



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub
rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.**

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

AUTORA:

Flores Cahui, Roxana (orcid.org/0000-0001-8595-1566)

ASESOR:

Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo (orcid.org/0000-0003-0254-301X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

HUARAZ – PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis queridos padres Eugenio Flores y Barbara Cahui por darme la vida, por sacrificarse en darme lo más preciado que es la educación y por ser mi apoyo incondicional, inculcándome valores para guiarme correctamente y en ella la virtud por lograr y anhelar lo mejor en este difícil y arduo camino de la vida, en lo económico contribuyendo en el proceso y terminación de mi tesis.

Flores Cahui Roxana

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la maravillosa familia que siempre ha creído en mí, impartíendome el ejemplo de sobresalir, humildad y esfuerzo; enseñándome todo lo que tengo, sin el apoyo de mis padres no hubiese podido estudiar la carrera que me gusta gracias a ustedes yo me siento el ser más afortunado de este mundo por tenerlos, les agradezco por todo, en especial por ser los principales benefactores del desarrollo de mi tesis.

Agradezco a mi asesor M(o). De La Cruz Vega, Sleyther Arturo Vidal por su tiempo y paciencia lo que ha contribuido y hacer posible este logro, también a la Universidad César Vallejo por darme la oportunidad de alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

Flores Cahui Roxana

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCO TEÓRICO.....	6
III.- METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación:.....	16
3.2. Variables y Operacionalización:.....	17
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	18
3.5. Procedimientos:.....	19
3.6. Método de análisis de datos:.....	22
3.7. Aspectos éticos:.....	23
IV.- RESULTADOS.....	24
V.- DISCUSIÓN.....	34
VI.- CONCLUSIONES.....	37
VII.- RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXOS.....	45

Índice de tablas

Tabla 1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
Tabla 2 Coordenadas de las calicatas – Capachica a Chifron	20
Tabla 3 Resultados del ensayo Eades & Grim	21
Tabla 4 Resultados de estabilización de suelo con diferentes porcentajes de cal para el mejoramiento de la sub rasante	24
Tabla 5 Resumen de resultados de la variación de Límites de Consistencia.....	25
Tabla 6 Resultados del ensayo de proctor modificado con adición de cal	27
Tabla 7 Resultados del ensayo de CBR.....	30

Índice de gráficos y figuras

Figura 1 Número de calicatas para exploración de suelos	13
Figura 2 Número de ensayos de Mr y CBR.....	15
Figura 3 Ubicación de la carretera desvió Capachica a Chifron.....	20
Figura 4 Gráfica de porcentaje de cal óptimo eades & grim.....	21
Figura 5 Gráfica de barras de resultados de Límite Líquido.....	25
Figura 6 Gráfica de barras de los resultados de Límite Plástico	26
Figura 7 Gráfica de barras de los resultados de Índice de plasticidad	26
Figura 8 Gráfica de barras de MDS con % de adición de cal	27
Figura 9 Curva de compactación Proctor muestra patrón	28
Figura 10 Curva de compactación Proctor 4% cal	28
Figura 11 Curva de compactación Proctor 6% cal	29
Figura 12 Curva de compactación Proctor 8% cal	29
Figura 13 Capacidad de soporte al 95%	30
Figura 14 Capacidad de soporte al 100%	31
Figura 15 Relación CBR con máxima densidad seca muestra patrón	31
Figura 16 Relación CBR con máxima densidad seca muestra patrón + 4% cal...	32
Figura 17 Relación CBR con máxima densidad seca muestra patrón + 6% cal...	32
Figura 18 Relación CBR con máxima densidad seca muestra patrón + 8% cal...	33
Figura 19 Enmarcado de calicatas en la carretera Capachica a Chifron.....	79
Figura 20 Excavación de calicata 1 en la carretera Capachica a Chifron.	79
Figura 21 Datos de la calicata 1 a 100 m del inicio de la carretera.	79
Figura 22 Excavación de calicata 2 en la carretera Capachica a Chifron.	79
Figura 23 Datos de la calicata 2 a 200m de la calicata 1.	80
Figura 24 Excavación de la calicata 3 en la carretera Capachica a Chifron.....	80
Figura 25 Datos de la calicata 3 a 400m de la calicata 2.	80
Figura 26 Proceso de secado al sol de las muestras obtenidas.....	80
Figura 27 Cantera de cal de la localidad de Ayagachi.	81
Figura 28 Proceso de preparación de cal en la localidad de Ayagachi.	81
Figura 29 Cuarteo de la muestra ya secado al ambiente.	81

Figura 30 Contenido de humedad.	81
Figura 31 Realizando ensayo de análisis granulométrico por tamizado.	82
Figura 32 Juego de tamices para determinar la granulometría.	82
Figura 33 Peso de tara para el ensayo de granulometría.	82
Figura 34 Peso de la muestra retenida en el tamiz más tara.	82
Figura 35 Realizando el ensayo de EADES & GRIM según ASTM D-6276.	83
Figura 36 Mezclado de muestra y cal con diferentes porcentajes.	83
Figura 37 Mezclado de suelo, cal y agua con la prueba de Eades & Grim.	83
Figura 38 Lectura de cal óptimo pH con potenciómetro.	83
Figura 39 Ensayo de límite líquido para muestra patrón.	84
Figura 40 Ranurando para la muestra patrón con la cuchara de casagrande.	84
Figura 41 Cerrado de abertura en 25 golpes con la cuchara de casagrande.	84
Figura 42 Peso de tara más muestra ensayo de límite líquido.	84
Figura 43 Ensayo de límite plástico para la muestra patrón.	85
Figura 44 Realizando barritas de suelo con diámetro de 3mm.	85
Figura 45 Límites de consistencia con adición de cal de 4%, 6% y 8%.	85
Figura 46 Ensayo proctor modificado con el método A para la muestra patrón. ...	85
Figura 47 Proceso de llenado de la muestra al molde del proctor modificado.	86
Figura 48 Peso del molde más muestra compactada del proctor.	86
Figura 49 Ensayo proctor modificado con adición de cal 4%, 6% y 8%.	86
Figura 50 Peso de muestra patrón para la realización del ensayo de CBR.	86
Figura 51 Pesando el molde del CBR.	87
Figura 52 Ensayo de CBR muestra patrón compactando en 5 capas.	87
Figura 53 Proceso de realización del ensayo de CBR muestra patrón.	87
Figura 54 Proceso de enrasado de la muestra patrón.	87
Figura 55 Proceso de realización del ensayo de CBR muestra patrón.	88
Figura 56 Inmersión en tanque de agua por 4 días lecturando cada 24 hrs.	88
Figura 57 Peso de molde de CBR más muestra después de la inmersión.	88
Figura 58 Ensayo de penetración CBR en la prensa hidráulica.	88
Figura 59 Realizando la lectura del ensayo de penetración CBR.	89
Figura 60 Peso de cal 4%, 6% y 8% para realizar el ensayo de CBR.	89
Figura 61 Dosificación de la muestra con cal en 4%, 6% y 8% para el CBR.	89

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.

La metodología empleada en el presente proyecto de investigación es de tipo aplicada y de diseño experimental, con un enfoque cuantitativo. La población del presente proyecto de investigación estará compuesta por 2.00 km de la carretera desvió Capachica a Chifron del distrito de Capachica en toda su longitud, la muestra será un tramo de 1km de la progresiva 0+000 al 1+000 de la carretera, el muestreo es no probabilístico por conveniencia porque la investigación que se está realizando se seleccionó a criterio y conocimiento del investigador, la unidad de medida es de 1 km de la carretera.

Para la estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno se realizaron los estudios y ensayos de laboratorio para determinar la capacidad resistente del suelo, se obtuvieron los siguientes resultados, se tiene un índice de plasticidad de 15.00%, se obtuvo la máxima densidad seca de 1.82 gr/cm³ con un contenido de humedad de 16.60% y la capacidad resistente CBR es de 42.80% con adición de 6% de cal, estos resultados son muy importantes por que logran mejorar el comportamiento del suelo natural con un índice plasticidad de 30.00%, la máxima densidad seca de 1.83 gr/cm³ con un contenido de humedad de 17.40% y capacidad resistente CBR es de 2.20%.

Se concluye que la estabilización del suelo con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno se tiene un índice de plasticidad de 15.00% con una máxima densidad seca de 1.82 gr/cm³ y un contenido de humedad de 16.60%, la capacidad resistente CBR es de 42.80% con adición de 6% de cal que es la proporción optima, estos resultados son muy importantes por que logran mejorar el comportamiento del suelo natural.

Palabras clave: Suelos, estabilización con cal, subrasante.

ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the stabilization of soils with lime for the improvement of the subgrade on the Capachica highway, Puno, 2022.

The methodology used in this research project is applied and experimental design, with a quantitative approach. The population of this research project will be made up of 2.00 km of the highway that diverted Capachica to Chifron in the district of Capachica in its entire length, the sample will be a 1km section of the progressive 0+000 to 1+000 of the highway, the Sampling is non-probabilistic for convenience because the research being carried out was selected at the discretion and knowledge of the researcher, the unit of measurement is 1 km from the highway.

For the stabilization of soils with lime for the improvement of the subgrade on the Capachica highway, Puno, studies and laboratory tests were carried out to determine the resistant capacity of the soil, the following results were obtained, it has a plasticity index of 15.00 %, the maximum dry density of 1.82 gr/cm³ was obtained with a moisture content of 16.60% and the CBR resistant capacity is 42.80% with the addition of 6% lime, these results are very important because they improve the behavior of the natural soil with a plasticity index of 30.00%, the maximum dry density of 1.83 gr/cm³ with a moisture content of 17.40% and CBR resistance capacity is 2.20%.

It is concluded that the stabilization of the soil with lime for the improvement of the subgrade on the Capachica highway, Puno, has a plasticity index of 15.00% with a maximum dry density of 1.82 gr/cm³ and a moisture content of 16.60%, the CBR resistant capacity is 42.80% with the addition of 6% lime, which is the optimal proportion, these results are very important because they improve the behavior of the natural soil.

Keywords: Soils, stabilization with lime, subgrade.

I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en diversas carreteras a nivel mundial, especialmente en Latinoamérica, existe diversas problemáticas en torno a la proyección, el diseño y la construcción de los pavimentos, particularmente en lo que se relaciona a la calidad y capacidad resistente del suelo. En diversos países de la región, se suelen observar tramos de carreteras y autopistas que no suelen poseer una durabilidad esperada, la problemática puede deberse a diversos factores tales como la escasa asesoría por parte de un ingeniero especialista, financiamiento muy bajo, corrupción, diseños inadecuados, porcentaje de humedad que afectan a la calidad de suelo, el nivel de carga de resistencia que posea un tramo determinado, etc.

La calidad del suelo es fundamental al momento de iniciar una obra, por ello es fundamental conocer las características del suelo en donde se va a trabajar, en donde se evaluará si se evidencian arcillas de baja plasticidad; evaluar los ecosistemas contenidas dentro del mismo, los cuales afectarán el nivel de capacidad portante de la subrasante. La arcilla presentada en los suelos resulta un obstáculo común al momento de planear un proyecto de obra, esto debido a que la arcilla posee una gran cantidad de agua que impedirá la permeabilidad del suelo, además que afectara la durabilidad de una autopista o carretera, teniendo que volver a construir la carretera, esto genera un gasto que se puede evitar si se analizan debidamente los suelos antes de iniciar una obra. Por ello, diversos países de la región, una vez analizado el suelo arcilloso, emplean alternativas tales como cal, como medio de estabilización de suelos y obtener de esa manera un suelo con mayor durabilidad. Para obtener la estabilización del suelo a trabajar, es necesario mezclarlo con cal viva o apagada, conjuntamente con el elemento hídrico. El proceso varió acorde al caso, en donde se suele emplear un 90% de cal con Cao relevante, en donde se mezclará una media de 5% de cal apagada o con un 3% de permitir que la cal viva actúe sobre el peso seco del suelo, por supuesto las cantidades suelen variar, para ello, los suelos más adecuados serán los que presenten granulometría fina y una plasticidad relevante lo cual será muy útil al momento de ejecutar la obra.

Según Chicaiza y Oña (2018), la mejora del suelo, así como su estabilización son aspectos diferentes, sin embargo, se encuentran relacionados y son útiles para determinar si una obra será exitosa o por el contrario no procederá debido a las bajas probabilidades de durabilidad del suelo. Para ello, se conseguirá inicialmente un mínimo incremento de la capacidad de resistencia relacionado con un determinado valor del suelo.

Para Huevo y Orellana (2009), estabilizar los suelos arcillosos con cal resulta una alternativa efectiva para obtener una estructura impermeable, duradera y con mayor capacidad de carga, lo cual ayuda a muchos gobiernos locales a poseer pistas y carreteras con mayor duración, evitando los problemas comunes respecto a la calidad del suelo. Para trabajar con la cal viva, es necesario que los operarios tomen las precauciones respectivas al momento de manipular tales elementos, es por ello fundamental que se proteja al trabajador sobre tener cuidado con el contacto con la piel y así evitar algún tipo de daño.

Según Mateos de Vicente (2007) sostiene que la estabilización con cal incrementa el límite de plasticidad en suelos con índices bajos de esta capacidad. No obstante, reduce la plasticidad de los suelos de ductilidad media y alta en los que se reduce la humedad del suelo, así como permitirá densificar los suelos con una humedad natural incrementada al aumentar en nivel de humedad óptima de compactación. Sin embargo, la estabilización con cal disminuye la densidad máxima del suelo original, por lo que será necesario analizar de manera profunda y adecuada.

En el ámbito nacional, el Perú no está exento de sufrir problemas asociados con la calidad del suelo en sus vías, Lima la ciudad más poblada del país, en donde se suele observar que en la periferia de la ciudad, existen suelos con poca durabilidad y calidad, que causan alteraciones y ahuellamientos en la mayoría de las vías que existen, lo cual puede afectar un tramo de carretera o la implementación de una calzada, como tal, el suelo es un material muy diversa y variable por lo que se torna necesario realizar los análisis respectivos y evitar problemas al momento de implementar alternativas para mejorar la calidad del suelo a trabajar.

La norma de pavimentos del MTC, sostiene que será necesario reemplazar un suelo o camino cuando se evidencia la presencia de arcilla o mala calidad en el suelo a trabajar, en donde se requiere una acción mecánica o química para mejorar o estabilizar el proceso, se estipula que el producto debe ser reemplazado. Todo ello logrará evitar la contaminación de suelo, así como la poca durabilidad de un determinado elemento, en donde será necesario analizar el tipo de suelo de este conjunto de suelos. Limo, mezcla de caliza/arena/grava, mayor plasticidad, arcilla plástica, arcilla plástica media, arcilla muy plástica.

