S.
 GUILLERMO GUSTAVO ARRUDA BARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIR. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 2022

Código : ASTM D1633

Norma : Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados

N° de muestra	Calicata	Descripción	Fecha de moldeado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia	
						MPa	Kg/cm ²
1	C-1	Suelo + cemento al 7%	18/04/2022	25/04/2022	7	0.95	9.69
2	C-1	Suelo + cemento al 8%	18/04/2022	25/04/2022	7	1.05	10.71
3	C-1	Suelo + cemento al 9%	18/04/2022	25/04/2022	7	1.43	14.58
4	C-1	Suelo + cemento al 10%	18/04/2022	25/04/2022	7	1.55	15.81
5	C-1	Suelo + cemento al 11%	18/04/2022	25/04/2022	7	1.73	17.64
6	C-1	Suelo + cemento al 12%	18/04/2022	25/04/2022	7	1.94	19.78
7	C-1	Suelo + cemento al 13%	18/04/2022	25/04/2022	7	2.15	21.92
8	C-1	Suelo + cemento al 14%	18/04/2022	25/04/2022	7	2.45	24.98
9	C-1	Suelo + cemento al 15%	18/04/2022	25/04/2022	7	2.94	29.98

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL


Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO


GUILLERMO GUSTAVO ARRASCA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 2022

Código : ASTM D1633

Norma : Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados

N° de muestra	Calicata	Descripción	Fecha de moldeado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia	
						MPa	Kg/cm2
1	C-2	Suelo + cemento al 7%	19/04/2022	26/04/2022	7	0.84	8.57
2	C-2	Suelo + cemento al 8%	19/04/2022	26/04/2022	7	0.98	9.99
3	C-2	Suelo + cemento al 9%	19/04/2022	26/04/2022	7	1.24	12.64
4	C-2	Suelo + cemento al 10%	19/04/2022	26/04/2022	7	1.49	15.19
5	C-2	Suelo + cemento al 11%	19/04/2022	26/04/2022	7	1.83	18.66
6	C-2	Suelo + cemento al 12%	19/04/2022	26/04/2022	7	2.01	20.50
7	C-2	Suelo + cemento al 13%	19/04/2022	26/04/2022	7	2.25	22.94
8	C-2	Suelo + cemento al 14%	19/04/2022	26/04/2022	7	2.31	23.56
9	C-2	Suelo + cemento al 15%	19/04/2022	26/04/2022	7	3.15	32.12

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL


Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO


GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 2022

Código : ASTM D1633

Norma : Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados

N° de muestra	Calicata	Descripción	Fecha de moldeado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia	
						MPa	Kg/cm ²
1	C-3	Suelo + cemento al 7%	19/04/2022	26/04/2022	7	0.95	9.69
2	C-3	Suelo + cemento al 8%	19/04/2022	26/04/2022	7	1.12	11.42
3	C-3	Suelo + cemento al 9%	19/04/2022	26/04/2022	7	1.35	13.77
4	C-3	Suelo + cemento al 10%	19/04/2022	26/04/2022	7	1.71	17.44
5	C-3	Suelo + cemento al 11%	19/04/2022	26/04/2022	7	2.03	20.70
6	C-3	Suelo + cemento al 12%	19/04/2022	26/04/2022	7	2.29	23.35
7	C-3	Suelo + cemento al 13%	19/04/2022	26/04/2022	7	2.45	24.98
8	C-3	Suelo + cemento al 14%	19/04/2022	26/04/2022	7	2.83	28.86
9	C-3	Suelo + cemento al 15%	19/04/2022	26/04/2022	7	3.25	33.14

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARRASCA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 2022

Código : ASTM D1633

Norma : Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados

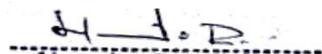
N° de muestra	Calicata	Descripción	Fecha de moldeado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia	
						MPa	Kg/cm ²
1	C-4	Suelo + cemento al 7%	20/04/2022	27/04/2022	7	0.91	9.28
2	C-4	Suelo + cemento al 8%	20/04/2022	27/04/2022	7	1.03	10.50
3	C-4	Suelo + cemento al 9%	20/04/2022	27/04/2022	7	1.17	11.93
4	C-4	Suelo + cemento al 10%	20/04/2022	27/04/2022	7	1.38	14.07
5	C-4	Suelo + cemento al 11%	20/04/2022	27/04/2022	7	1.63	16.62
6	C-4	Suelo + cemento al 12%	20/04/2022	27/04/2022	7	1.94	19.78
7	C-4	Suelo + cemento al 13%	20/04/2022	27/04/2022	7	2.15	21.92
8	C-4	Suelo + cemento al 14%	20/04/2022	27/04/2022	7	2.71	27.63
9	C-4	Suelo + cemento al 15%	20/04/2022	27/04/2022	7	3.12	31.82

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL


Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO


GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 2022

Código : ASTM D1633

Norma : Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados

N° de muestra	Calicata	Descripción	Fecha de moldeado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Resistencia	
						MPa	Kg/cm2
1	C-5	Suelo + cemento al 7%	21/04/2022	28/04/2022	7	0.81	8.26
2	C-5	Suelo + cemento al 8%	21/04/2022	28/04/2022	7	0.94	9.59
3	C-5	Suelo + cemento al 9%	21/04/2022	28/04/2022	7	1.25	12.75
4	C-5	Suelo + cemento al 10%	21/04/2022	28/04/2022	7	1.41	14.38
5	C-5	Suelo + cemento al 11%	21/04/2022	28/04/2022	7	1.72	17.54
6	C-5	Suelo + cemento al 12%	21/04/2022	28/04/2022	7	1.86	18.97
7	C-5	Suelo + cemento al 13%	21/04/2022	28/04/2022	7	1.93	19.68
8	C-5	Suelo + cemento al 14%	21/04/2022	28/04/2022	7	2.25	22.94
9	C-5	Suelo + cemento al 15%	21/04/2022	28/04/2022	7	3.02	30.80

Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC

Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

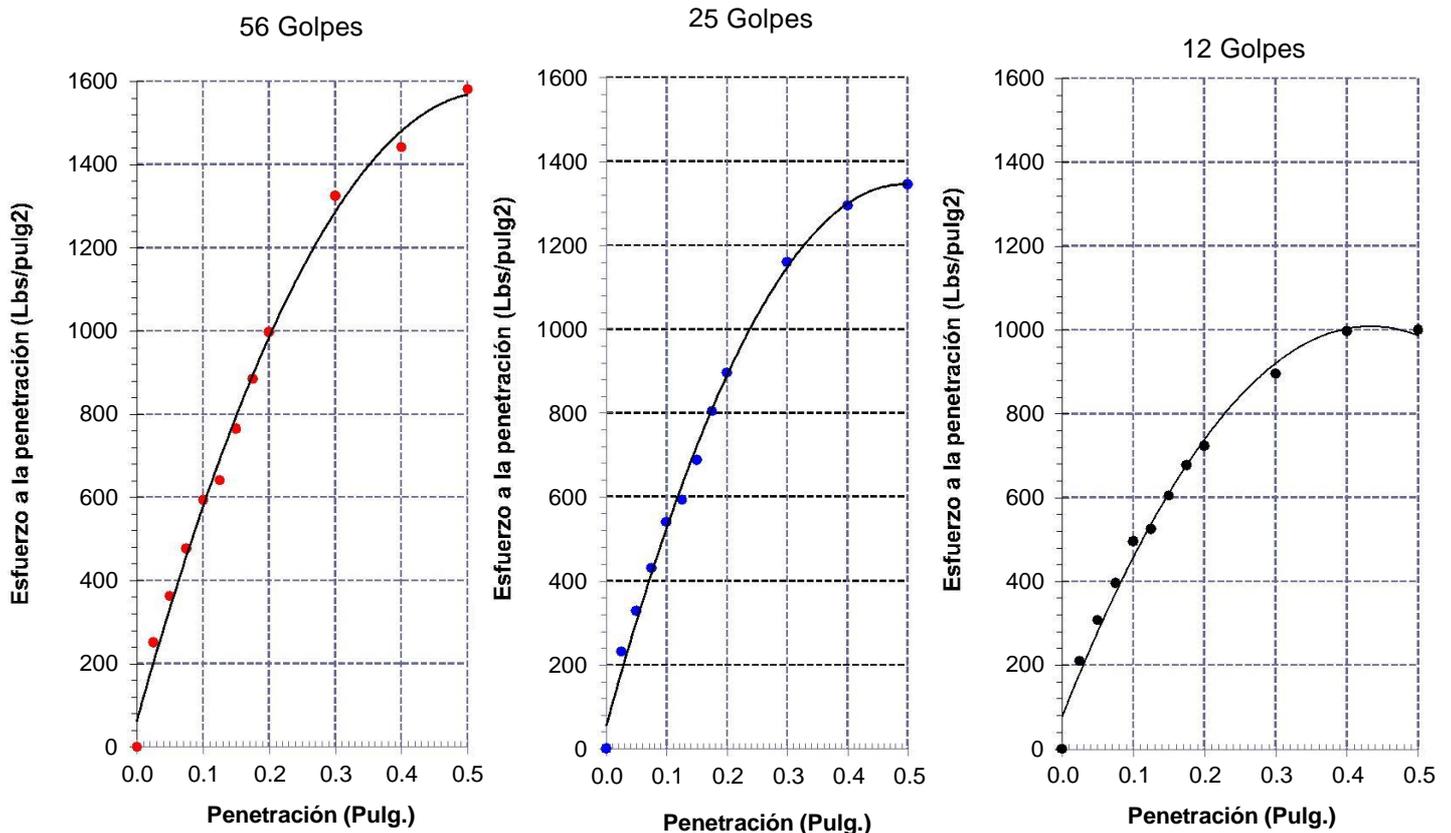
Identificación de la muestra:

Calicata: C-1+8% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL S.A.C.
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

G.A.G.
GUILLERMO GUSTAVO ABRILA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-1+8% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.155 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.01 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	12.69	2.155	0.57	0.1"	100	14.27
02	25	9.16	1.940	0.70	0.1"	95	11.21
03	12	5.48	1.832	0.92	0.2"	100	17.94
					0.2"	95	13.46

Diagrama de Proctor

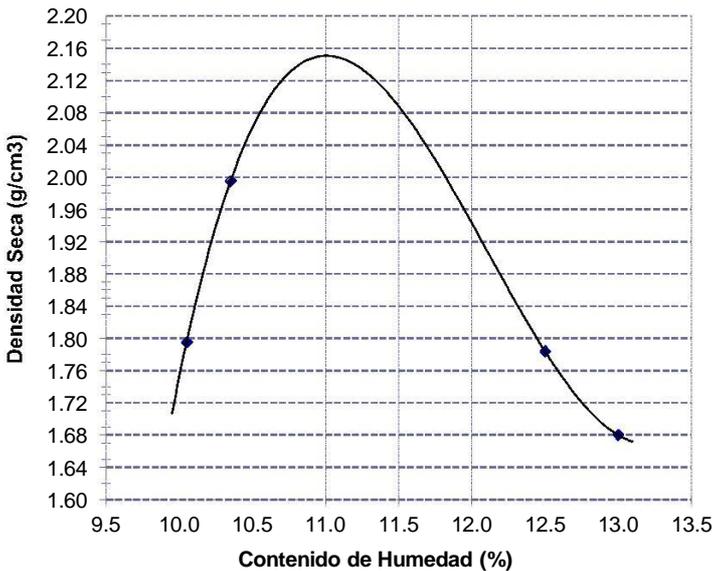
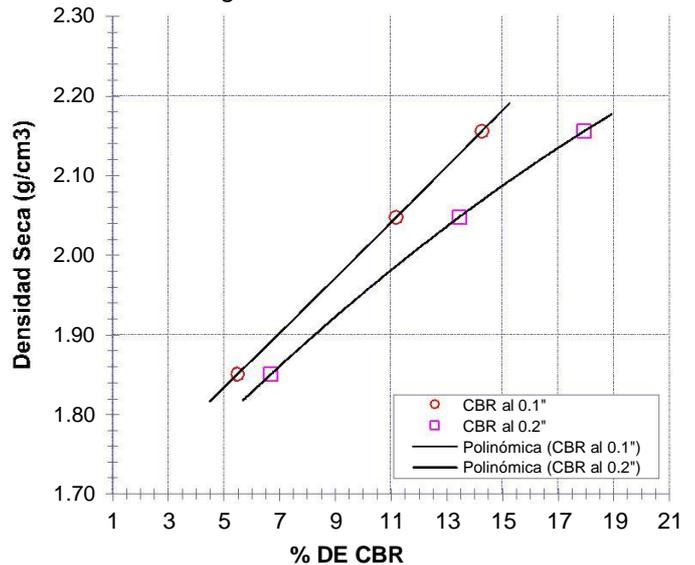


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL S.A.C.

Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
 JEFE LABORATORIO

GUILLERMO GUSTAVO ARRUOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

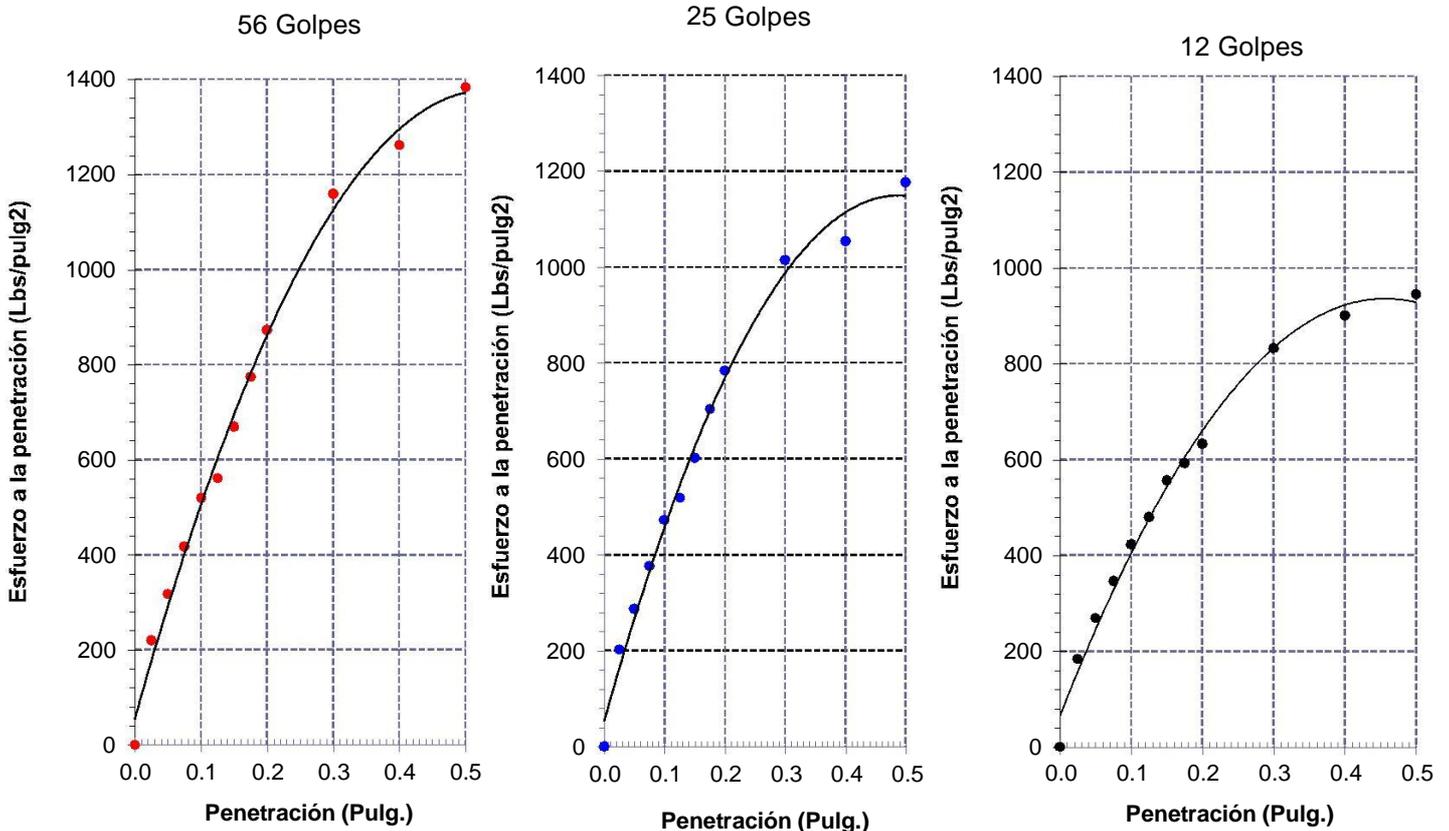
Identificación de la muestra:

Calicata: C-2+7% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

V. Luque Sullca
Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-2+7% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.053 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.89 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	12.69	2.053	0.57	0.1"	100	15.66
02	25	9.16	1.848	0.70	0.1"	95	12.05
03	12	5.48	1.745	0.92	0.2"	100	19.50
					0.2"	95	14.48

Diagrama de Proctor

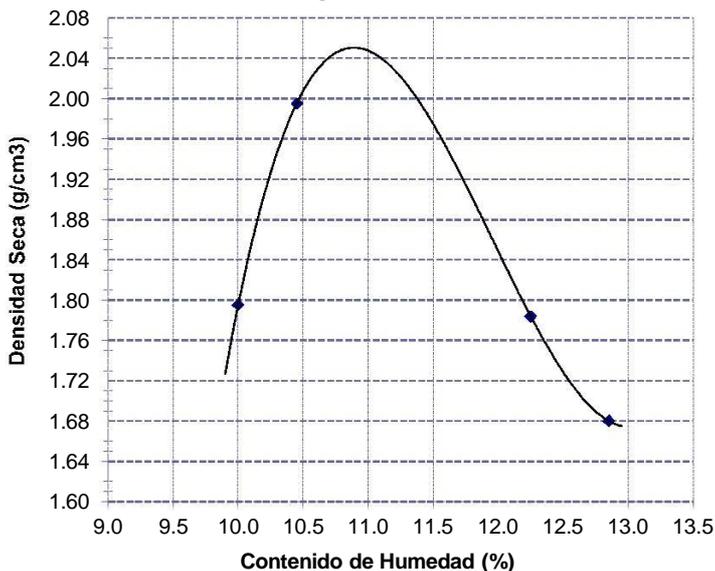
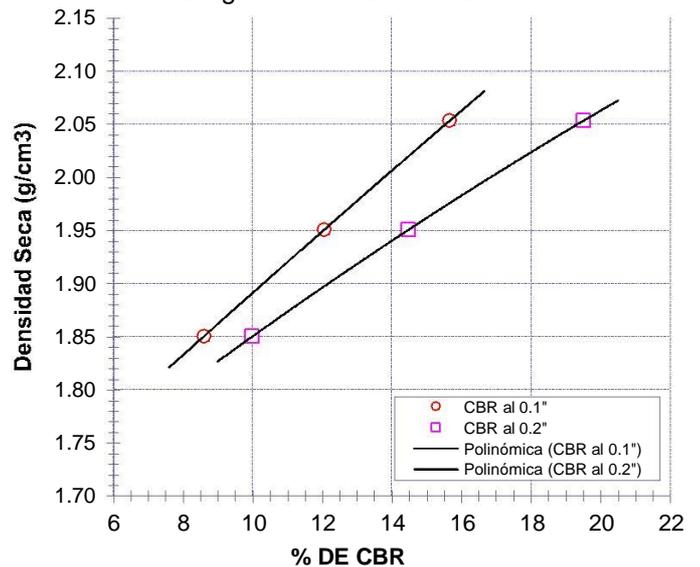