A nivel local, la carretera desvió Capachica a Chifron está situada al sur del país, en la provincia de Puno, en la región de Puno, la cual tiene una longitud de 2 kilómetros y conecta a Capachica con diferentes comunidades, el distrito de Capachica tiene suelos inestables a causa de granizadas y lluvias, sus caminos y carreteras vecinales están en pésimas condiciones. Cabe destacar que la zona posee un alto tránsito vehicular tales como autos, taxis, motos y carga pesada, por lo que será fundamental analizar la calidad de suelo y la cantidad de arcilla que pueda poseer el mismo, para de ese modo asegurar su durabilidad y poder mejorar la calidad de las personas quienes se verán beneficiadas al contar con carreteras duraderas, en el lugar no se ha realizado aún ninguna investigación para carreteras afirmadas con mejoramientos de cal.

Para hallar la solución óptima al problema, se encontraron varias fuentes de estudios con el uso de estabilizadores químicos del suelo como la cal, NaCl, cemento; los que mejoran las propiedades físicas y mecánicas con adición de porcentajes adecuadas, reduciendo los daños que sufre la estructura de la carretera. Para lograr estabilizar un suelo arcilloso, se podrá emplear cal, las cuales son alternativas que poseen múltiples beneficios respecto al costo y tiempo estimado de la ejecución de obra. Por tal motivo la importancia del tema de investigación permite captar un poco más sobre el comportamiento del suelo, donde se realizarán mejoras en las carreteras afirmadas y así contribuir dando un aporte técnico a población.

Por ello, según lo planteado anteriormente, el presente proyecto investigativo posee la siguiente formulación del problema general: ¿Cuál es la estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno,

2022?, y los problemas específicos del presente proyecto de investigación son: ¿Cuál será la variación de límites consistencia adicionando cal en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022?, ¿Cuál será el resultado del ensayo de Proctor modificado que se obtendrá adicionando cal en las diferentes muestras para estabilizar la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022?, ¿Cuál es la resistencia del ensayo de CBR que se obtiene adicionando diferentes porcentajes de cal para el mejoramiento del suelo de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022?. Así mismo, en la presente investigación, se encuentran las siguientes justificaciones: se justifica de manera **teórica** puesto que el presente estudio, brindará las bases, así como las características necesarias para un diseño y evaluación óptima empleando ensayos que ayuden a identificar el estado del suelo en la carretera de estudio; basándose en las reglas establecidas dentro del marco del MTC, manteniendo un especial cuidado a la hora de realizar los análisis respectivos con el fin de evaluar la carretera y así poseer un suelo óptimo. Es importante analizar el estado del suelo con el fin de obtener obras duraderas, esto generará impactos positivos en la comunidad, la cual se verá beneficiada en muchos aspectos y dará a la ciudad un aspecto más ordenado y estético; así mismo la **justificación social** del proyecto de investigación tiene como finalidad contribuir con alternativas que buscan estabilizar la subrasante presente en la carretera de estudio, se busca a su vez, mejorar la accesibilidad, la transitabilidad, reducir gastos, la baja calidad de suelo, la contaminación de diversos recursos y así poder brindar información de carácter aplicativo para que los futuros investigadores y autoridades competentes puedan realizar y poder contribuir tanto a la sociedad como al medio ambiente, se justifica de manera **práctica** dado que este proyecto de investigación tiene como objetivo encontrar soluciones a los problemas planteados y mejorar la calidad de las vías que ocasionan diversos incertidumbres que afectan el estilo de vida de los pobladores, por lo tanto se cree conveniente implementar nuevas tecnologías con el fin de minimizar los problemas que acontecen día a día en la región Puno relacionados al pavimento. Lo que se buscará es que a largo plazo las autoridades respectivas demuestren mayor interés al momento de iniciar una obra referente al área de caminos y carreteras, poniendo especial énfasis al analizar la calidad del suelo sobre el que se va a trabajar, observando así alternativas para su mejoramiento y estabilización, lo cual será de beneficio para la población del lugar, así como a los visitantes y población en

general, puesto que se observaran menos molestias y gastos al poseer caminos y carreteras de calidad (Carrasco, 2018, p.78), respecto a la **justificación ambiental**, el análisis de la calidad de la superficie analizada beneficiará de manera directa al analizar los microsistemas ubicados en la misma, los cuales deberán ser protegidos empleando materiales que eviten desgastar el suelo. (OEFA, 2018, p.56); por último, la **justificación económica** se justificará de manera económica puesto a que el desarrollo de este estudio permite analizar la situación actual de los caminos mencionados en el estudio y se recabará información para poder analizar el volumen de arcilla presenten y poder así implementar cal para mejorar la durabilidad del suelo, lo cual resulta una alternativa eficaz y menos costosa al momento de estabilizar los suelos.

Este proyecto de investigación plantea como objetivo general: Determinar la estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022. Contando a su vez con los siguientes objetivos específicos: “Determinar la variación de límites de consistencia adicionando cal en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022”, “Conocer los resultados del ensayo de Proctor modificado en diferentes porcentajes de adición de cal en las muestras para estabilizar la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022”, “Determinar la resistencia del ensayo de CBR adicionando diferentes porcentajes de cal para el mejoramiento del suelo de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022”. Por último, el presente trabajo investigativo posee la siguiente hipótesis general: La estabilización de suelos con cal, mejorará la capacidad resistente y la máxima densidad seca en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022. Así mismo se obtienen las siguientes hipótesis específicas: “Con la adición de cal se obtuvo resultados favorables en la variación de límites de consistencia en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022”, “Los resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado son óptimos con la adición de cal para la estabilización de la sub rasante según las normas aplicadas en la carretera Capachica, Puno, 2022”, “La resistencia del ensayo de CBR con la adición de cal incrementa de manera moderada en la estabilización del suelo de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022”.

II.- MARCO TEÓRICO

Este presente proyecto de investigación cuenta con los siguientes antecedentes internacionales:

Gavilanes (2015), en su trabajo de Titulación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil denominado: *Estabilización y mejoramiento de sub-rasante de suelos mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur* en la Universidad Internacional Del Ecuador. Su trabajo tiene como objetivo principal determinar, analizar y evaluar las propiedades físico-mecánicas del mejoramiento y estabilización de suelos en el Sector Santos Pamba barrio Colinas del Sur, donde el material determina el grado en la vía. El empleo de la cal para estabilizar el suelo es beneficioso debido a sus propiedades de compactación similares al suelo estabilizado con cal, ya que proporciona una mejor capacidad de carga para mejorar el suelo, aumenta la mayor densidad y reduce la humedad óptima.

Rivera et al (2020) en su artículo denominado: *Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión)*. Su investigación realizada en Cartagena, tuvo como objetivo evaluar los diversos cementantes tradicionales al momento de estabilizar el suelo. La metodología empleada fue la pre experimental, en donde se utilizó un enfoque cuantitativo, la muestra empleada fue un tramo de suelo arcilloso ubicado en la ciudad de Cartagena, por lo que se emplearon diversas técnicas de cementación entre ellas cal, con el fin de analizar el nivel de estabilización que poseía al momento de aplicarse en suelo arcilloso, los resultados evidenciaron que los diversos procesos químicos empleados para la estabilización de los suelos, son eficaces a la hora de reducir el nivel de humedad, en donde se observó que la cal viva, cumplía con las expectativas consideradas al momento de reducir el nivel hídrico dentro del suelo. Los autores concluyeron que la cal viva es un elemento fundamental y relativamente económico al momento de estabilizar los suelos, por supuesto que la cantidad empleada, tendrá que ser analizada acorde a los objetivos que se espera alcanzar.

Pérez y Torres (2015) en su trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Geotecnia Ambiental denominado: *Estudio de la cal y el cloruro de sodio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad* en la Universidad de Santander. Su trabajo sostiene como objetivo analizar los efectos de cal y cloruro de sodio como medio para el mejoramiento de la capacidad resistente y control de expansión de suelos con arcilla. La conclusión del presente trabajo fue que la cal es un agente estabilizador que incrementa en la resistencia del suelo.

La presente investigación cuenta a su vez con los siguientes antecedentes nacionales:

Ángulo y Zavaleta (2020) en su tesis para ingeniero civil titulado: *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* en la Universidad Científica del Perú. Su estudio tiene por objetivo determinar el efecto de estabilizar el suelo arcilloso con cal para el mejoramiento de las características físicas y mecánicas como la superficie de rodadura en la Ampliación de Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019. Se concluyó que el índice de plasticidad del suelo natural es 20.88%, con 6% de cal viva se logra un índice de plasticidad de 14.27%, la cal viva presenta un incremento significativo en el CBR, con la proporción de 6% se obtiene CBR de 37.65%. De este modo es posible emplear la cal viva en suelo arcilloso para reducir el nivel de humedad y ejecutar de acuerdo a los parámetros de resistencia que exige el MTC, por lo que es recomendable emplear este elemento siempre y cuando se identifique la ausencia de capas de rodadura.

Moale y Rivera (2019) en su tesis que lleva por título: *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica*. Tiene por objetivo el mejoramiento de la capacidad portante de la sub rasante por medio de la estabilidad química del suelo en estudio a la proporción óptima de cal. En conclusión, las características físicas del suelo el índice de plasticidad es de 13%, de acuerdo a la clasificación de suelos es una arcilla de baja plasticidad CL, la mayor densidad y humedad óptima del suelo con adición de distintos porcentajes de cal usando el Método A. La densidad seca

máxima del suelo natural es de 1.85 g/cm³ con un contenido de humedad óptimo de 13.40%, con los valores obtenidos del Proctor se procedió a evaluar el valor del CBR del suelo natural que es 3.3% al 95% de la MDS, adicionando el 15% de cal el CBR se incrementó en 78.8%, se alcanza el porcentaje óptimo de contenido de agua y el porcentaje óptimo de cal encontrado es del 15% con la que se incrementó los valores del CBR del suelo con los resultados se diseña el pavimento sobre la superficie de la sub rasante en buen estado y otra superficie de la carretera que se encuentra en mejores condiciones con un contenido óptimo de cal. Asimismo, se efectúa el análisis comparativo de los costos de diseño de la estructura vial.

López y Ortiz (2018) en su tesis de ingeniero civil denominado: *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*. Su propósito fundamental fue determinar los beneficios técnicos de estabilizar la subrasante arcillosos con cal utilizado como base o sub-base de acera para las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay. Siguiendo los requisitos del MTC de caminos, suelos, geología, geoingeniería, manuales de pavimentos y pruebas de laboratorio de cal ASTM C-25. Establece que, si CBR fluctúa entre 6% y 10%, estos son suelos inadecuados y se recomienda reemplazar o mejorar el suelo. Por lo tanto, el levantamiento de suelos se realizó en la XIV Urbanización San Luis. Obteniendo el resultado de la muestra de la calicata 1, se clasifica como arena limo – arcillosa (SC-SM) y la muestra de la calicata 2 se clasifica como arena limosa (SM), presentando un valor aproximadamente bajo, y un valor inicial de CBR de 8.75% y la expansión es de 16.75% dado que no se cumple con las especificaciones y criterios establecidos en la norma, se aplica la prueba de eades & grim (ASTM D 6276), para la obtención del porcentaje de cal requerido para lograr la estabilización del suelo a partir de los resultados de la medición del pH del suelo. Se determina el contenido de cal para definir la eficacia de la estabilización. Los resultados del ensayo de pH de la primera muestra mostraron que el suelo necesitaba 3% de cal en peso, la segunda muestra requirió 5% en peso de cal para alcanzar el objetivo. El segundo método es la prueba de laboratorio para conseguir la propiedad física del suelo. Para ello se prepararon, compactaron e impregnaron muestras de suelo seco al 0%, 2%, 4%, 6% y 8% de cal, para su posterior determinación del valor del esfuerzo cortante (CBR) de cada muestra. Llegando al

resultado para la 01 muestra añadiendo 8% cal se obtiene el valor de CBR del 145.00%, para la 02 muestra añadiendo 8% cal se obtiene un valor de CBR de 69% muy por encima de lo establecido en los manuales del MTC. Por último, comparando suelo-cal con el suelo natural, disminuyó su índice de plasticidad y el porcentaje de expansividad. De manera que la proporción de 8% de cal es óptimo para estabilizar el suelo estudiado.

Las Bases teóricas relacionados con este trabajo de investigación son: El suelo es un material de construcción, el suelo se divide en suelo fino (arcilla y limo) y suelo grueso (arena y grava). Estos dos grupos se dividen en subgrupos, teniendo en cuenta la distribución granulométrica o distribución de los diferentes volúmenes de partícula implicados y la plasticidad aportada a diferentes niveles de humedad. Transparencia, densidad alcanzable, deformación que puede sufrir bajo tensión, estabilidad o resistencia entre otros parámetros. Según el sistema de clasificación, la mayor parte del suelo creado por la naturaleza se puede clasificar en una pequeña cantidad de subgrupos, y es relativamente fácil obtener una gran cantidad de información sobre cada suelo en particular. (Toirac, 2008).

La estabilización de suelos es el término en el que se utilizan varios métodos físicos y químicos para mejorar un espécimen de suelo para alcanzar el uso previsto. En el entorno de las carreteras, la estabilización incluye formas en las que se puede mejorar el suelo para crear capas que ayuden a la estructura de la carretera, según propiedades relacionadas con la durabilidad, la economía y la elasticidad. (Parra, 2018, p.20).

Métodos de estabilización suelos: El suelo se considera estable cuando tiene la resistencia suficiente para soportar una deformación mayor o el desgaste excesivo como consecuencia de las posibles condiciones climáticas cambiantes y además se deben mantener estas propiedades en el tiempo. Un suelo en estado natural a veces puede tener la composición adecuada del tamaño de grano, ductilidad y contenido de humedad, de manera que cuando se compactan poseen las propiedades mecánicas para ser utilizados como sustrato de caminos. En general la estabilización de suelos son procesos que mejoran la calidad de un suelo natural con el objetivo de obtener las características físicas, químicas y mecánicas

estables. Aplicando estos procesos de estabilización se pueden variar una o más características del suelo como su expansión, aumento de resistencia, reducción de ductilidad, reducción de permeabilidad, resistencia a la erosión. Se puede mejorar la resistencia del suelo y se puede convertir en un material adecuado para la construcción, resistentes al tránsito e impactos ambientales con óptima durabilidad. Existen varios métodos de estabilización de suelos que se clasifican en: Estabilización química, Estabilización física, Estabilización mecánica y Estabilización biológica. (Rivera et al, 2020).

El MTC E 1109 – 2014, define que la estabilización química de un suelo se basa en el uso de la tecnología aplicando un producto químico, comúnmente conocido como estabilizante químico, que debe mezclarse y homogenizarse con el suelo tratado y endurecido según especificaciones del producto.