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
 JEFE LABORATORIO

G.A.C.
 GUILLERMO GUSTAVO ARROLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

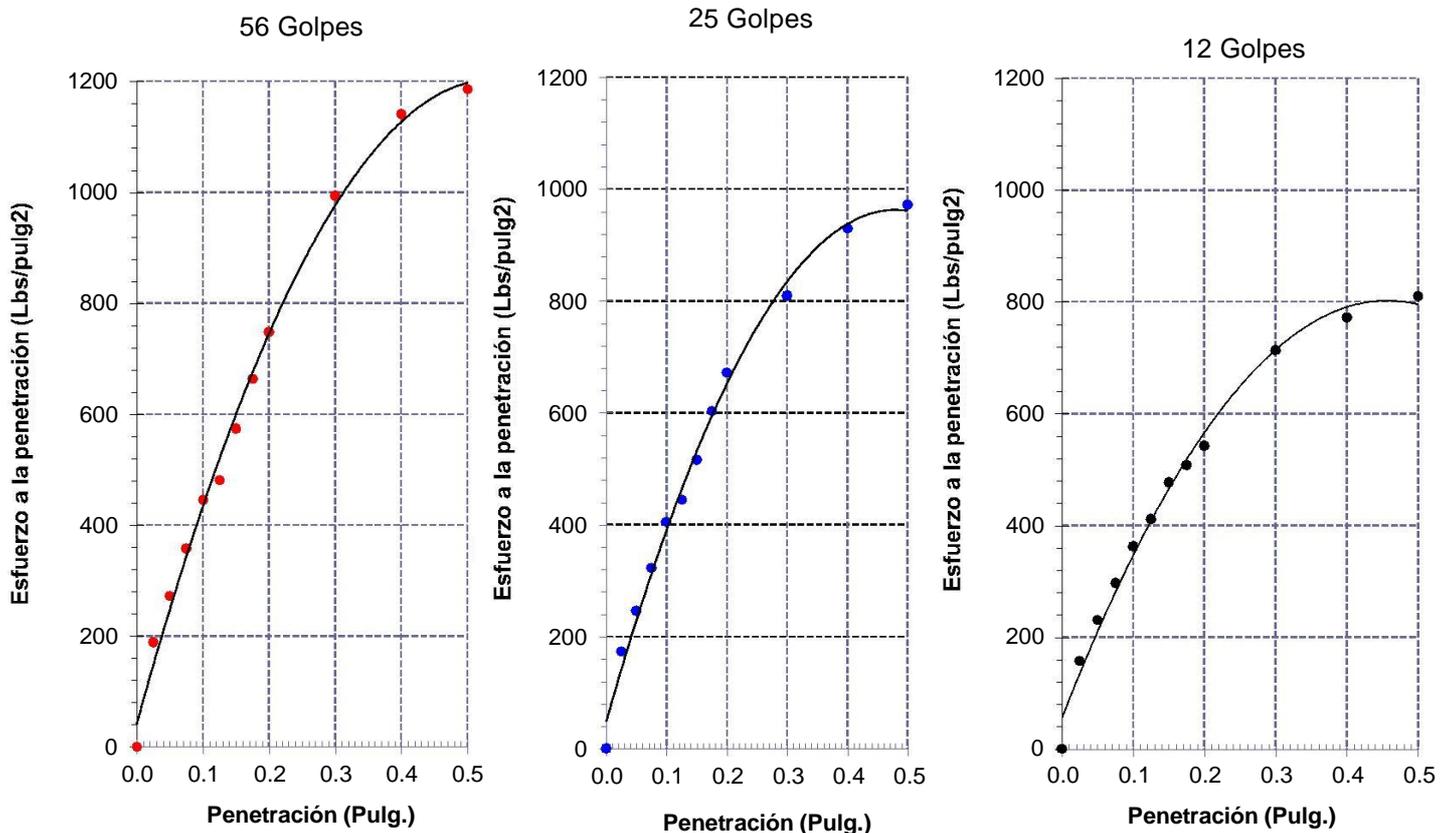
Identificación de la muestra:

Calicata: C-3+8.5% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Verónica Luque Sullca
Verónica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

G. A. C.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-3+8.5% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.024 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.35 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	12.69	2.024	0.57	0.1"	100	14.84
02	25	9.16	1.822	0.70	0.1"	95	11.34
03	12	5.48	1.720	0.92	0.2"	100	18.42
					0.2"	95	13.62

Diagrama de Proctor

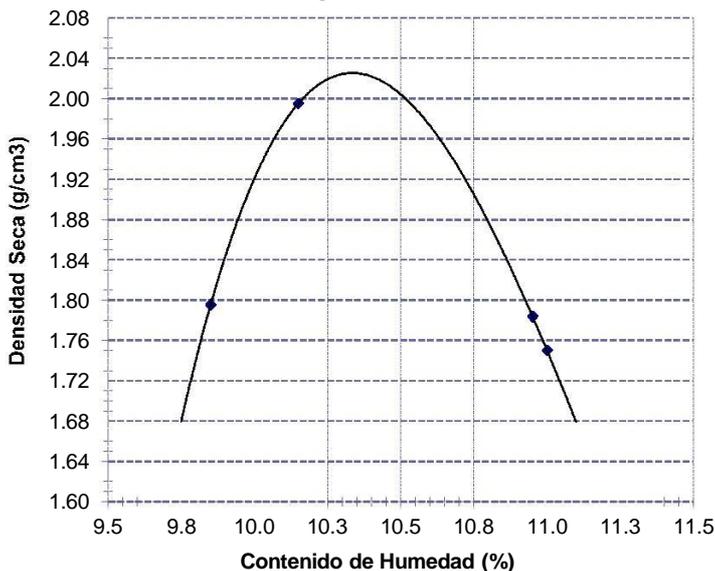
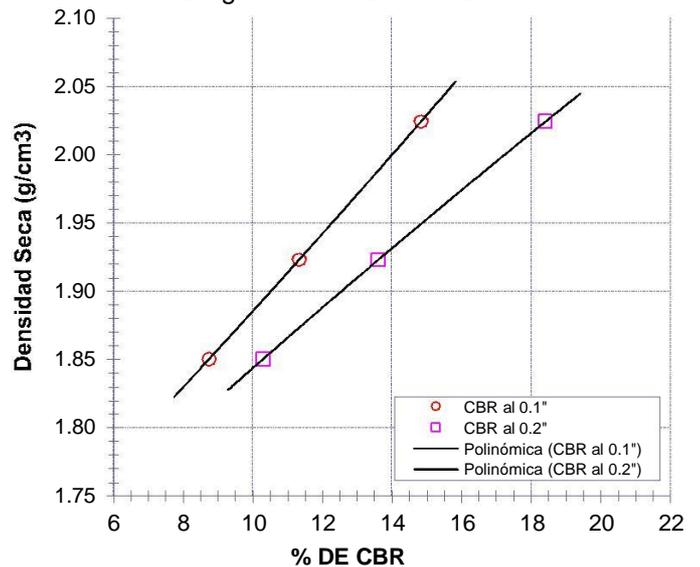


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

H. J. P.
 Veronica Luque Sullca
 JEFE LABORATORIO

G. A. G.
 GUILLERMO GUSTAVO ARROLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

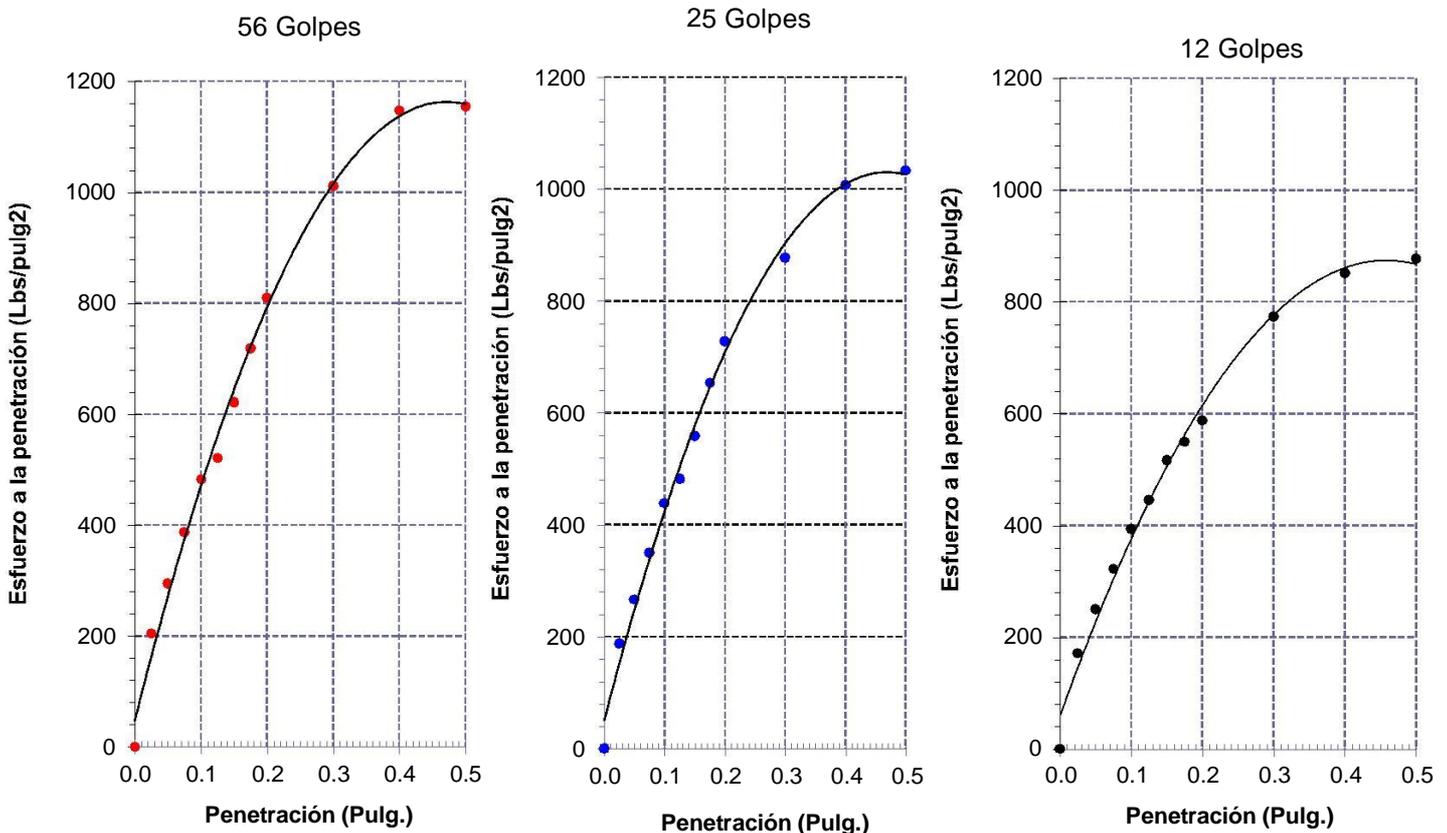
Identificación de la muestra:

Calicata: C-4+9.5% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
JEFE LABORATORIO

G.A.S.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-4+9.5% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.063 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.25 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	12.69	2.063	0.57	0.1"	100	15.33
02	25	9.16	1.857	0.70	0.1"	95	11.83
03	12	5.48	1.754	0.92	0.2"	100	19.11
					0.2"	95	14.20

Diagrama de Proctor

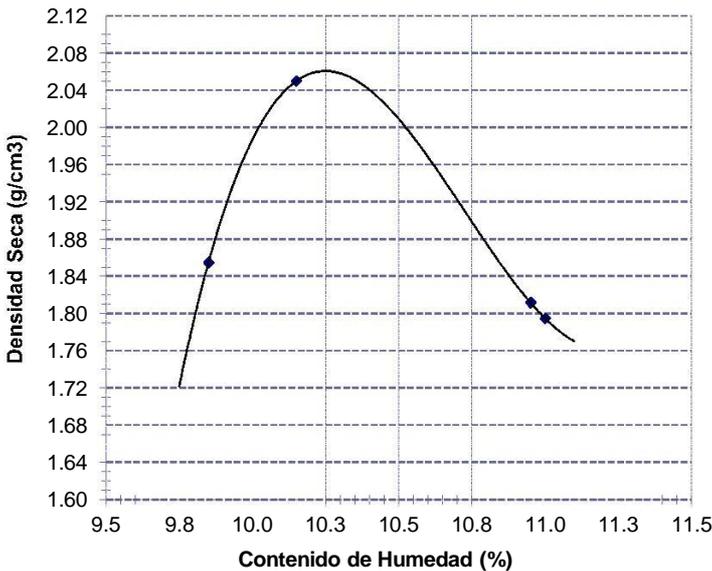
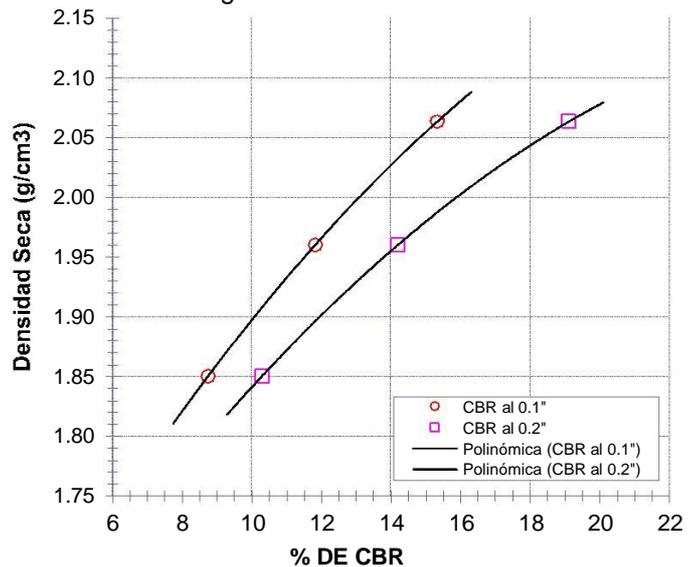


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

H. J. P.
 Veronica Luque Sullca
 JEFE LABORATORIO

G. A. G.
 GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA BARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

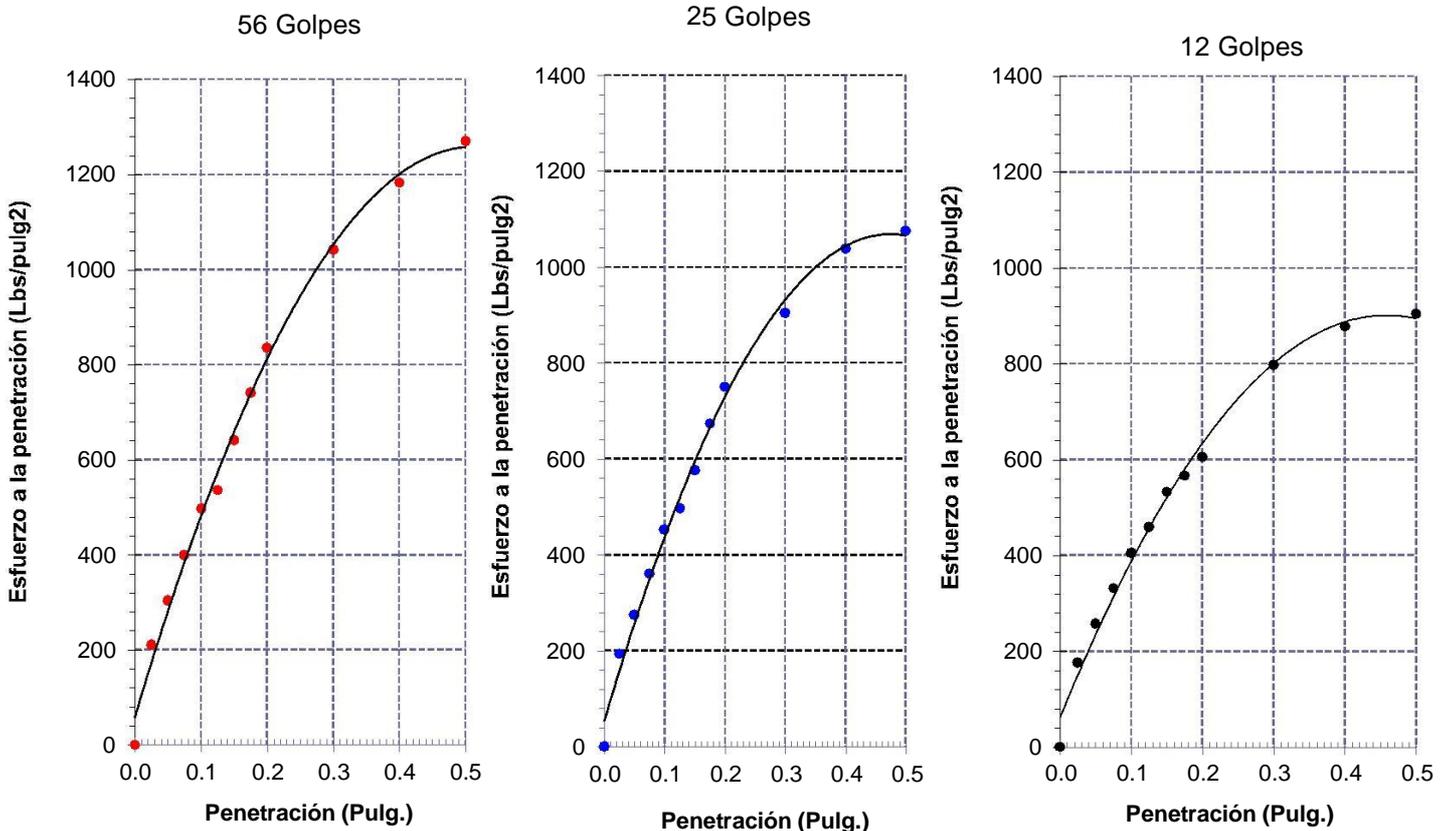
Identificación de la muestra:

Calicata: C-5+8.5% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullca
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-5+8.5% de cal

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.055 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.15 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	12.69	2.055	0.57	0.1"	100	14.51
02	25	9.16	1.850	0.70	0.1"	95	11.17
03	12	5.48	1.747	0.92	0.2"	100	18.07
					0.2"	95	13.42

Diagrama de Proctor

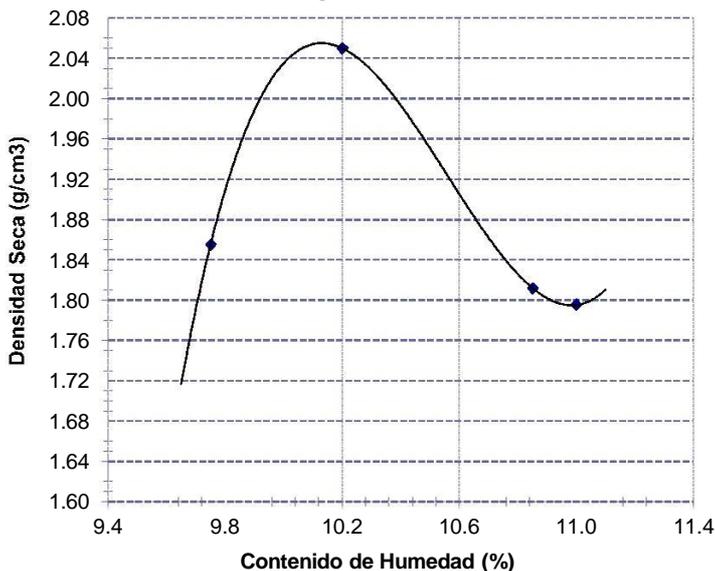
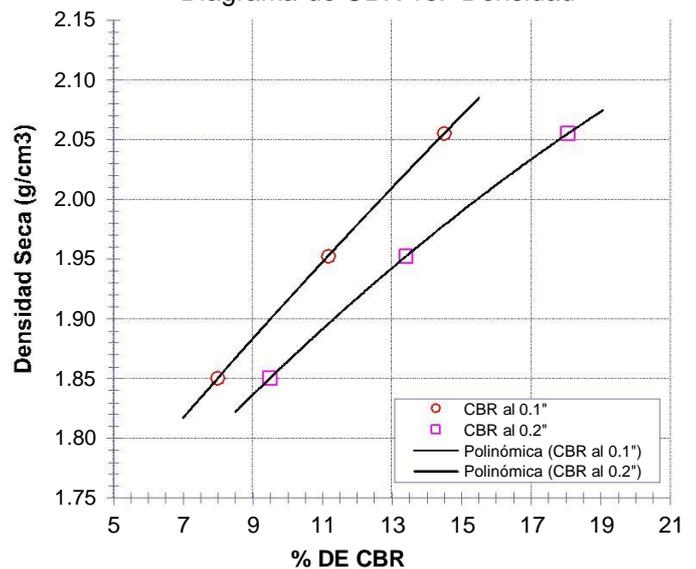


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sullca
 Veronica Luque Sullca
 JEFE LABORATORIO

Guillermo Gustavo Abarca Carrasco
 GUILLERMO GUSTAVO ABRICA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

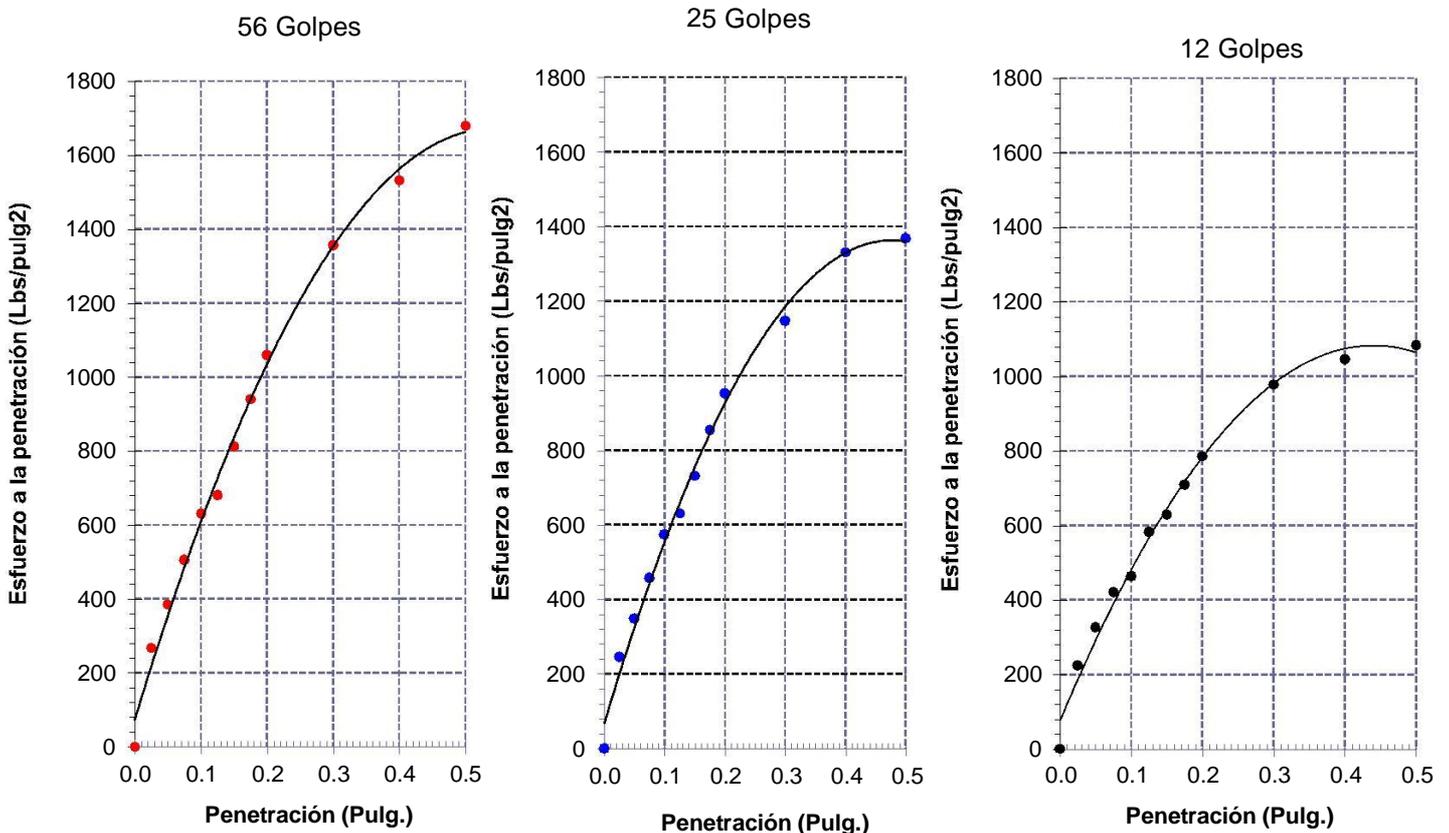
Identificación de la muestra:

Calicata: C-1+12% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-1+12% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.998 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.17 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	19.03	1.998	0.60	0.1"	100	18.99
02	25	13.74	1.798	0.73	0.1"	95	14.40
03	12	10.96	1.698	0.96	0.2"	100	23.48
					0.2"	95	17.29

Diagrama de Proctor

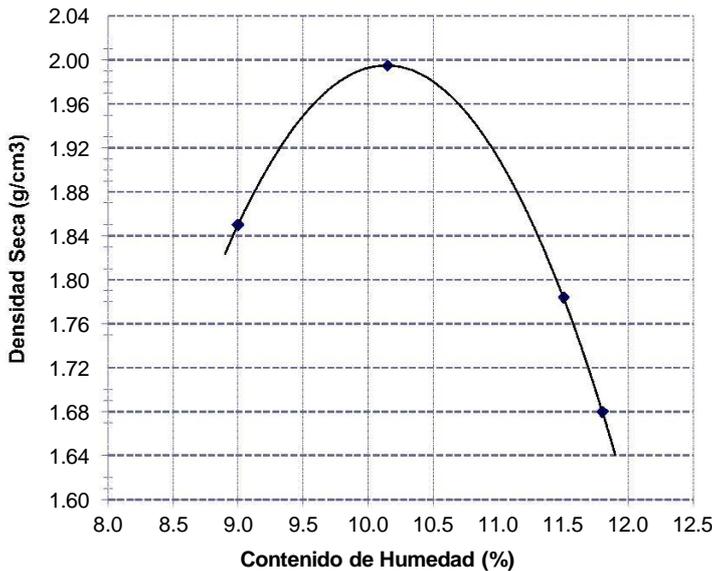
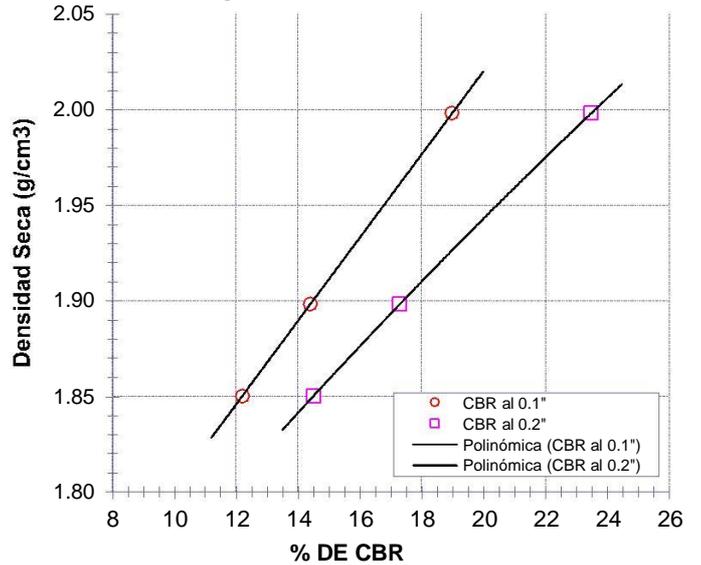