La estabilización química ayuda la aglomeración de las partículas de un suelo por medio de la aplicación de estabilizantes químicos para el suelo, los más comunes y ampliamente utilizados son la cal, el cemento Portland, asfalto, el cloruro de calcio, el cloruro de sodio, las cenizas volantes. (Díaz, 2018).

La estabilización física tiene como objetivo aumentar la adherencia y la impermeabilidad. El ajuste granulométrico del material mediante la adición de otro material o ajustando su cinta granulométrica crea un material que genera una fricción mayor con las partículas y cohesión del suelo. (Higuera, Gómez y Pardo, 2012).

La estabilización mecánica de los suelos generalmente se logra mediante la compactación, este proceso busca disminuir el volumen de vacíos de los suelos, solidificar el material y reducir asentamientos futuros. (Sánchez, 2014).

La estabilización de suelos con cal se fundamenta en mejorar a largo plazo (mes/año) mediante un proceso de cementación que depende de la temperatura y las propiedades de la arcilla lo que aumenta la capacidad resistente del suelo para su uso en capas más solicitadas. Es posible obtener bases y sub bases de propiedades estructurales buenas que aumentan con el tiempo, simultáneamente

insensibiliza la capa estabilizada. Cuando se eleva la cal el pH de un suelo estabilizado a un valor de 12.40, se libera sílice y aluminio de la arcilla que reacciona con los iones de calcio de la cal, así formando silicato de calcio hidratado y alúmina, como en el caso del cemento portland, para aumentar la resistencia mecánica. La reacción con el paso del tiempo es progresiva, aumentando la impermeabilidad, sus propiedades mecánicas y la resistencia a heladas del suelo estabilizado. El porcentaje de cal requerido, necesario para asegurar y garantizar la estabilidad de reacción en el tiempo, varía entre 3% y 8%. (Sampedro, 2005).

Estabilización con cal, el aditivo más utilizado es el cemento, las cenizas volantes y la cal. Las características fundamentales para la estabilización del suelo es la modificación del suelo, aligerar el proceso constructivo y mejorar la resistencia. El tipo de cal utilizado para la estabilización del suelo fino es la cal hidratada alta en calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, cal viva (CaO), cal dolomítica monohidratada $[\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgO}]$ y cal viva dolomítica. Para estabilizar la mayoría de los suelos la cantidad óptima de cal utilizada generalmente está entre el 5.00% y 10.00%. Si se agrega cal a un suelo arcilloso, se producen reacciones químicas como el intercambio de cationes y la aglomeración de flóculos. (Braja M., 2015, p.267).

Ya citado anteriormente, la cal es un agente estabilizador comúnmente utilizada para estabilizar suelos limosos o suelos arcillosos, ya que se ha demostrado que puede modificar las características físicas y químicas, mejora la resistencia mecánica. En el caso, si solo se quiere el mejoramiento de las propiedades del suelo sin un resultado cementante, se recomienda el uso de cal en mínimas proporciones del 1% y 3% en peso del material a emplear, se denominan materiales tratados con cal. En los casos en que se desee un efecto relacionado que involucre el proceso de cementación, la variación es de 2% y 8% del peso del suelo a estabilizar, aludidos como material estabilizado con cal (Rodríguez e Hidalgo, 2005).

La cal, es el resultado obtenido de la descomposición de la piedra caliza cuando se calienta, sirve como estabilizante para mejorar la composición del suelo. Si se calientan a una temperatura superior a 900°C , obtenemos la siguiente reacción: $\text{CO}_2 + \text{Ca} + \text{calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. Esto significa que el carbonato de calcio se

descompone en óxido de calcio y el dióxido de carbono es eliminado por el gas. (Montejo, 2002, p.101).

La cal es un material reciclable, es biodegradable y la carbonización continúa hasta que entra en conexión con el gas carbónico del aire. La producción de cal produce en un 20% menor de emisión de gas carbónico que la producción mundial de cemento. No obstante, la cal absorbe el dióxido de carbono más rápido que el concreto durante la carbonatación, lo cual es bueno para el medio ambiente. La cal es un aglutinante compuesto principalmente por óxido de calcio (CaO), hidróxido de calcio Ca(OH)_2 , óxido de magnesio (MgO) además contiene SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 . Hay 2 tipos de cal, la cal aérea y la cal hidráulica que se diferencian en su composición química. La obtención de la cal aérea, cal hidráulica o cemento depende de la temperatura de calcinación de la caliza durante el proceso de fabricación. (López, Molina y Tarafa, 2020, p. 67).

La estabilización de suelos con cal tiene la ventaja de reducir la plasticidad de un suelo y mejorar su resistencia a la compactación hasta en un 60%, aumentando significativamente la cohesión del suelo y mejora ligeramente el ángulo de fricción interna. (Noriega, Vives y Muñoz, 2022).

Estabilización de suelos para subrasantes: La estabilidad de suelos mejora y reduce los costos de construcción convencional. La técnica que se aplica para la estabilización es el empleo de sustancias como cemento, sales y cal con el fin de ajustar las características del suelo para aumentar la resistencia de la subrasante, mejorar la estabilidad del pavimento, mantener y construir caminos y terraplenes, etc. (Junco, 2010).

La sub rasante, es la capa superficial de rodadura o la superficie terminada que soporta la estructura del pavimento y consiste en suelos seleccionados con propiedades permisibles y se compacta en capas para formar una masa sólida en condiciones óptimas que es independiente del peso de diseño del tráfico. La capacidad de carga durante el uso y las propiedades del material de la capa de rodadura, son variables clave en el diseño del pavimento sobre el que se pavimenta. (MTC, 2013, p. 23).

Caracterización de la sub rasante: Para resolver los parámetros físicos y mecánicos del material base, se realizarán la investigación que incluye la perforación de pozos exploratorios en trabajos de excavación de calicata con una profundidad mínima de 1.5 m, el número mínimo de pozos o calicatas por kilómetro, se tomará en cuenta según las normas establecidas. (MTC, 2014 , P. 305).

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Figura 1 Número de calicatas para exploración de suelos

Fuente: (MTC, 2014).

Los límites de consistencia son parámetros de índice que se pueden determinar mediante pruebas de laboratorio sencillas, económicas y rápidas. Estos límites se utilizan comúnmente para clasificar suelos de grano fino. También se pueden utilizar en la evaluación preliminar de los parámetros de dureza y la capacidad resistente del suelo, especialmente en la fase inicial de planificación de estudios geotécnicos, antes de realizar las pruebas avanzadas en muestras. (Ahmed y Agaiby, 2020).

Proctor modificado es la prueba de presión, es un procedimiento de investigación y control de calidad más importante en la compactación del suelo. Como resultado, es posible determinar la presión máxima del suelo de acuerdo con el contenido de humedad, condición que mejora el inicio de la construcción con respecto al costo, desarrollo estructural e hidráulico. Hay 2 tipos de pruebas proctor: pruebas proctor estándar y pruebas proctor modificadas. Entre los dos la diferencia es que el apisonador es más pesado y la altura de caída es mayor, por lo que la energía utilizada por el supervisor modificado es diferente. Ambas pruebas vuelven a R. Proctor (1933) para determinar la densidad máxima que se puede lograr para el suelo bajo condiciones específicas de humedad. La prueba consiste en comprimir por separado tres partes del suelo en un molde cilíndrico de volumen conocido y variar la humedad para obtener el punto máximo de compresión para una humedad comprimida óptima, la humedad óptima y la mayor densidad del suelo dependen de la compactación. A medida que aumenta, se obtiene un peso seco máximo más alto con una humedad óptima más baja. (Hossne, Américo y Guerra, 2013, p. 6).

Influencia sobre la Densidad Seca: En general, al comprimir una mezcla de suelo calcáreo, en las mismas condiciones de compresión, se obtiene la densidad seca menor que para el suelo natural. Esta reducción puede ser de un 5%, la disminución observada en la densidad se explica por el efecto de la cal en la contextura del suelo. De hecho, la adición de cal hace que el suelo sea más elástico y menos denso. Para ciertos materiales, la capacidad de resistencia aumenta con la densidad. No obstante, agregar productos químicos como la cal al suelo natural crea nuevos materiales que pueden tener características físico-químicas completamente diferentes del suelo original, por lo que la densidad máxima de sí mismo es que está más comprimido. Incluso si lo está, puede tener una resistencia mayor que el suelo original. (Fontalvo, Medrano y Nadad, 2006, p.13).

El CBR se define como la resistencia a la penetración a una profundidad específica de una muestra compactada a la misma profundidad y velocidad, esta relación está expresada en porcentaje. El CBR (California Bearing Ratio) mide la capacidad portante del suelo en condiciones controladas de humedad y densidad, lo que le permite obtener el porcentaje de la capacidad resistente. Esta prueba otorga una

calificación de aprobación que no es constante para un suelo en particular y es aplicado solo a la condición del suelo bajo prueba. (Osorio y Casas, 2011, p.16).

Según el MTC (2014) la cantidad requerida de ensayos CBR está determinado según el tipo de vía, para un IMDA ≤ 400 veh/día en donde se realizará una prueba CBR cada 2km, sin embargo, el manual de carreteras establece que, en caso la carretera tenga un tramo con una longitud menor de lo indicado, el número especificado de pruebas debe realizarse al mínimo, realizándose 01 prueba CBR.

Tipo de Carretera	Nº Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> 1 Mr cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR (*)
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

(*): La necesidad de efectuar los ensayo de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra.

Figura 2 Número de ensayos de Mr y CBR

Fuente: (MTC, 2014).

La compactación de un suelo es el proceso de compactar un volumen de suelo mediante la aplicación de una carga o presión. Desde un punto de vista físico, la densificación reduce el volumen y altera la estructura de los poros, aumenta la densidad aparente (ρ_a). (Blanco-Sepúlveda, 2009).

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación

La investigación aplicada requiere la aplicación o uso de los conocimientos adquiridos, mientras que otras investigaciones se adquieren después de que se haya implementado y sistematizado la práctica con base en el estudio. El uso del conocimiento y la investigación conduce a una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Vargas y Zoila, 2009, p.159).

Por tanto, el estudio de este proyecto pretende realizar ensayos de límites de consistencia, Proctor modificado y CBR, poner en práctica los conocimientos adquiridos sobre la estabilización de suelos con cal para determinar el contenido seco máximo, por lo que es de tipo aplicado. Densidad e intensidad en base a resultados de laboratorio.

Diseño de investigación

El diseño experimental es una de las metodologías más desarrolladas y efectivas para la mejora de procesos. Mediante el estudio de parámetros más realistas, a diferencia de los métodos puramente fenomenológicos o deterministas, el proceso de toma de decisiones se enriquece para producir soluciones de proceso más funcionales y factibles. (Bustamante y Valbuena, 2015, p. 27).

Este proyecto de investigación será experimental porque se va analizar una muestra de suelo de la carretera Capachica, Puno. Para lo cual se eligió al azar en dos grupos; un grupo control donde la muestra de suelo se analizará sin adicionar ningún otro material y en el grupo que es experimental se analizará la muestra de suelo adicionando cal, para determinar la estabilidad máxima o mínima del suelo.

Enfoque de la investigación

Este estudio utilizará un enfoque cuantitativo ya que emplea la recopilación de datos para la prueba de hipótesis basado en mediciones numéricas y análisis estadístico para identificar patrones de comportamiento y probar teorías. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4).

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable cuantitativa 1:

Cal: Es un producto obtenido de la descomposición de la piedra caliza cuando se calienta, que sirve como estabilizante para mejorar la composición del suelo. La cal absorbe el dióxido de carbono más rápido que el hormigón de cemento. (Montejo, 2002).

Variable cuantitativa 2:

Estabilización de sub rasante: Es un proceso que intenta alterar el suelo y mejorar sus materiales para producir o crear capas que sirvan como estructura de pavimento, por ejemplo, la subrasante, sometiendo al suelo a la humedad y densidad óptima, proporcionando las mejores características en términos de durabilidad, economía, calidad y resistencia. (Parra, 2018).

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

Población:

En este presente proyecto de investigación el estudio de población estará compuesta por 2.0km de la carretera desvió Capachica a Chifron, distrito de Capachica, provincia y departamento de Puno, en toda su longitud.

Muestra:

En este proyecto de investigación para obtener la muestra se tomó un tramo de 1km de la progresiva 0+000 al 1+000 de la carretera desvió Capachica a Chifron, distrito de Capachica, provincia y departamento de Puno. En el que se muestrean 3 calicatas a profundidades de 1.50m siendo utilizado la calicata más crítica, como muestra. Los ensayos se realizarán para la muestra patrón y con adición de cal, con las muestras obtenidas se realizarán ensayos de límites de consistencia, proctor modificado y CBR.

Muestreo:

Este proyecto de investigación se obtendrá un muestreo no probabilístico por conveniencia ya que la investigación que se está realizando se seleccionó a criterio y conocimiento del investigador.

Unidad de medida:

La unidad de medida es de 1 km de la carretera desvió Capachica a Chifron, distrito de Capachica, provincia y departamento de Puno.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La técnica que se va a utilizar en esta investigación será la observación participante. Esto se debe a que el estudio incluirá estudios de suelo en los que el investigador intervendrá directamente para obtener datos de varios estudios y ensayos realizados con la adición de cal.

El instrumento fundamental para la captura de datos será la guía de observación, fichas de laboratorio y los ensayos de laboratorio se realizarán según las normas establecidas en el MTC y las normas ASTM, lo cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	NORMAS
Contenido de Humedad	Fichas de registro de datos.	ASTM D-2216 y MTC E-108
Análisis granulométrico	Fichas de registro de datos de ensayo granulométrico.	ASTM D-422 y MTC E-107
Límite Líquido	Fichas de registro de datos.	ASTM D-4318, MTC E-110, MTC E-111
Límite Plástico		
Clasificación de suelos	Fichas de registro de datos de clasificación de suelos SUCS y AASHTO.	ASTM D-2487, AASHTO M-145
Proctor Modificado	Fichas de registro de datos.	ASTM D-1557, MTC-E115
(CBR)	Fichas de registro de datos.	ASTM D-1883 y MTC-E132
Eades & Grim	Fichas de registros de datos dosificación de cal óptimo.	ASTM D-6276

Fuente Elaboración propia, 2022.

3.5. Procedimientos:

Primero: Se visitó la carretera desvió Capachica a Chifron del distrito de Capachica, provincia y departamento de Puno. Donde se realizará el presente proyecto de investigación para conocer las características del terreno in-situ, se consideró estudiar un kilómetro de la carretera y ubicar el punto más crítico donde se presenta deformaciones desfavorables para realizar las excavaciones de 1.5m de profundidad para las calicatas.

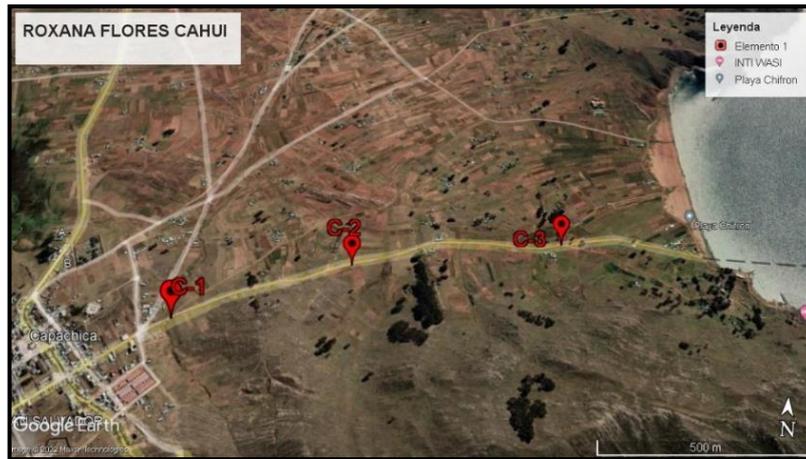


Figura 3 Ubicación de la carretera desvió Capachica a Chifron

Segundo: Se procederá a los trabajos de extracción de muestras representativas de las 03 calicatas a cielo abierto ubicadas convenientemente y a criterio del investigador dentro del área en estudio, donde se extraerán 3 muestras que serán trasladadas al laboratorio para realizar pruebas y análisis.

Tabla 2 Coordenadas de las calicatas – Capachica a Chifron

DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	ESTE	NORTE	COTA
C-1	1.50 m	411286	8270602	3860 m.s.n.m.
C-2	1.50 m	411746	8270815	3860 m.s.n.m.
C-3	1.50 m	412347	8270957	3860 m.s.n.m.

Fuente de elaboración propia, 2022.

Estas calicatas fueron estudiadas a criterio técnico y de acuerdo a lo establecido en el manual de carreteras que determina el número mínimo de calicatas a realizar para las carreteras de bajo tráfico el ($IMDA \leq 200$ veh/día) se requiere realizar 1 calicata por cada kilómetro ver figura N° 1.

Tercero: Se evaluará muestras de 3 calicatas antes de las pruebas de laboratorio se verificará si son buenos, luego el contenido de humedad de las muestras naturales se probará y se determinará el análisis granulométrico de la muestra, como también los límites de consistencia y luego se procederá a

clasificar el suelo, con estos resultados se procederá a determinar las muestras más desfavorables o críticas a estas se procederán a incorporarlas con adición de cal en diferentes porcentajes.

Cuarto: Se tomará la muestra de suelo más desfavorable para realizar pruebas y análisis con diferentes proporciones de cal, las proporciones de cal se determinarán según la prueba de eades & grim ASTM D-6276, considerando una muestra patrón que no será modificada y 3 muestras con adición de cal.

Tabla 3 Resultados del ensayo Eades & Grim

PESO DE SUELO (g)	% CAL (%)	PESO DE CAL (g)	PH (Ph)
25.00	2.00	0.50	10.73
25.01	3.00	0.75	11.23
25.00	4.00	1.00	11.79
24.99	5.00	1.25	12.15
25.01	6.00	1.50	12.4
25.00	8.00	2.00	12.52
25.01	10.00	2.50	12.72
..	2.00

Fuente elaboración propia, 2022.

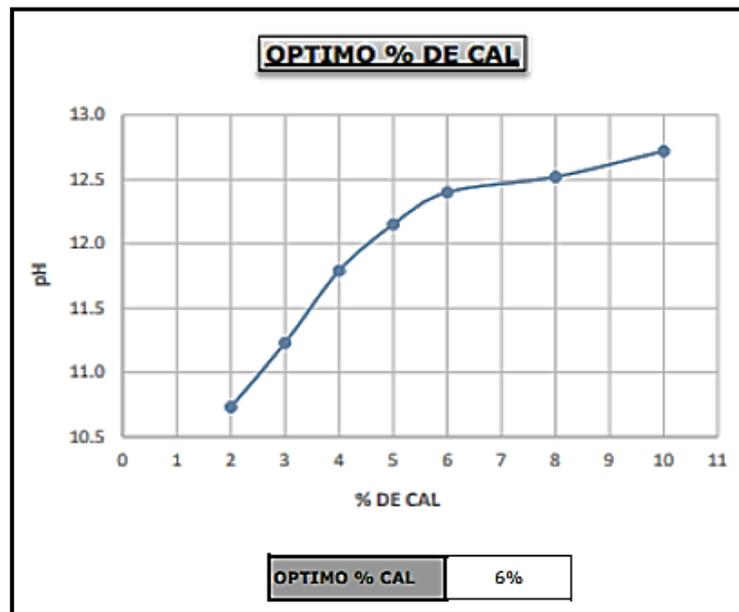


Figura 4 Gráfica de porcentaje de cal óptimo eades & grim

Quinto: Se realizarán ensayos de límites de consistencia, proctor modificado y CBR de acuerdo a lo especificado por el MTC y las normas establecidas según ASTM, AASHTO y la Norma Técnica Peruana considerando para la muestra patrón que no será modificada y 3 muestras con adición de cal en porcentajes de 4%, 6% y 8%. Para determinar sus características.

Sexto: Luego de los trabajos en laboratorio se realizará las tabulaciones de datos en tablas y figuras para interpretar los resultados obtenidos de la estabilización del suelo con adición de cal para el mejorar la sub rasante de la carretera Capachica a Chifron.

Séptimo: Finalmente se realizará la interpretación de los resultados, conclusiones, discusiones y recomendaciones.

3.6. Método de análisis de datos:

Para analizar los datos se realizará la técnica de observación participante:

- Se hará un detalle de registros de manera ordenada de los ensayos de suelos a realizarse.
- Con los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio se procesaran y se analizaran mediante cuadros elaborados en el uso del software Microsoft Excel 2019.
- Para la ubicación y la localización donde se efectuó la excavación de la calicata de la carretera Capachica a Chifron del distrito de Capachica, provincia y departamento de Puno será realizada mediante el Google earth.
- Se utilizará el programa Word 2019 para redactar toda la información adquirida del proyecto de investigación.

- Los gastos generados en la elaboración del presente proyecto de investigación se calcularán con el uso del software Microsoft Excel 2019.

3.7. Aspectos éticos:

En la Universidad César Vallejo, los proyectos de investigación desarrollados por los estudiantes y profesores cumplen con los más altos estándares de rigurosidad y promueven las mejores prácticas científicas incluida la formación de investigadores.

Los aspectos éticos respecto a las personas en su integridad y su autonomía buscan el bienestar de las personas en el proceso de investigación eludiendo posibles daños, con tratos igualitarios y realizando la elaboración del proyecto de investigación con honestidad y transparencia para evitar el plagio de otros investigadores.

Los investigadores deberán cumplir bajo responsabilidad con los requisitos y condiciones establecidos éticamente en los proyectos de investigación. Los proyectos de investigación deberán cumplir con la evaluación del software turnitin para así evitar ser sancionados por plagio lo cual concurren a las faltas de ética.

Las sanciones que se les impondrá al investigador serán proporcionales a la severidad otorgada por el tribunal de honor de acuerdo a la complejidad del caso. Por ende, la Universidad César Vallejo mantiene un código de ética a fin de que los educandos y docentes académicos no incumplan creando conflictos con terceros afectados por la recepción de su información, sin ser citados o solicitados en forma apropiada y pertinente.

IV.- RESULTADOS

La estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.

Tabla 4 Resultados de estabilización de suelo con diferentes porcentajes de cal para el mejoramiento de la sub rasante

DESCRIPCIÓN	MUESTRA PATRÓN	MUESTRA PATRÓN + %CAL		
		4%	6%	8%
IP (%)	30.00	16.00	15.00	13.00
MDS (gr/cm ³)	1.83	1.74	1.82	1.74
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.40	15.00	16.60	14.80
CBR (%)	2.20	30.00	42.80	41.70

Fuente de elaboración propia, 2022.

Para la estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno se realizaron los estudios y ensayos de laboratorio para determinar la capacidad resistente del suelo, se tiene un índice de plasticidad de 15.00%, se obtuvo la máxima densidad seca de 1.82 gr/cm³ con un contenido de humedad de 16.60% y la capacidad resistente CBR es de 42.80% con adición de 6% de cal, estos resultados son muy importantes por que logran mejorar el comportamiento del suelo natural con un índice plasticidad de 30.00%, la máxima densidad seca de 1.83 gr/cm³ con un contenido de humedad de 17.40% y capacidad resistente CBR es de 2.20%.

La variación de límites de consistencia adicionando cal en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022.

Se determinó la variación de límites de consistencia considerando para la muestra patrón y adicionando cal en porcentajes de 4%, 6% y 8% en el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo de la subrasante de la carretera Capachica, Puno. A continuación, se detalla en la siguiente tabla y figuras:

Tabla 5 Resumen de resultados de la variación de Límites de Consistencia

% CAL	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)
0% CAL	47.00	17.00	30.00
4% CAL	51.00	35.00	16.00
6% CAL	52.00	37.00	15.00
8% CAL	49.00	36.00	13.00

Fuente de elaboración propia, 2022.

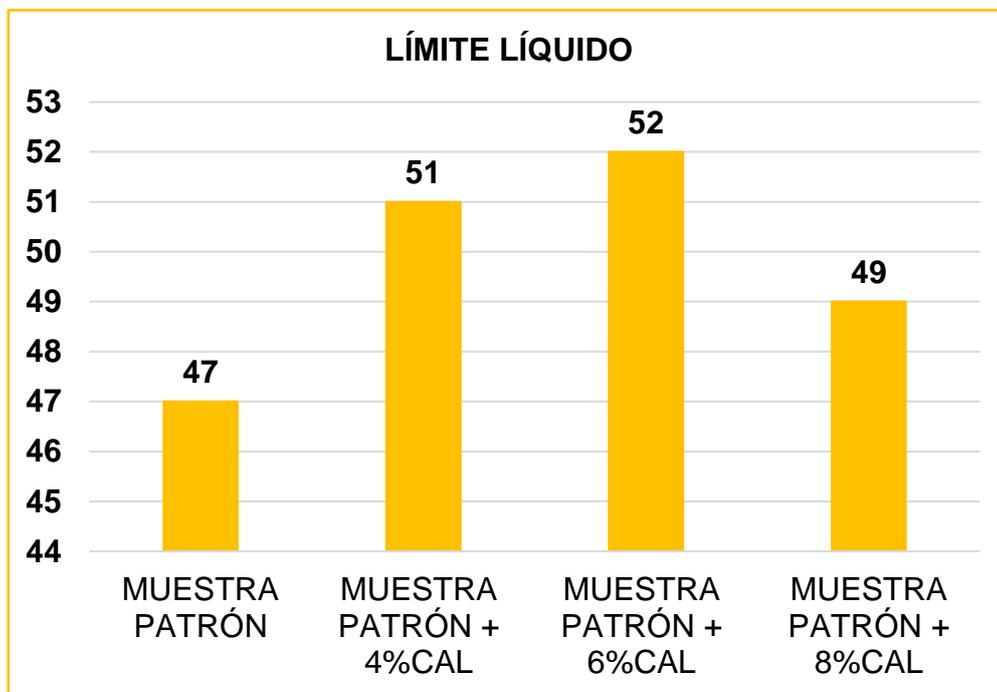


Figura 5 Gráfica de barras de resultados de Límite Líquido

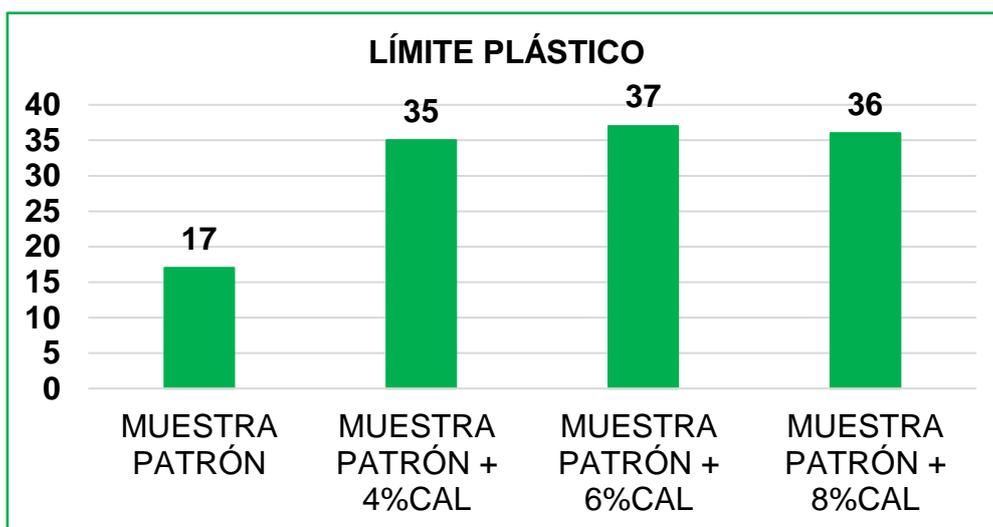


Figura 6 Gráfica de barras de los resultados de Límite Plástico

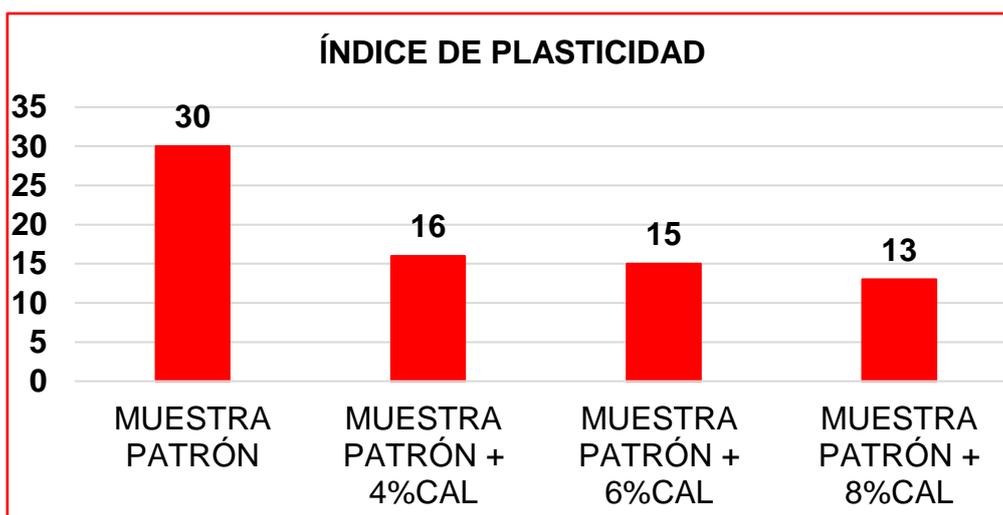


Figura 7 Gráfica de barras de los resultados de Índice de plasticidad

El límite líquido del suelo natural es de 47.00%, con la adición de 4% de cal es de 51.00% varía en un 4% incrementándose con relación a la muestra patrón, para la adición de 6% de cal es de 52.00% varía en un 1% incrementándose respecto a la muestra patrón + 4% cal y con la adición de 8% de cal es de 49.00% disminuye en un 2% respecto a la muestra patrón + 6% cal, el límite plástico tiende a incrementarse a medida que se aumenta la dosificación de cal, para la muestra patrón es de 17.00%, con 4% de adición de cal es de 35.00%, con 6% de adición de cal es de 37.00% y con 8% de adición de cal disminuye a 36.00% debido a la variabilidad de la humedad con la que el suelo mantiene su plasticidad y su índice

de plasticidad disminuye con la adición de cal respecto al índice de plasticidad del suelo natural como resultante es de 30.00%, con 4% de cal el IP es de 16.00%, con 6% de cal el IP es de 15.00% y con 8% de cal el IP es de 13.00%, lo cual se muestra mejoras del suelo. Podemos deducir que, añadiendo diferentes proporciones de cal al suelo, varía la plasticidad en forma favorable, esto debido a que la cal tiene la capacidad de absorber la humedad y actúa como un producto cementante.