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
 JEFE LABORATORIO

G.A.C.
 GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

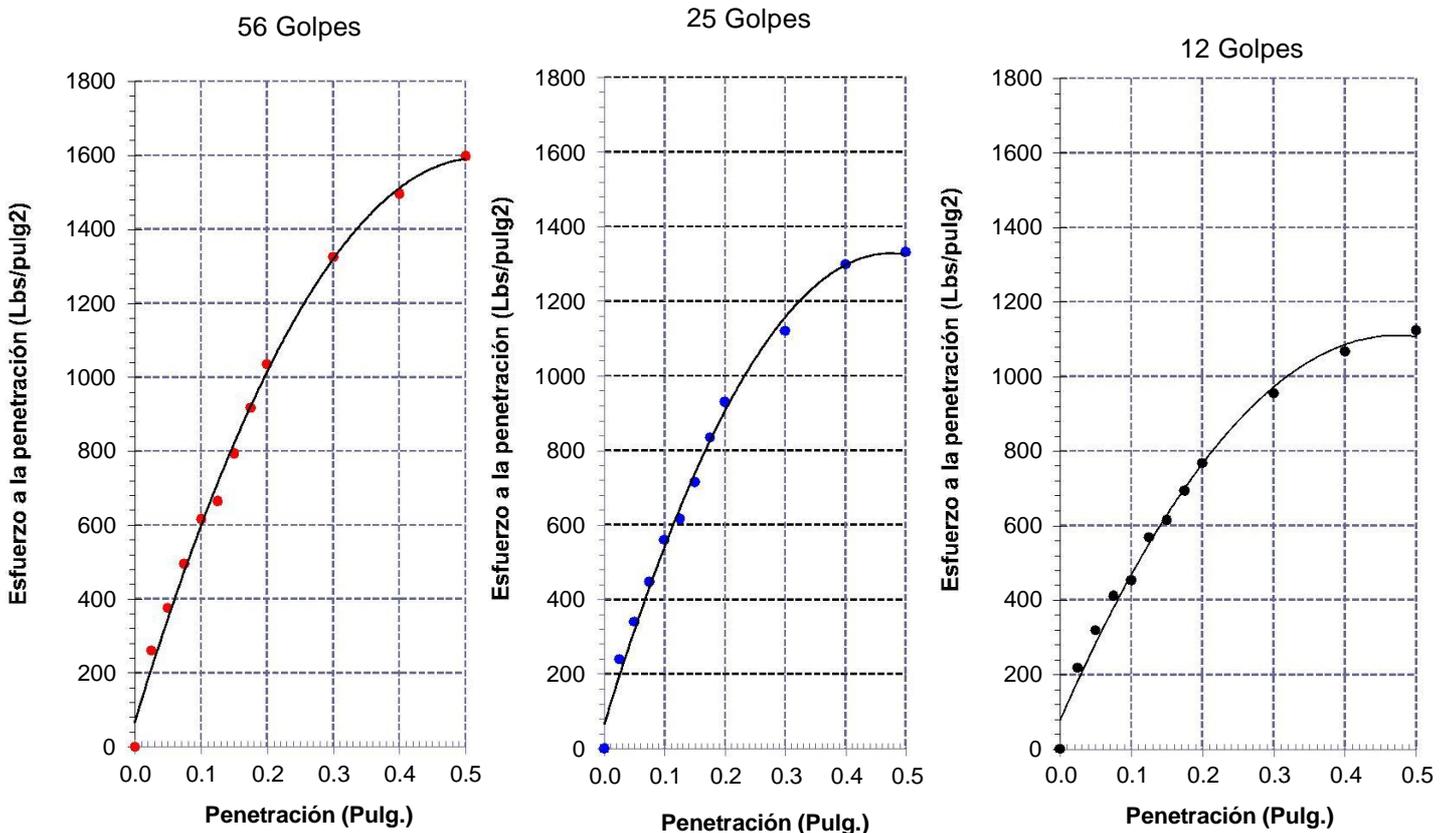
Identificación de la muestra:

Calicata: C-2+11% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

- Tesista** : Atao Huaman, Yoel Miguel
- Tesis** : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022
- Ubicación** : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas
- Fecha** : Abril de 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-2+11% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.006 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.77 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	19.03	2.006	0.57	0.1"	100	18.19
02	25	13.74	1.805	0.70	0.1"	95	13.83
03	12	10.96	1.705	0.92	0.2"	100	22.52
					0.2"	95	16.61

Diagrama de Proctor

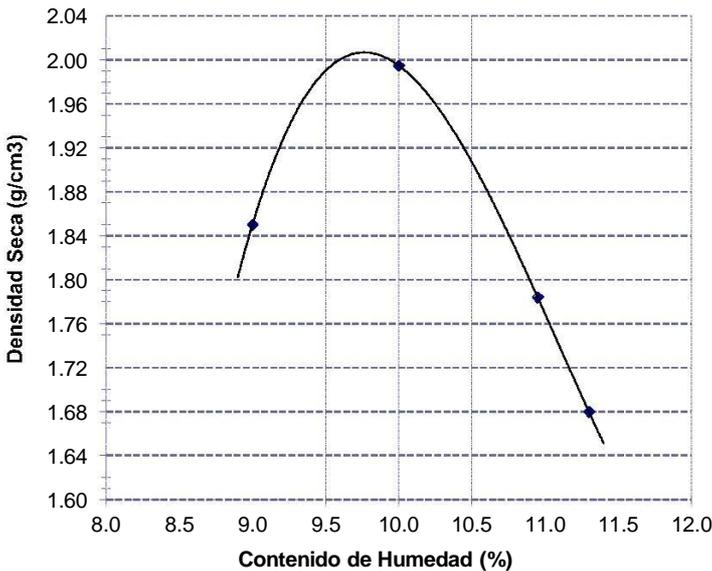
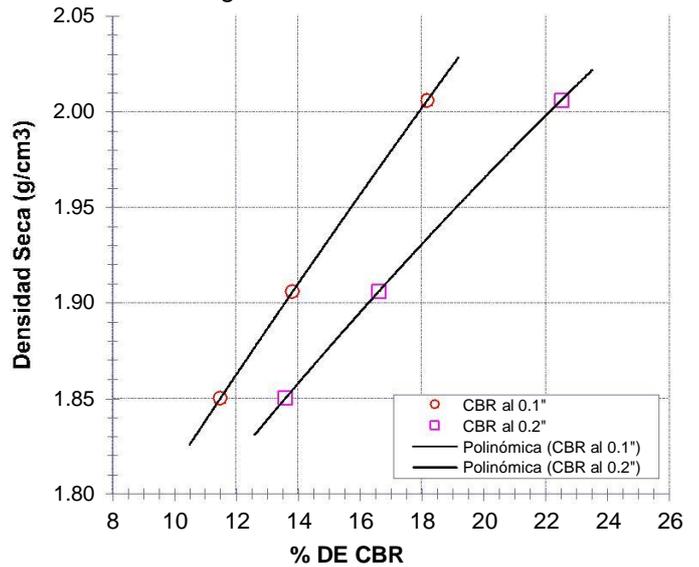


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
 JEFE LABORATORIO

G.A.C.
 GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

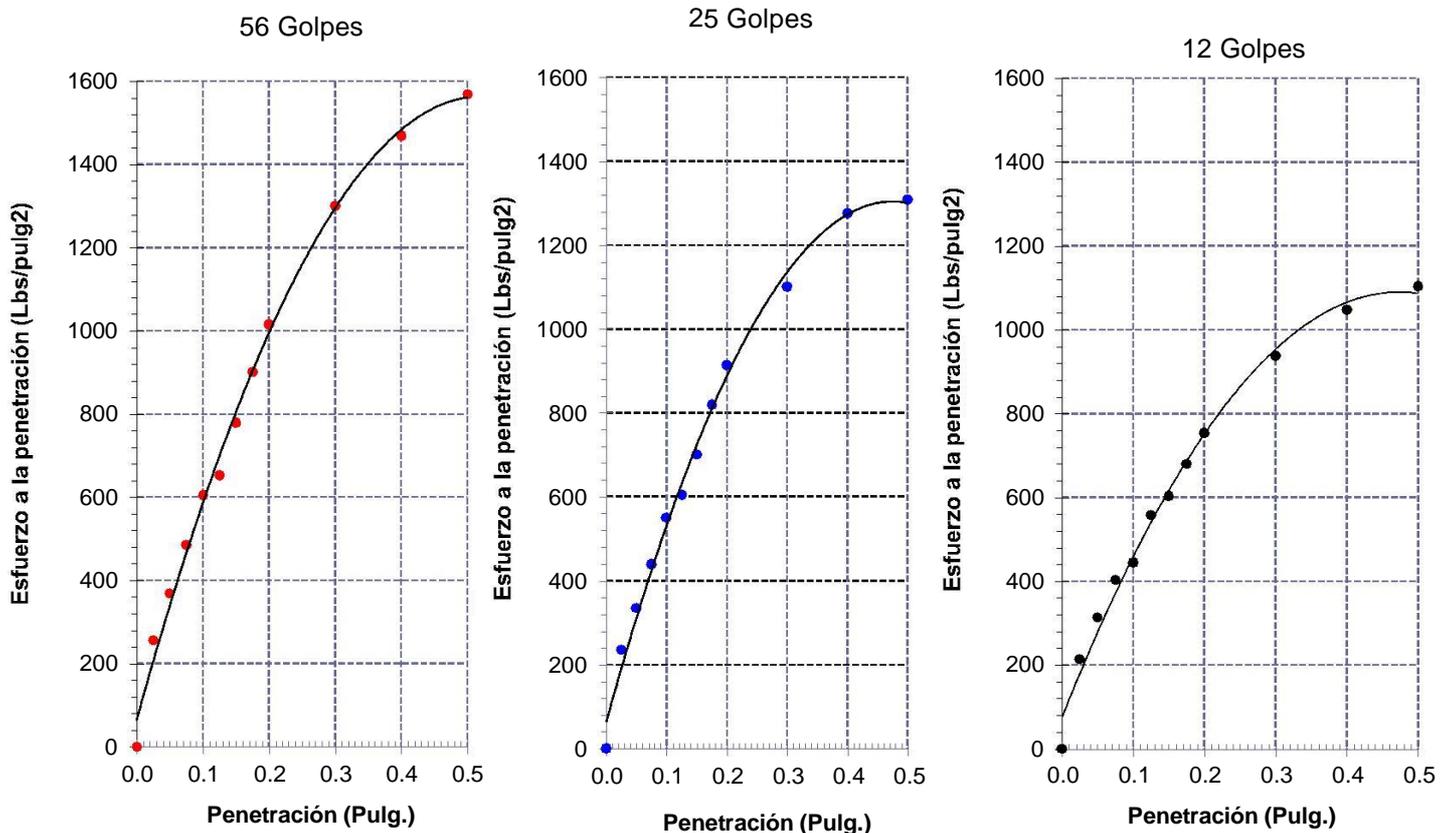
Identificación de la muestra:

Calicata: C-3+11% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-3+11% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.045 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.68 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	17.13	2.045	0.59	0.1"	100	18.40
02	25	12.36	1.841	0.72	0.1"	95	14.14
03	12	11.51	1.738	0.95	0.2"	100	22.89
					0.2"	95	16.98