Los resultados del ensayo de proctor modificado en diferentes porcentajes de adición de cal en las muestras para estabilizar la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.

Tabla 6 Resultados del ensayo de proctor modificado con adición de cal

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MUESTRA PATRÓN	MUESTRA PATRÓN + 4%CAL	MUESTRA PATRÓN + 6%CAL	MUESTRA PATRÓN + 8%CAL
MÁXIMA DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.83	1.74	1.82	1.74
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	17.40	15.00	16.60	14.80

Fuente elaboración propia, 2022.

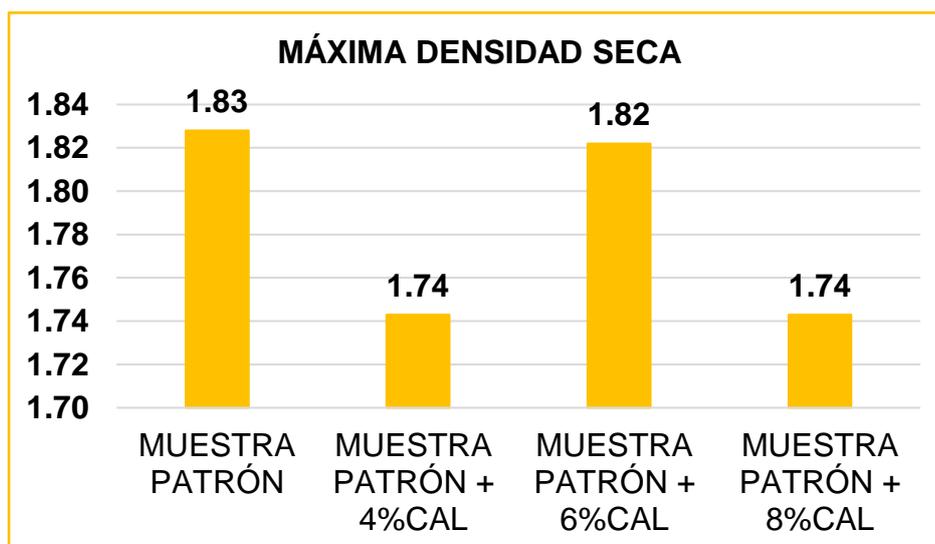


Figura 8 Gráfica de barras de MDS con % de adición de cal

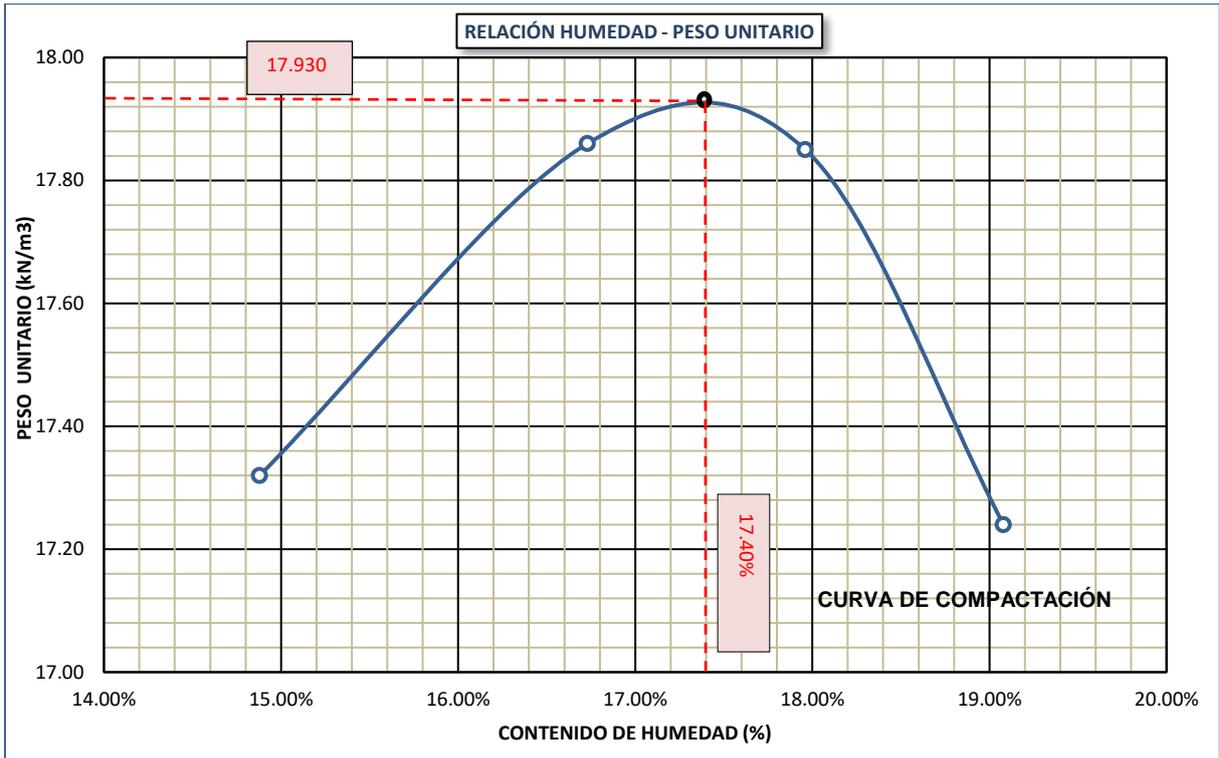


Figura 9 Curva de compactación Proctor muestra patrón

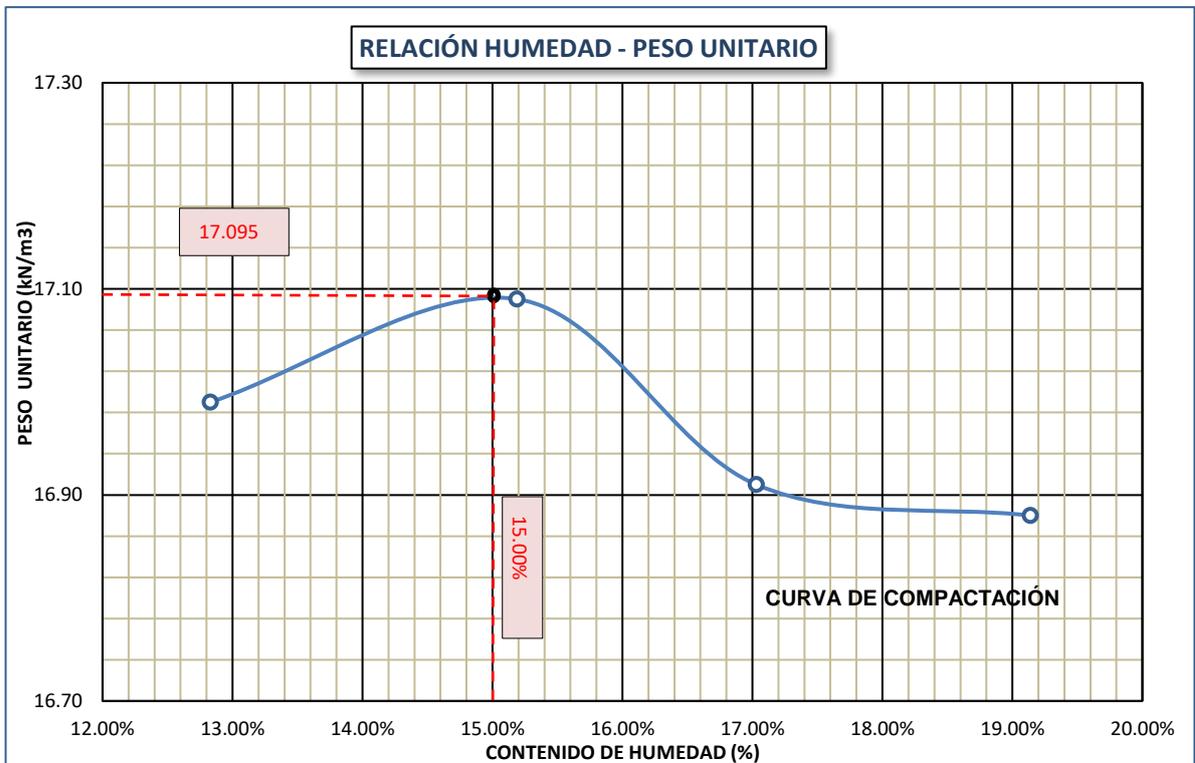


Figura 10 Curva de compactación Proctor 4% cal

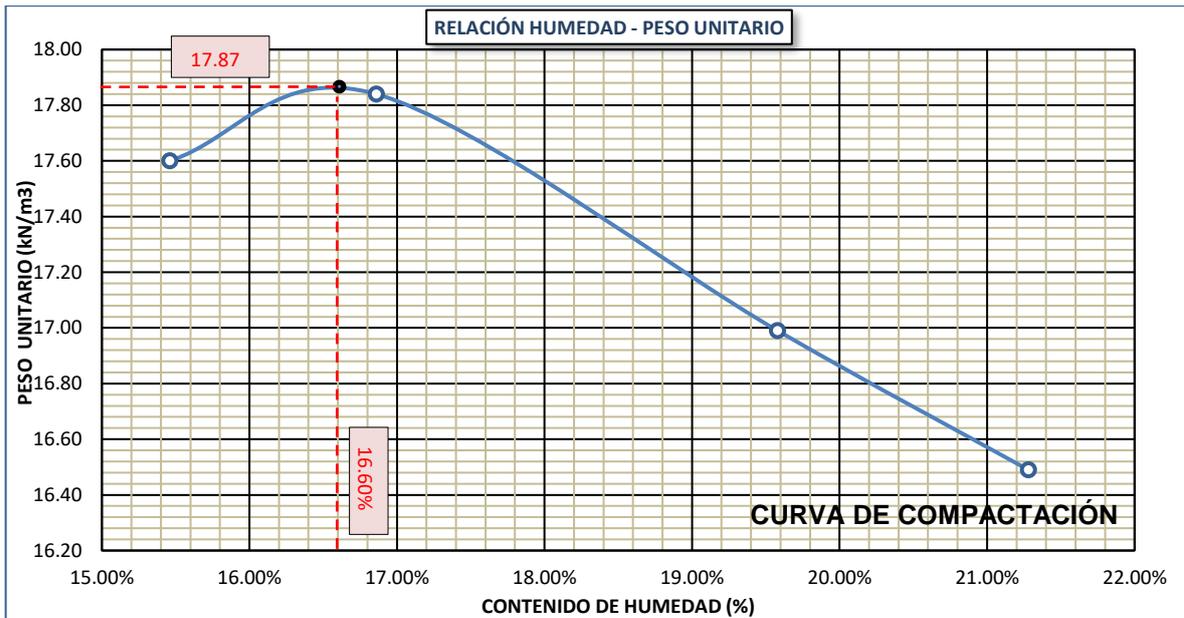


Figura 11 Curva de compactación Proctor 6% cal

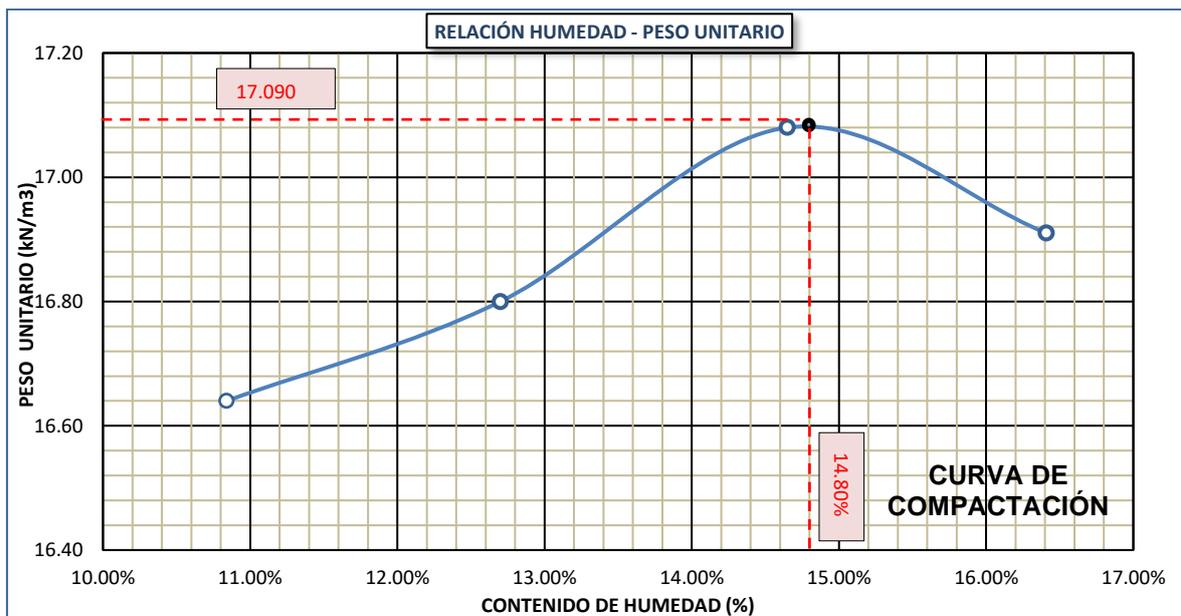


Figura 12 Curva de compactación Proctor 8% cal

En la tabla y las figuras representadas anteriormente se muestran los resultados de los ensayos realizados del Proctor Modificado con el método A, en el cual se determinó la máxima densidad seca de la muestra patrón 1.83 gr/cm³ con un contenido de humedad de 17.40%, adicionando 4% de cal a la muestra de suelo se obtiene una máxima densidad seca de 1.74 gr/cm³ con un contenido de humedad de 15.00%, con adición de 6% de cal se obtiene una máxima densidad seca de 1.82 gr/cm³ con un contenido de humedad de 16.60% y en una proporción de 8%

cal la máxima densidad seca es de 1.74 gr/cm³ y el contenido de humedad es de 14.80%, de los resultados obtenidos el porcentaje del valor óptimo de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad es de 6% de adición de cal para mejorar el suelo natural.

La resistencia del ensayo de CBR adicionando diferentes porcentajes de cal para el mejoramiento del suelo de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.

Se determinó la resistencia del suelo de la sub rasante de la carretera Capachica, Puno. Para ello se realizó el ensayo de CBR, considerando la muestra patrón y la adición de cal con dosificaciones de 4%, 6% y 8%, los resultados se muestran en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 7 Resultados del ensayo de CBR

DESCRIPCIÓN	MUESTRA PATRÓN	MUESTRA PATRÓN + 4%CAL	MUESTRA PATRÓN + 6%CAL	MUESTRA PATRÓN + 8%CAL
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	2.20	30.00	42.80	41.70
CBR (100% DE M.D.S.) 0.1"	4.20	32.50	50.50	53.00

Fuente de elaboración propia, 2022.

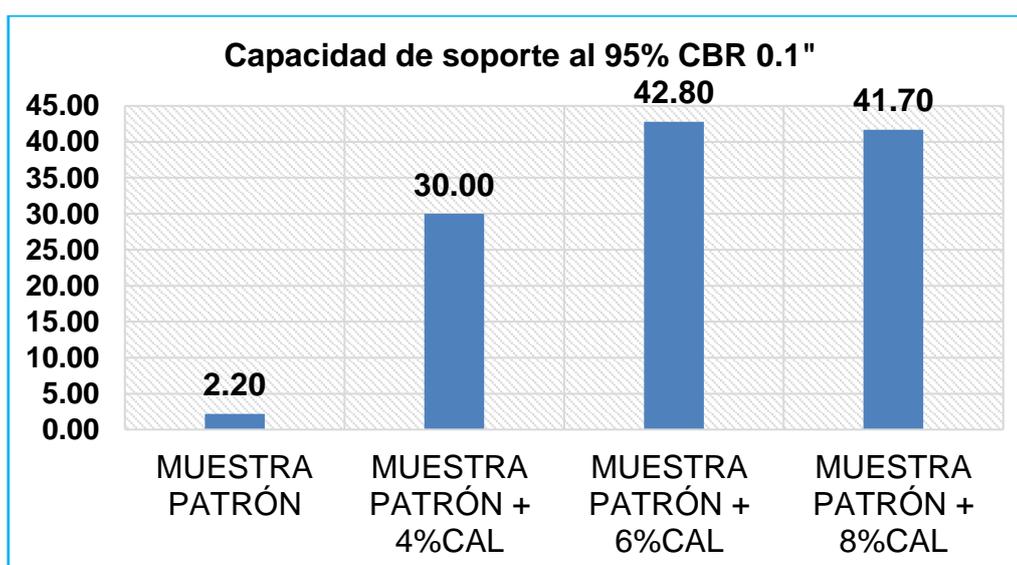


Figura 13 Capacidad de soporte al 95%

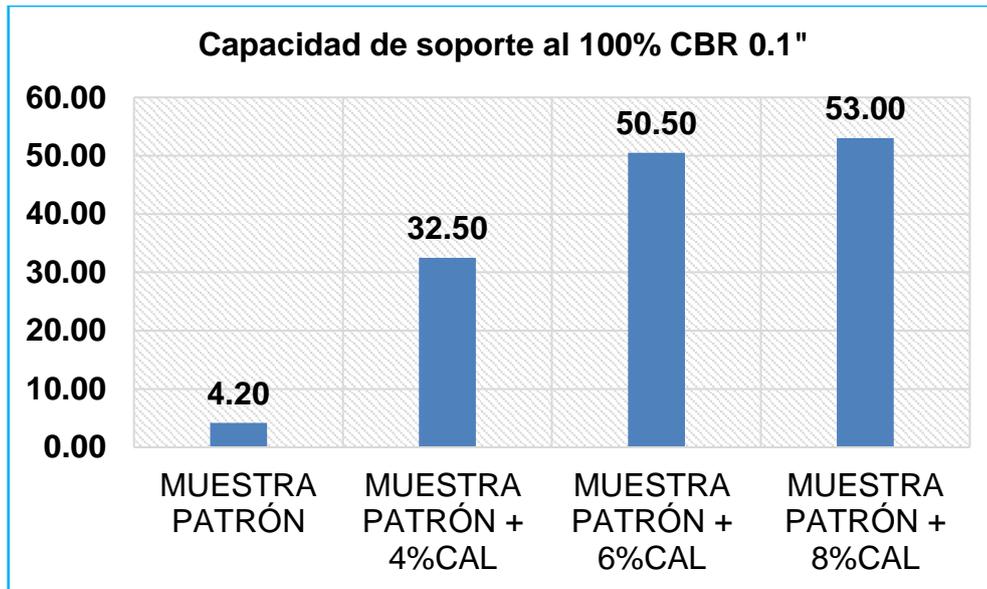


Figura 14 Capacidad de soporte al 100%

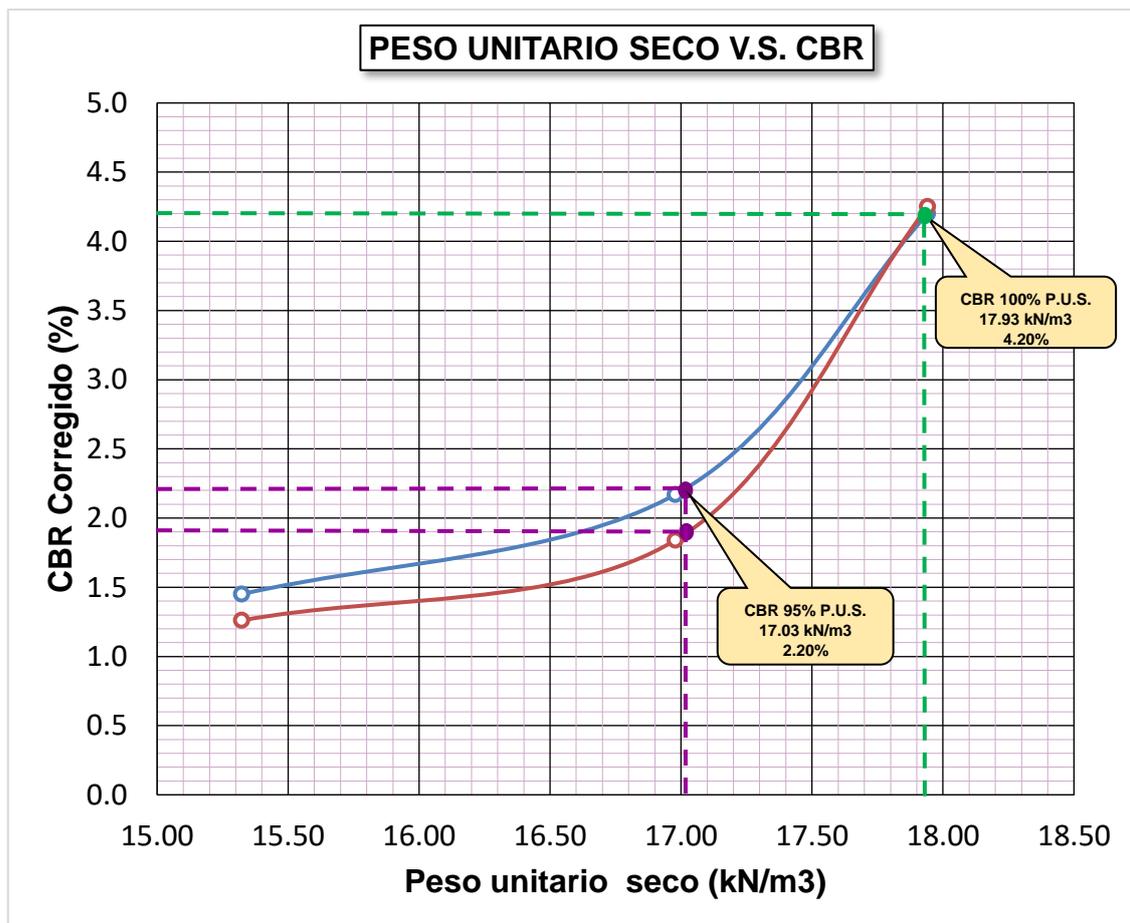


Figura 15 Relación CBR con máxima densidad seca muestra patrón

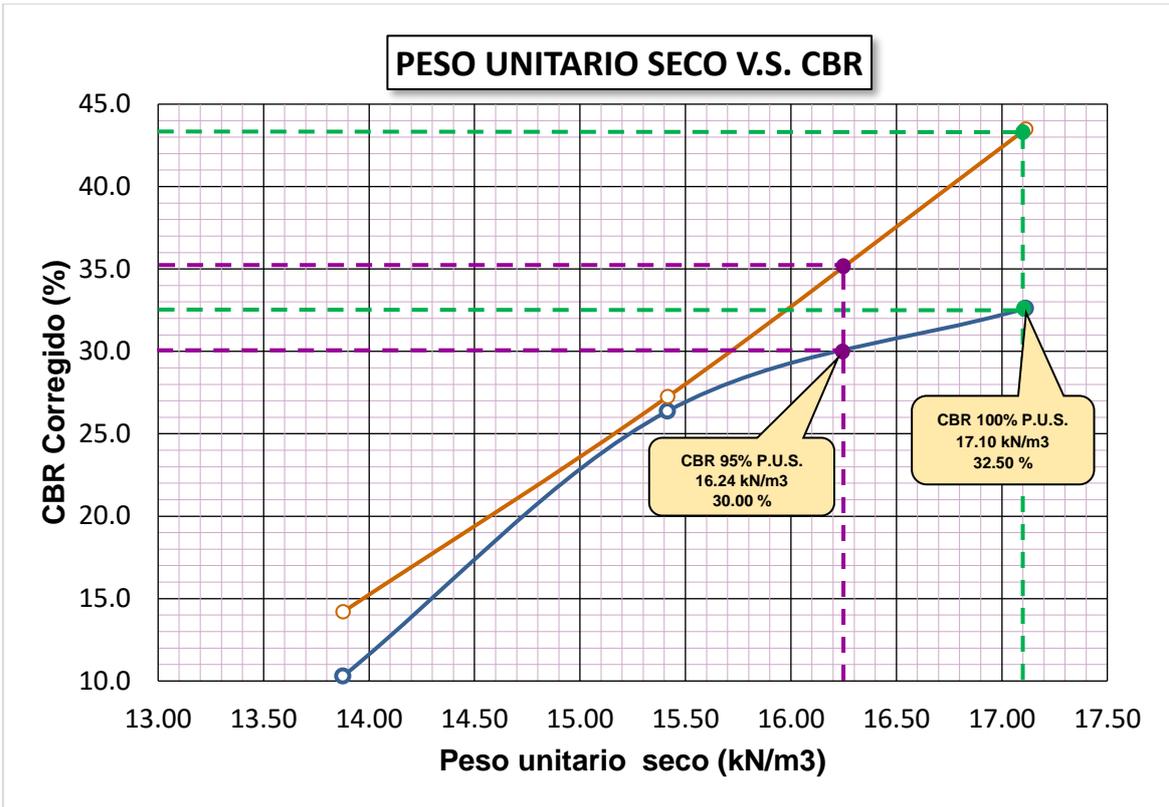


Figura 16 Relación CBR con máxima densidad seca muestra patrón + 4% cal

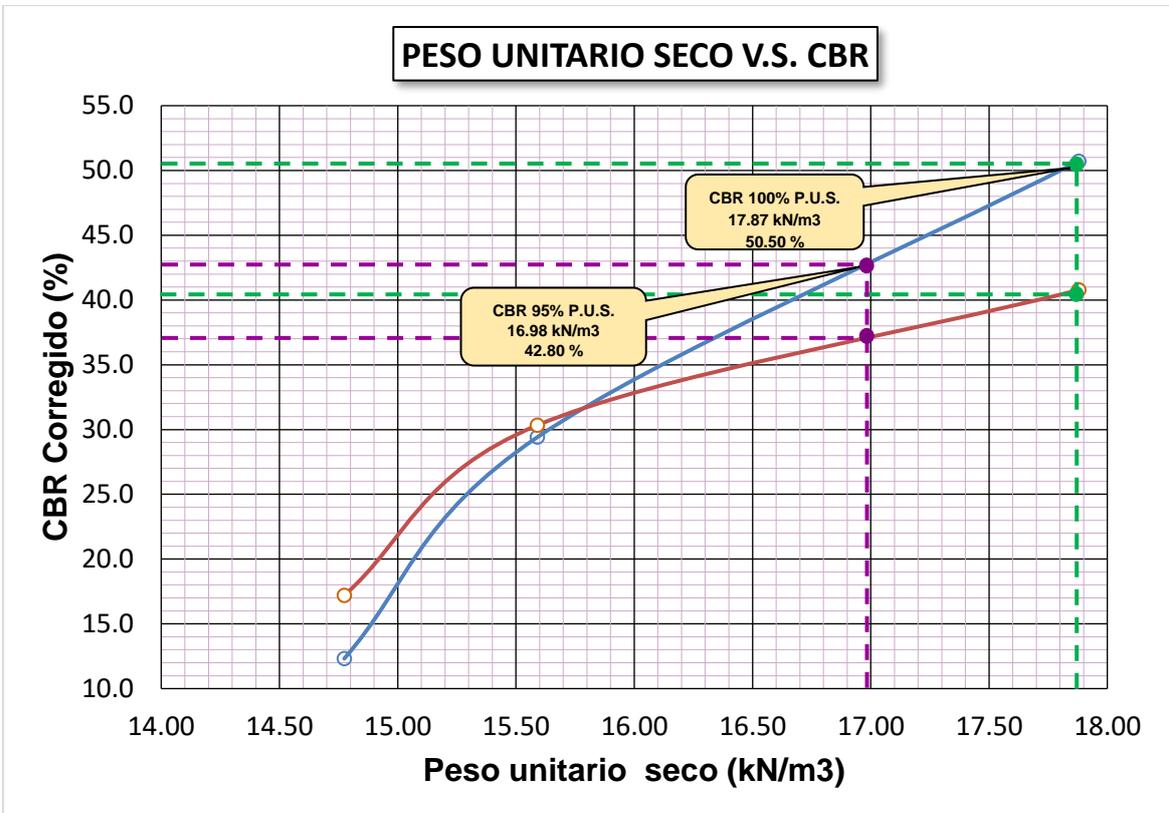


Figura 17 Relación CBR con máxima densidad seca muestra patrón + 6% cal

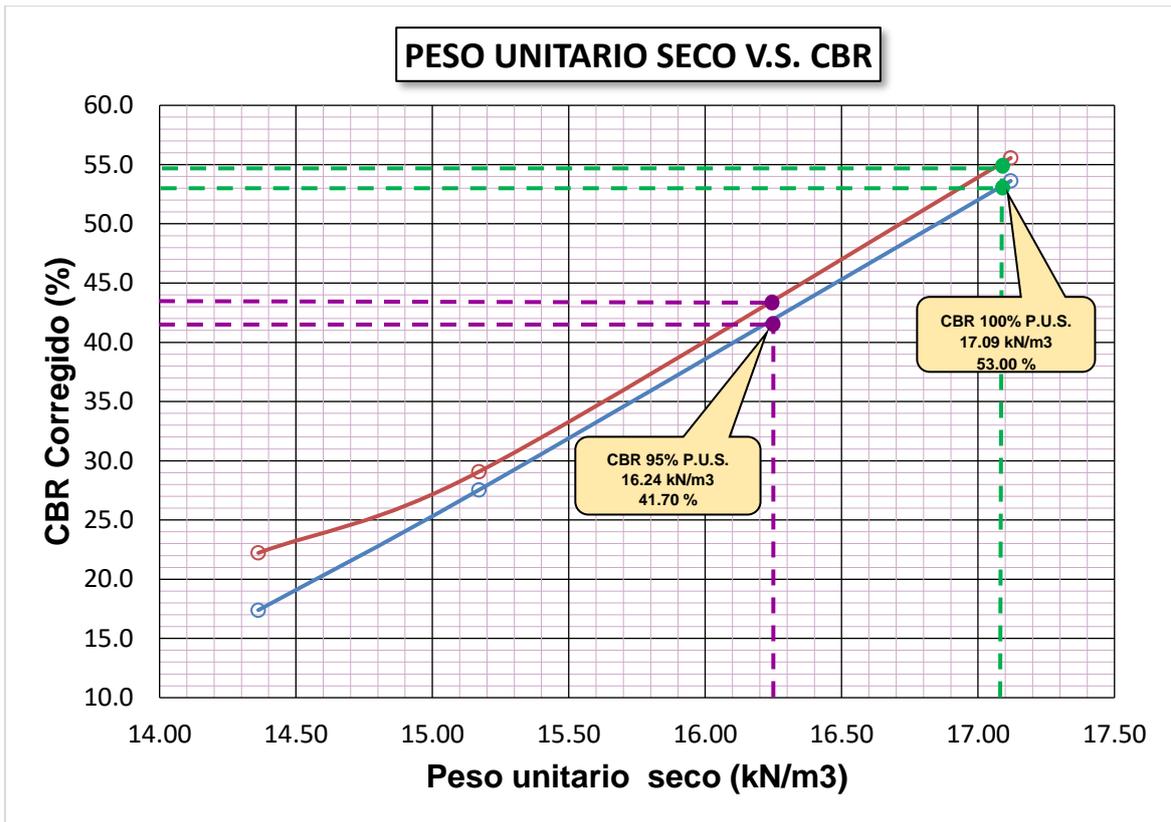


Figura 18 Relación CBR con máxima densidad seca muestra patrón + 8% cal

Se determinó la resistencia del suelo de la sub rasante de la carretera Capachica, Puno. La capacidad resistente CBR al 95% de la muestra patrón es de 2.20%, las muestras de suelo adicionando porcentajes de cal en proporciones 4% de cal el CBR es de 30.00 %, con la adición de 6% de cal su CBR es 42.80% y en una proporción de 8% de cal el CBR es 41.70%, siendo el 6% el porcentaje más óptimo de adición de cal al suelo, el cual mejora la subrasante de la carretera Capachica, Puno, debido a que la capacidad resistente se incrementa en gran medida, este incremento es de mucha importancia para el mejoramiento respecto al suelo natural, se puede observar el comportamiento de la resistencia del suelo aumenta a medida que se le incorpora los porcentajes de cal.

V.- DISCUSIÓN

Según la tabla N° 4, para la estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno se realizaron los estudios y ensayos de laboratorio para determinar la capacidad resistente del suelo, se tiene un índice de plasticidad de 15.00%, se obtuvo la máxima densidad seca de 1.82 gr/cm³ con un contenido de humedad de 16.60% y la capacidad resistente CBR es de 42.80% con adición de 6% de cal, estos resultados son de suma importancia para mejorar el comportamiento del suelo natural con un índice plasticidad de 30.00%, la máxima densidad seca de 1.83 gr/cm³ con un contenido de humedad de 17.40% y capacidad resistente CBR es de 2.20%, esto guarda relación con Ángulo y Zavaleta (2020) quienes en su investigación concluyeron que el índice de plasticidad del suelo natural es 20.88%, con 6% de cal viva se obtiene el índice de plasticidad de 14.27%, la cal viva presenta un incremento significativo en el CBR, con una dosis de 6% se obtiene CBR de 37.65%.

Estos resultados son viables ya que cumplen con los parámetros de resistencia que exige el MTC la cual nos indica que el suelo de la subrasante es excelente en $CBR \geq 30\%$ de este modo es posible emplear la cal en suelos arcillosos para mejorar el suelo de la subrasante y reducir el nivel de humedad.

El empleo de este método fue adecuado, porque ambos resultados cumplen con las especificaciones establecidas por el ministerio de transportes y comunicaciones, resulta óptimo ya que nos permitió determinar el mejoramiento del suelo de la subrasante mediante los ensayos realizados en el laboratorio.

De la tabla N° 5 y la figura N° 7, el índice de plasticidad disminuye con la adición de cal respecto al índice de plasticidad del suelo patrón como resultante es de 30.00%, con 4% de cal el IP es de 16.00%, con 6% de cal el IP es de 15.00% y con 8% de cal el IP es de 13.00% lo cual se muestra mejoras del suelo, concuerda con Ángulo y Zavaleta (2020) en su investigación indican que el índice de plasticidad del suelo natural es 20.88%, con 6% de cal viva se obtiene el índice de plasticidad de 14.27%, para ambas investigaciones se utilizó la dosificación del 6% adición de cal siendo la más óptima.

El estudio realizado es viable, porque el índice de plasticidad del suelo disminuyó del 30.00% de la muestra patrón al 15.00% con adición de 6% de cal, reduciendo la plasticidad del suelo de la subrasante.

El método empleado es adecuado, porque nos permitió determinar el mejoramiento de la plasticidad del suelo natural de la subrasante mediante los ensayos realizados en el laboratorio.

De la tabla N° 6 y la figura N° 8, se presenta los resultados de los ensayos realizados de Proctor Modificado con el método A, en el cual se determinó la máxima densidad seca de la muestra patrón 1.83 gr/cm³ con un contenido de humedad de 17.40%, adicionando 4% de cal a la muestra de suelo se obtiene una máxima densidad seca de 1.74 gr/cm³ con un contenido de humedad de 15.00%, con adición de 6% de cal se obtiene una máxima densidad seca de 1.82 gr/cm³ con un contenido de humedad de 16.60% y en una proporción de 8% cal la máxima densidad seca es de 1.74 gr/cm³ y el contenido de humedad es de 14.80%, de los resultados obtenidos el porcentaje del valor óptimo de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad es de 6% de adición de cal para mejorar el suelo natural, guarda relación con Moale y Rivera (2019) la máxima densidad seca (MDS) y el contenido óptimo de humedad del suelo con adición de diferentes porcentajes de cal usando el Método A. La máxima densidad seca del suelo natural es de 1.85 g/cm³ con un contenido óptimo de humedad de 13.40%, ya que los valores encontrados en la muestra patrón de ambas investigaciones guardan similitud y en ambos casos se empleó el método A.

El estudio realizado es viable, porque se logró obtener la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad para el mejoramiento del suelo de la sub rasante y actúe favorablemente a las cargas aplicadas.

El método empleado es adecuado, ya que se determinó la MDS mejorando el suelo natural de la subrasante mediante los ensayos realizados en el laboratorio.

De acuerdo a la tabla N° 7 y la figura N° 13, la capacidad resistente CBR al 95% de la muestra patrón es de 2.20%, las muestras de suelo adicionando porcentajes de cal en proporciones 4% de cal el CBR es de 30.00 %, con la adición de 6% de cal su CBR es 42.80% y en una proporción de 8% de cal el CBR es 41.70%, siendo el 6% el porcentaje más óptimo de adición de cal al suelo, concuerda con Ángulo y Zavaleta (2020) la cal viva presenta un incremento significativo en el CBR, con una dosis de 6% se obtiene CBR de 37.65%, ambas investigaciones consideran el 6% de adición de cal como óptima y el valor del CBR se incrementa de manera considerable.

Los resultados obtenidos son viables, ya que se logró estabilizar y mejorar el suelo de la subrasante de este modo es posible emplear la cal en un suelo arcilloso para reducir el nivel de humedad.

El empleo de este método fue adecuado, porque ambos resultados se lograron incrementar de manera considerable el valor del CBR y mejorar el suelo de la subrasante mediante los ensayos realizados en el laboratorio.

VI.- CONCLUSIONES

1.- En respuesta al objetivo general, se concluye que la estabilización del suelo con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno se tiene un índice de plasticidad de 15.00% con una máxima densidad seca de 1.82 gr/cm³ y un contenido de humedad de 16.60%, la capacidad resistente CBR es de 42.80% con adición de 6% de cal que es la proporción óptima, estos resultados son muy importantes por que logran mejorar el comportamiento del suelo natural con un índice plasticidad de 30.00%, la máxima densidad seca de 1.83 gr/cm³ con un contenido de humedad de 17.40% y capacidad resistente CBR es de 2.20%.

2.- En respuesta al objetivo específico 1, se concluye la variación de límites de consistencia son: que el límite líquido del suelo natural es de 47.00% y con la adición de 6% de cal es de 52.00%, el límite plástico tiende a incrementarse a medida que se aumenta la dosificación de cal, para la muestra patrón es de 17.00% y con 6% de adición de cal es de 37.00% debido a la variación del contenido de humedad con el cual el suelo se mantiene plástico y el índice de plasticidad disminuye con la adición de cal respecto al índice de plasticidad del suelo patrón como resultante es de 30.00% y con 6% de cal el IP es de 15.00%, lo cual muestra mejoras en el suelo. Podemos deducir que, añadiendo diferentes proporciones de cal al suelo, varía la plasticidad en forma favorable, esto debido a que la cal tiene la capacidad de absorber la humedad y actúa como un producto cementante.

3.- En respuesta al objetivo específico 2, se concluye que la máxima densidad seca de la muestra patrón es de 1.83 gr/cm³ con un contenido de humedad de 17.40%, adicionando 6% de cal se obtiene una máxima densidad seca de 1.82 gr/cm³ con un contenido de humedad de 16.60%, el porcentaje óptimo de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad es de 6% de adición de cal para mejorar el suelo natural.

4.- En respuesta al objetivo específico 3, se concluye que la capacidad resistente CBR al 95% de la muestra patrón es de 2.20% y con la adición de 6% de cal su CBR es 42.80%, siendo el 6% el porcentaje más óptimo de adición de cal al suelo, el cual mejora la subrasante de la carretera Capachica, Puno, debido a que la

resistencia se incrementa en gran medida, este incremento es de mucha importancia para el mejoramiento respecto al suelo natural.

VII.- RECOMENDACIONES

Se recomienda el traslado de inmediato de las muestras extraídas, para evitar la variación del contenido de humedad.

Se recomienda el uso de la cal artesanal del lugar ya que tiene un alto grado de pureza, asimismo dar el apoyo a las comunidades productoras de cal.

Se recomienda el uso de cal para la estabilización de un suelo arcilloso en proporción de 6% ya que se observa que la resistencia se incrementa en gran medida y la dosificación es la adecuada para mejorar la subrasante.

Se recomienda para realizar los ensayos de Proctor modificado y CBR saturar las muestras por 24 horas como mínimo y hasta 72 horas para un mejor resultado.

Se recomienda realizar el ensayo de compresión no confinada (CNC), para determinar la resistencia del suelo para que la investigación sea más precisa.

Se recomienda determinar la proporción óptima de adición de cal realizando la prueba de Eades & Grim para estabilizar el suelo.

Se recomienda hacer un estudio de la carretera en toda su longitud y ubicar los puntos más críticos para realizar los ensayos en dichos puntos y así lograr una mejor estabilización del suelo.

Es recomendable el uso de la cal ya que resulta muy eficaz y menos costosa para estabilizar los suelos.

REFERENCIAS

- CHICAIZA, Edison y OÑA, Javier. Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero civil mención estructuras (Título de Ingeniero Civil). Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, 2018. 139 pp.
- HUEZO, Heber y ORELLANA. Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador. Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado (Título de Ingeniero Civil). San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2009. 261 pp.
- MATEOS DE VICENTE, Manuel. *Efectos de cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras*. Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, 44-48, 2007.
ISSN: 0210-0479
- GAVILANES, Erick. Estabilización y Mejoramiento de Subrasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur. Trabajo de Titulación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil (Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador, Escuela de Ingeniería Civil, 2015. 146 pp.
- Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión) por Jhonathan F. Rivera [et al]. Colombia: Universidad del Valle, 84 (2): 202-226, julio-diciembre 2020.
ISSN: 0122-056X
- PÉREZ, Werner y TORRES, Johel. Estudio de la cal y el cloruro de sodio como agentes estabilizadores de suelos arcillosos en propiedades como la resistencia y expansividad. Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el Título de Especialista en Geotecnia Ambiental (Título de Especialista en Geotecnia Ambiental). Bucaramanga: Universidad de Santander, 2015. 76 pp.