Diagrama de Proctor

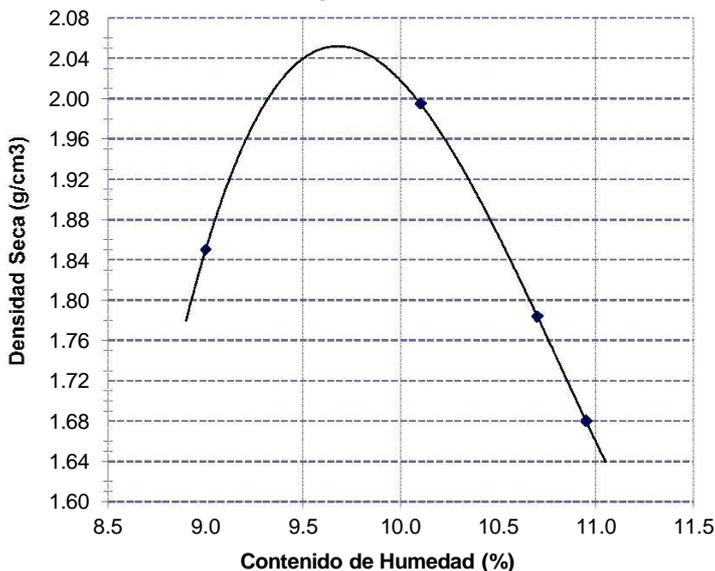
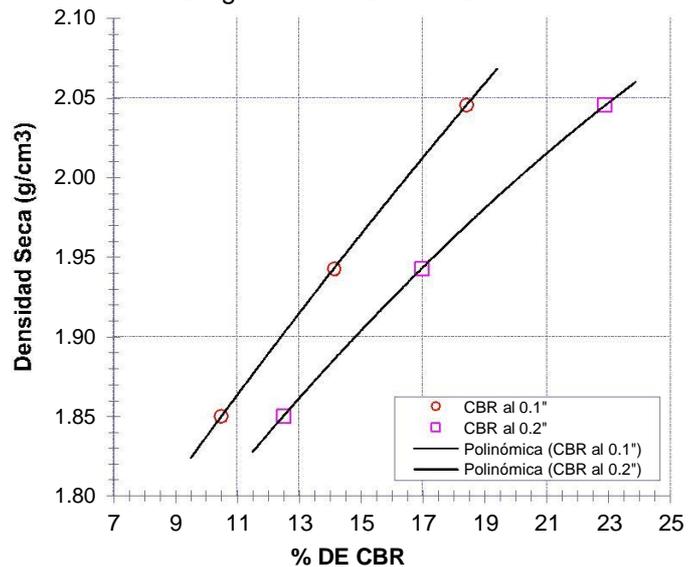


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
 JEFE LABORATORIO

G.A.C.
 GUILLERMO GUSTAVO ARIOLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

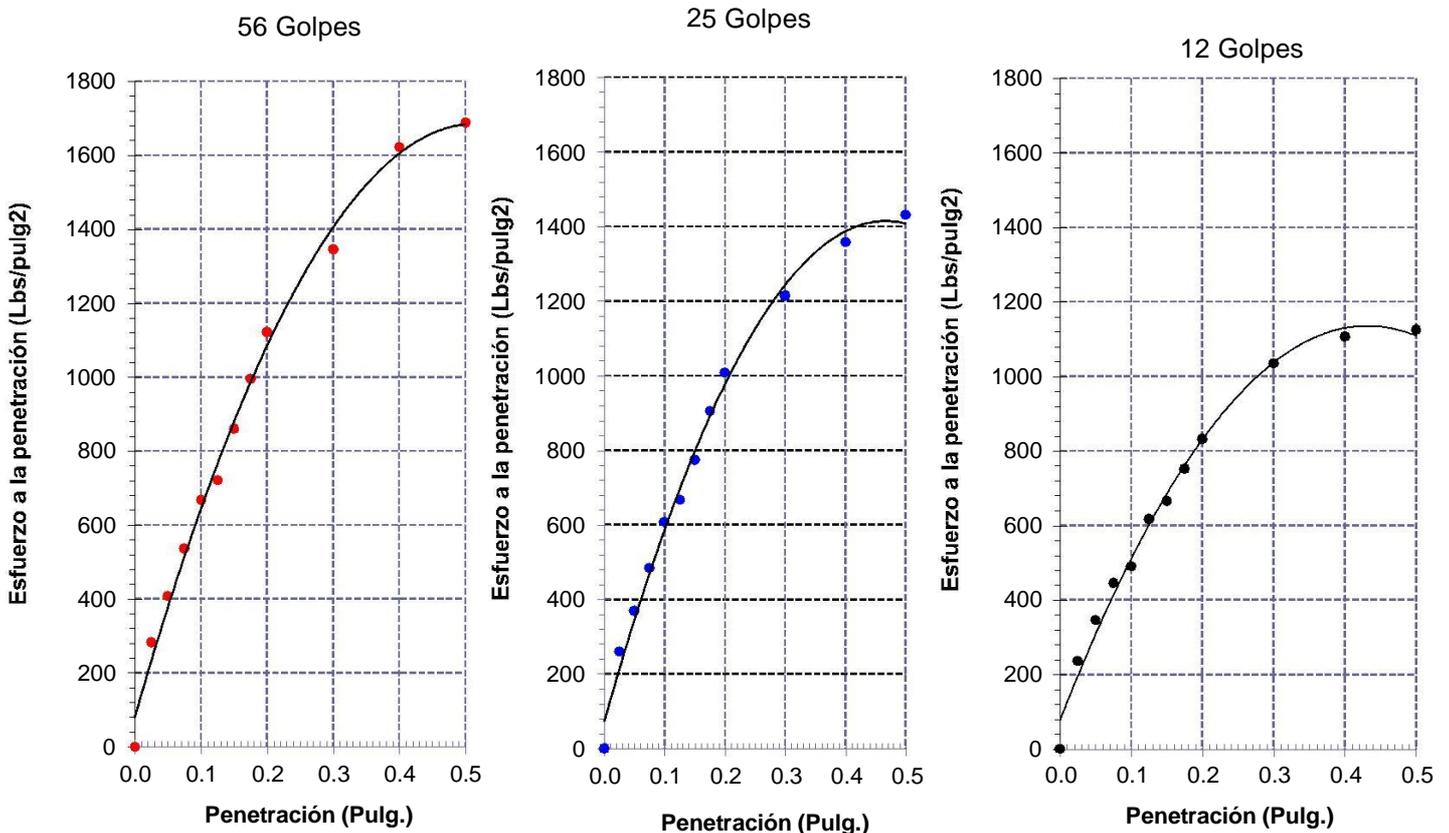
Identificación de la muestra:

Calicata: C-4+12% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-4+12% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.056 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.91 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	21.57	2.056	0.61	0.1"	100	21.80
02	25	15.57	1.850	0.75	0.1"	95	16.79
03	12	13.70	1.748	0.98	0.2"	100	27.16
					0.2"	95	20.17

Diagrama de Proctor

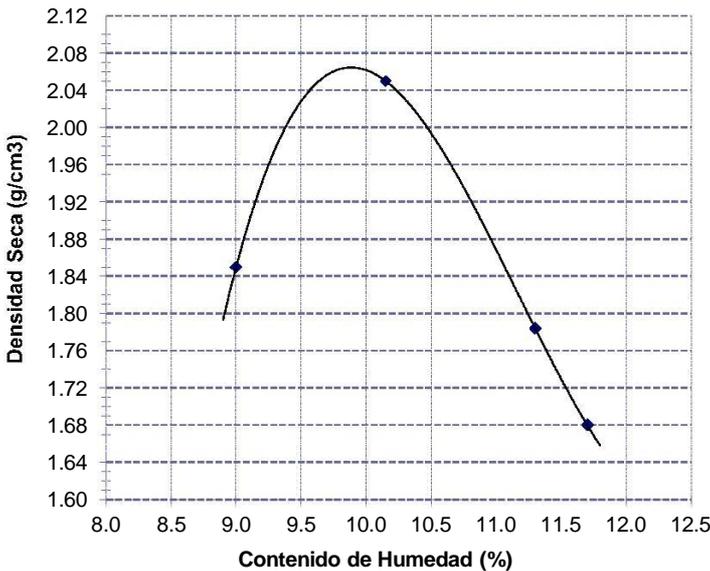
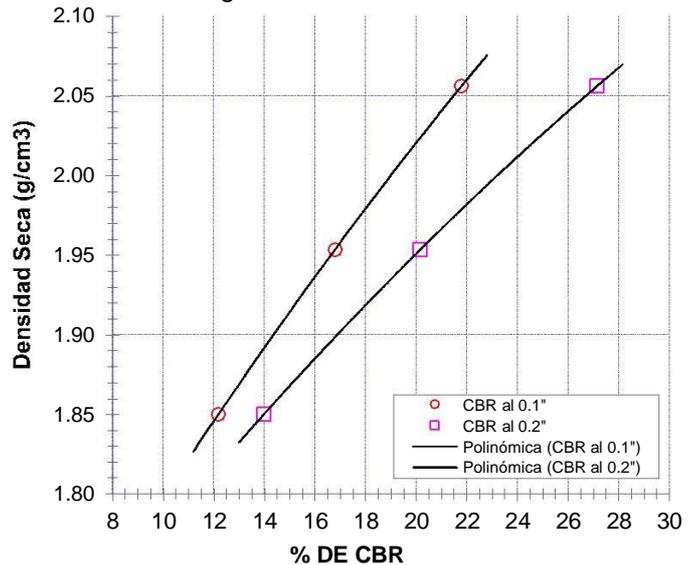


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
 JEFE LABORATORIO

G. A. C.
 GUILLERMO GUSTAVO ARROLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champacocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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