- ANGULO, Mariselva y ZAVALA, Cintia. 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 (Título profesional de Ingeniero Civil). Loreto: Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2020. 166 pp.
- MOALE, Alexandra y RIVERA, Ebdy. Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2019. 106 pp.
- LÓPEZ, José y ORTIZ, Grely. 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 (título de Ingeniero Civil). Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2018. 95 pp.
- TOIRAC, José. *El suelo-cemento como material de construcción*. Revista de ciencia y sociedad República Dominicana, vol. XXXIII, (4):520-571, 2008.
ISSN: 0378-7680
- PARRA, Manuel. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2018. 81 pp.
- DÍAZ, Greisi. Mejoramiento del cbr de un suelo arcilloso con cloruro de sodio. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2018. 73 pp.
- HIGUERA, Carlos, GÓMEZ, Jenny y PARDO, Oscar. *Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio*, Colombia: Revista Facultad de Ingeniería, 21 (32): 21-40, enero-junio 2012.
ISSN: 0121-1129
- SÁNCHEZ, María. estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del cantón Tosagua, provincia de Manabí. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2014. 416 pp.

- SAMPEDRO, Ángel. Tratamientos de suelos con cal. Planteamiento general, diseño y control de calidad. Madrid: ANCADE (Asociación Nacional de fabricantes de Cales y Derivados de España), 2005. 101 pp.
- BRAJA M., Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. 4.^a ed. México: Cengage Learning, 2015. 636 pp.
ISBN: 9786075193731
- RODRIGUEZ, Mario y HIDALGO, Cesar. *Comportamiento de suelos residuales de diorita estabilizados con cal y su evolución en el tiempo*, Medellín - Colombia: Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 4 (6): 111-122, enero-junio 2005.
ISSN: 1692-3324
- MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2.ª ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2002. 734 pp.
ISBN: 9589603629
- LOPEZ, Nicole, MOLINA, Omar y TARAFÁ, Pedro. *Estudio de propiedades mecánicas y durabilidad en morteros de cal aérea en pasta que emplean adiciones*, Puerto Rico: Revista Ciencia y Construcción, 1 (3): 66-75, setiembre-diciembre 2020.
ISSN: 2789-7605
- NORIEGA, Yeimi, VIVES, Junior y MUÑOZ, Sócrates. *Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento*, Lambayeque-Perú: Avances de investigación en Ingeniería, 18 (2): 1-15, 2022.
ISSN: 1794-4953
- JUNCO, Juan. Estabilización de suelos mediante el empleo de Sales Cuaternarias. Revista de arquitectura e ingeniería [en línea]. Diciembre 2010, vol. 4, n.º 3. [Fecha de consulta: 02 de Julio de 2022]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915950002>
E-ISSN: 1990-8830
- MTC. Manual de Carreteras, Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección de Suelos y Pavimentos. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013. 355 pp.
- MTC. Manual de carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección suelos y pavimentos. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014. 305 pp.

- MTC. Manual de Ensayo de Materiales. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016. 1269 pp.
- AHMED, Sayed M.; AGAIBY, Shehab S. Strength and stiffness characterization of clays using Atterberg limits. *Transportation Geotechnics*, vol. 25, p. 100420, diciembre 2020.
- HOSSNE, García, AMERICO, J. y GUERRA, Omar. *Valoración física comparativa del muestreador Uhland y el Proctor en un suelo franco arenoso de sabana del estado Monagas, Venezuela*. *Acta Universitaria*, 23(3): 3-13, 2013.
ISSN: 0188-6266
- FONTALVO, Oscar, MEDRANO, Bruno y NADAD, Fabian. Estabilización con cal del suelo de la ciudad de Cartagena para ser utilizado como base. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería Civil, 2006. 182 pp.
- OSORIO, José y CASAS, Ana. Correlación P.D.C. con C.B.R. para suelos en la localidad de Suba. Tesis (Título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, 2011. 80 pp.
- BLANCO-SEPÚLVEDA, Rafael. La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo. *Agro ciencia* [en línea]. Texcoco 2009, vol.43, n.º 3. [fecha de consulta: 09 de Julio de 2022]. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000300002
ISSN 2521-9766.
- VARGAS, Cordero y ZOILA, Rosa. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación* [en línea]. 2009, 33 (1). [fecha de Consulta: 1 de Julio de 2022]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>
ISSN: 0379-7082
- BUSTAMANTE, Mauricio y VALBUENA, Sandra. Modelo experimental con bloques aleatorios simples y análisis multivariado para el mejoramiento de procesos orgánicos en la agroindustria. *Revista EAN* [en línea]. 2015, n.o 78. [fecha de Consulta: 1 de Julio de 2022]. Disponible en

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012081602015000100003

ISSN: 0120-8160

HERNANDÉZ, Roberto, FERNANDÉZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6.ª ed. México: Interamericana Editores, 2014. 634 pp.

ISBN: 9781456223960

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Cal	Es un producto obtenido de la descomposición de la piedra caliza cuando se calienta, que sirve como estabilizante para mejorar la composición del suelo. La cal absorbe el dióxido de carbono más rápido que el hormigón de cemento. (Montejo, 2002).	El presente proyecto se va a realizar con el fin de ofrecer un posible resultado, para calcular las características se añadió en diferentes porcentajes de cal para mejorar la subrasante, para lo cual se empleó una muestra de suelo.	Dosificación	4 % cal	Porcentaje %
				6% cal	
				8% cal	
Estabilización de subrasante	Es un proceso que intenta alterar el suelo y mejorar sus materiales para producir o crear capas que sirvan como estructura de pavimento, por ejemplo, la subrasante, sometiendo al suelo a la humedad y densidad óptima, proporcionando las mejores características en términos de durabilidad, economía, calidad y resistencia. (Parra, 2018).	La presente variable dependerá de la variable principal para poder modificar las propiedades de la subrasante.	Propiedades Físicas	Índice de Plasticidad	Ensayo de Límites de consistencia
			Propiedades Mecánicas	Máxima densidad seca	Ensayo de Proctor Modificado
				Resistencia	Ensayo de CBR

ANEXO 2: Matriz de consistencia

TÍTULO: Estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.

GENERAL		PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
		¿Cuál es la estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022?	Determinar la estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.	La estabilización de suelos con cal, mejorará la capacidad resistente y la máxima densidad seca en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022.	INDEPENDIENTE	Cal	Dosificación	4 % cal	Tipo: Aplicada Diseño: Experimental Enfoque: Cuantitativo Población: Por toda la longitud de la carretera Muestreo: No probabilístico Muestra: Un tramo de 1km progresiva 0+000 al 1+000 Técnica: Observación directa Instrumentos: Observación, ensayos de laboratorio y fichas
								6 % cal	
								8 % cal	
ESPECÍFICOS		¿Cuál será la variación de límites de consistencia adicionando cal en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022?	Determinar la variación de límites de consistencia adicionando cal en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022.	Con la adición de cal se obtuvo resultados favorables en la variación de límites de consistencia en la sub rasante de la carretera Capachica, Puno, 2022.	DEPENDIENTE	Estabilización de sub rasante	Propiedades Físicas	Límites de consistencia	
		¿Cuál será el resultado del ensayo de Proctor modificado que se obtendrá adicionando cal en las diferentes muestras para estabilizar la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022?	Conocer los resultados del ensayo de Proctor modificado en diferentes porcentajes de adición de cal en las muestras para estabilizar la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.	Los resultados obtenidos del ensayo de Proctor modificado son óptimos con la adición de cal para la estabilización de la sub rasante según las normas aplicadas en la carretera Capachica, Puno, 2022.				Propiedades Mecánicas	Máxima densidad seca
		¿Cuál es la resistencia del ensayo de CBR que se obtiene adicionando diferentes porcentajes de cal para el mejoramiento del suelo de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022?	Determinar la resistencia del ensayo de CBR adicionando diferentes porcentajes de cal para el mejoramiento del suelo de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.	La resistencia del ensayo de CBR con la adición de cal incrementa de manera moderada en la estabilización del suelo de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.					Resistencia

ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N°	: T_UCV_FCR-09/22-03-1-G&C
		Fecha	: 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS	
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in.
DOSIFICACION:	: 0% CAL - PATRON	CLASIF. SUELOS	: A-7-6 (27)
		ESTE	: 412347
		NORTE	: 8270957
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

N° DE ENSAYOS	1	2	3
N° Tara	CH - 04	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	[g] 71.43	72.05	74.93
Masa Tara + Suelo Humedo	[g] 386.98	337.54	444.05
Masa Tara + Suelo Seco	[g] 330.02	290.51	376.19
Masa Agua	[g] 56.96	47.03	67.86
Masa Suelo Seco	[g] 258.59	218.46	301.26
Contenido de Humedad	[g] 22.03	21.53	22.53
PROMEDIO	(%)	22.0	

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]

ING. YANA CONDSEL
TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

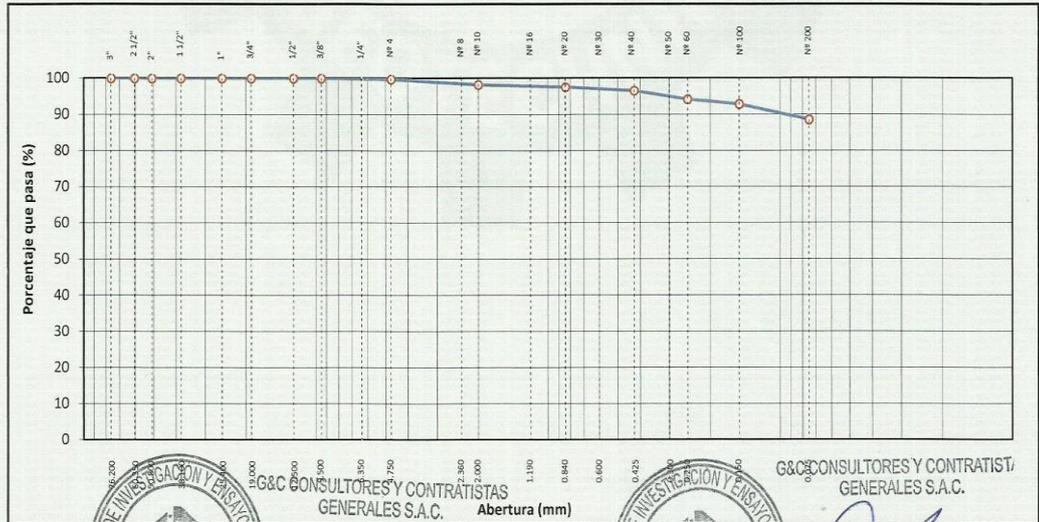
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO – DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA	COORDENADAS
CALICATA : C - 03		ESTE : 412347
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE : 8270957
DOSEIFICACION : 0% CAL - PATRON	CLASIF. SUELOS : A-7-6 (27)	COTA : 3860 m.s.n.m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)	
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 3162.00 gr.	
6 in.	152.400						Masa Fracción : 382.95 gr.	
5 in.	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO	
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) :	22.00
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO :	1/2 in.
2 1/2 in.	60.350						Limite Líquido (LL):	47.00
2 in.	50.800						Limite Plástico (LP):	17.00
1 1/2 in.	38.100						Indice Plástico (IP):	30.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) :	CL
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) :	A-7-6 (27)
1/2 in.	12.500				100.00		Indice de Consistencia :	0.83
3/8 in.	9.500	1.09	0.03	0.03	99.97		DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
1/4 in.	6.350						Descripción (AASHTO):	MALO
Nº 4	4.750	6.78	0.21	0.25	99.75		Descripción (SUCS):	Arcilla de baja plasticidad
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :	
Nº 10	2.000	47.85	1.51	1.76	98.24		Turba :	--
Nº 16	1.190						CU :	0.000 cc : 0.000
Nº 20	0.840	21.41	0.68	2.44	97.56		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS	
Nº 30	0.600						Grava > 2" :	0.00
Nº 40	0.425	33.28	1.05	3.49	96.51		Grava 2" - Nº 4 :	0.25
Nº 50	0.300						Arena Nº4 - Nº 200 :	11.22
Nº 60	0.250	74.70	2.36	5.85	94.15		Finos < Nº 200 :	88.53
Nº 100	0.150	41.76	1.32	7.18	92.82		%>3" :	0.0%
Nº 200	0.075	135.65	4.29	11.47	88.53			
< Nº 200	FONDO	2799.47	88.53	100.00				

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

BACH. FLORES CAHUI ROXANA
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

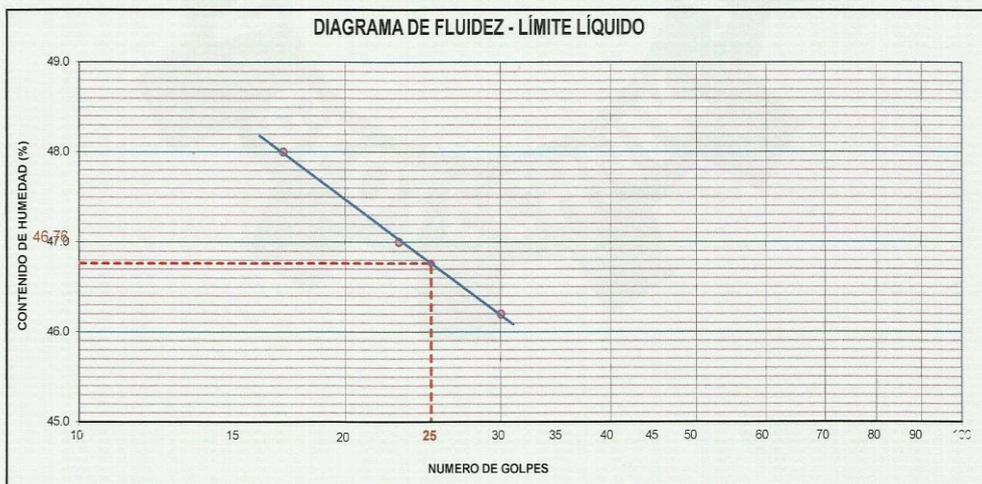
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS	
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in.
DOISIFICACION	: 0% CAL - PATRON	CLASIF. SUELOS	: A-7-6 (27)
		ESTE	: 412347
		NORTE	: 8270957
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 01	LC - 02	LC - 03	
MASA DE LA TARA	[g]	45.84	45.92	45.91	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	67.17	67.79	64.97	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	60.25	60.80	58.95	
MASA DE AGUA	[g]	6.92	6.99	6.02	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	14.41	14.88	13.04	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	48.0	47.0	46.2	
NUMERO DE GOLPES	n°	17	23	30	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 04	LC - 05		
MASA DE LA TARA	[g]	46.94	47.87		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	49.71	50.90		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	49.31	50.47		
MASA DE AGUA	[g]	0.40	0.43		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.37	2.60		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	16.9	16.5	LP= 16.7	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	47.00
LÍMITE PLÁSTICO	16.70
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	30.00



[Signature]
BACH. FLORES CAHUI ROXANA
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

[Signature]
ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 kN-m/m³)) (ASTM D 1557-12(2021))

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL : MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS	
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in.
DOSIFICACION:	: 0% CAL - PATRON	CLASIF. SUELOS	: A-7-6 (27)
		ESTE	: 412347
		NORTE	: 8270957
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