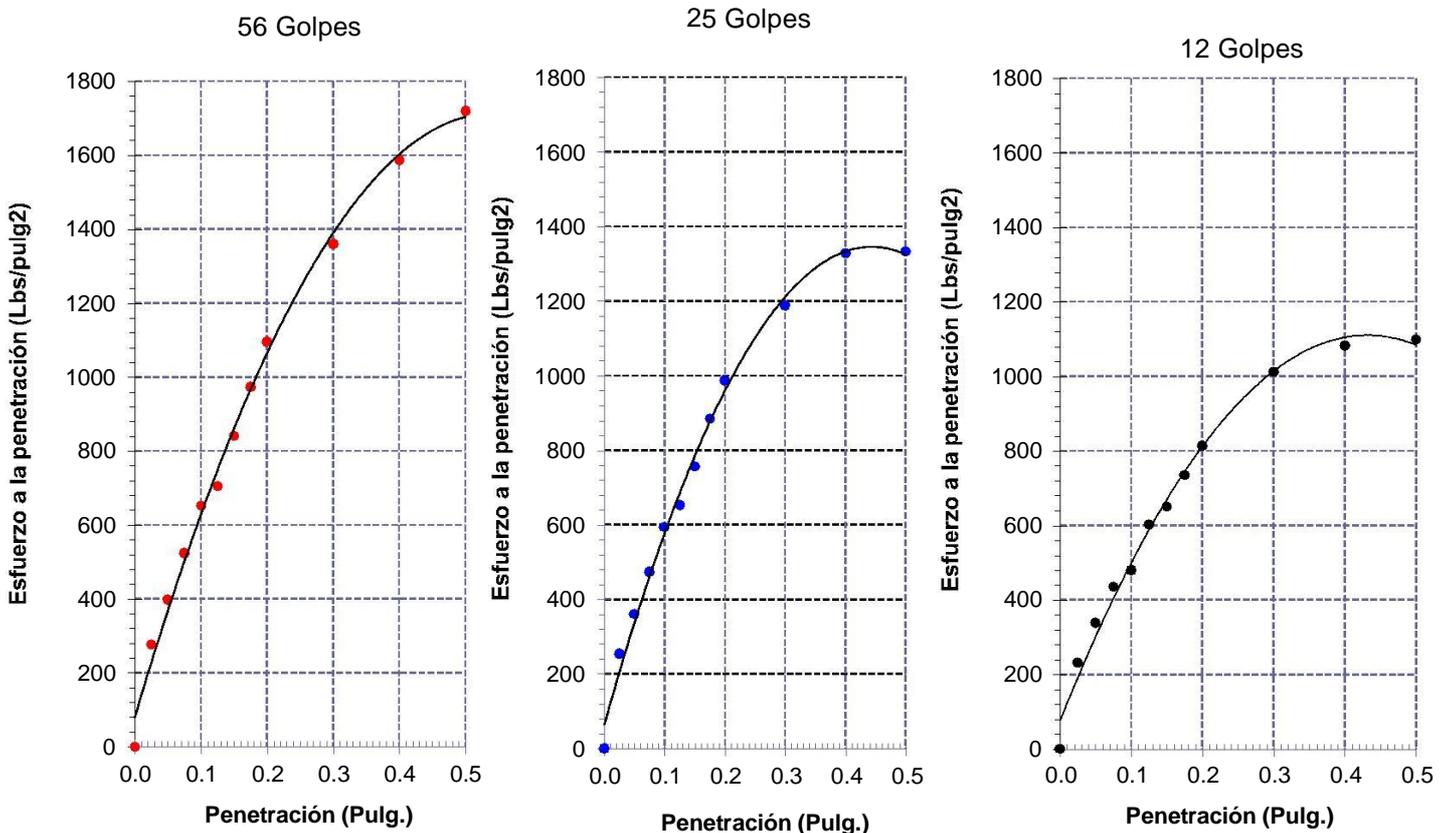
Identificación de la muestra:

Calicata: C-5+12% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

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



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
Jack A. Enciso Valderrama
GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulca
JEFE LABORATORIO

G.A.C.
GUILLERMO GUSTAVO ARRIOLA CARRASCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 169897



Constructora ENCIVAL S.A.C.

R.U.C. 20608039300

Laboratorio de ensayos de materiales y concreto

DIRECCION: AV. CONFRATERNIDAD S/N

Tesista : Atao Huaman, Yoel Miguel

Tesis : Evaluación del comportamiento mecánico de subrasante estabilizándolo con cemento y cal entre pueblos Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas 2022

Ubicación : Champaccocha y Cupisa, San Jerónimo, Andahuaylas

Fecha : Abril de 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-5+12% de cemento

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	2.081 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.11 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Expansión (%)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	22.84	2.081	0.61	0.1"	100	22.02
02	25	16.48	1.873	0.75	0.1"	95	17.06
03	12	14.24	1.769	0.92	0.2"	100	27.50
					0.2"	95	20.48

Diagrama de Proctor

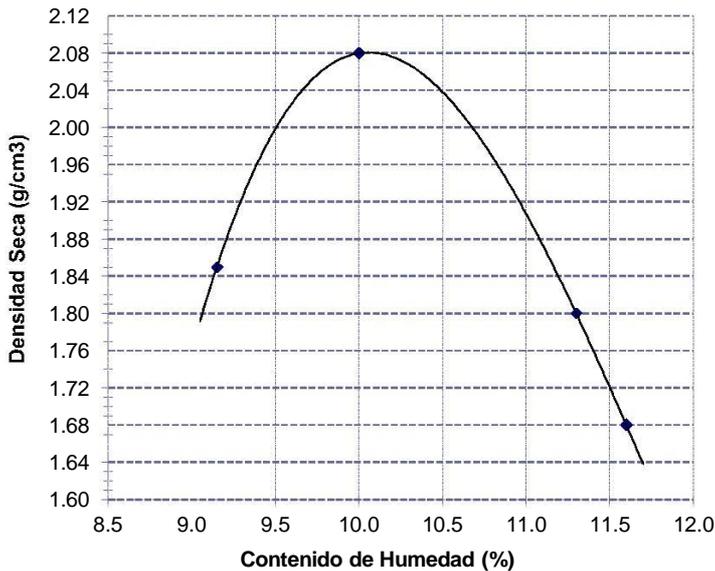
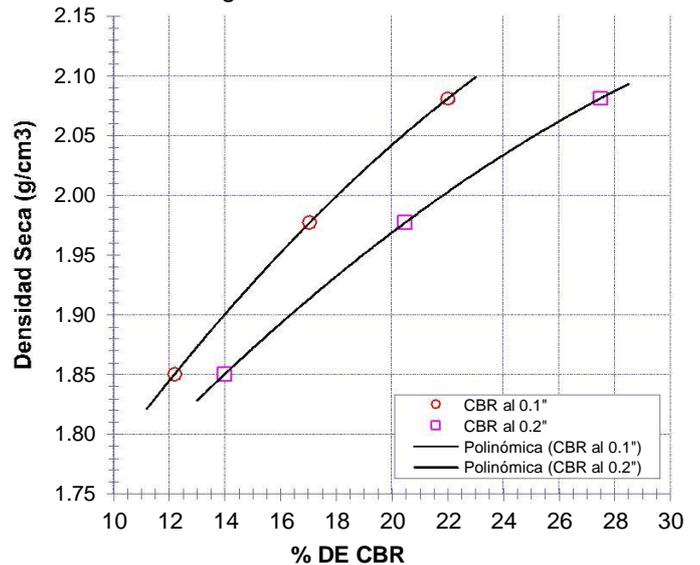


Diagrama de CBR vs. Densidad



Observaciones:

El muestreo e identificación fue realizado por el solicitante.

CONSTRUCTORA ENCIVAL SAC
 Jack A. Enciso Valderrama
 GERENTE GENERAL

Veronica Luque Sulica
 JEFE LABORATORIO

G.A.C.
 GUILLERMO GUSTAVO ARROLA CARRASCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 169897

Anexo N° 7: Toma Fotográfica



TRAMO DE INICIO DE INVESTIGACIÓN.



TRAMO FINAL DE INVESTIGACIÓN.



TRABAJO DE CAMPO PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.



RECORRIDO DEL TRAMO DE INVESTIGACIÓN.



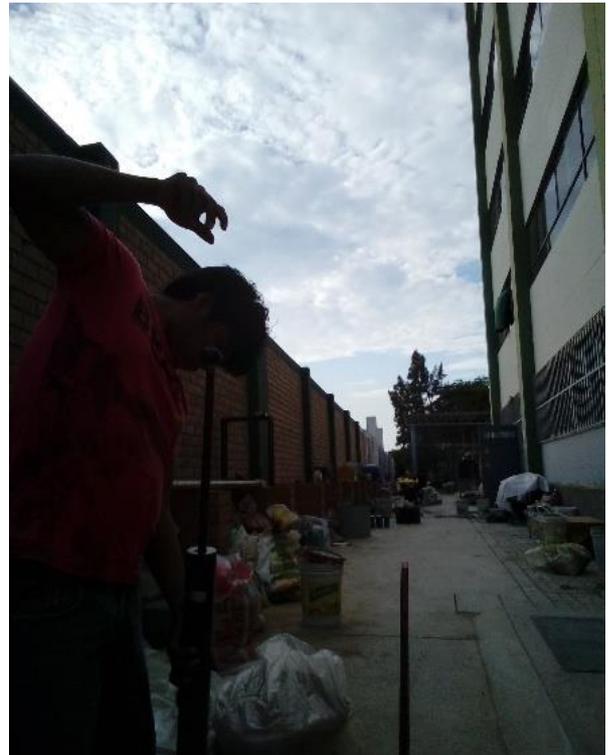
EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA NATURAL.



MUESTRAS EXTRAÍDA PARA EL ESTUDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.



LAVADO DEL SUELO PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.



COMPACTACIÓN, COLOCACIÓN Y ENRASE DE LA MUESTRA.



PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR.



EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS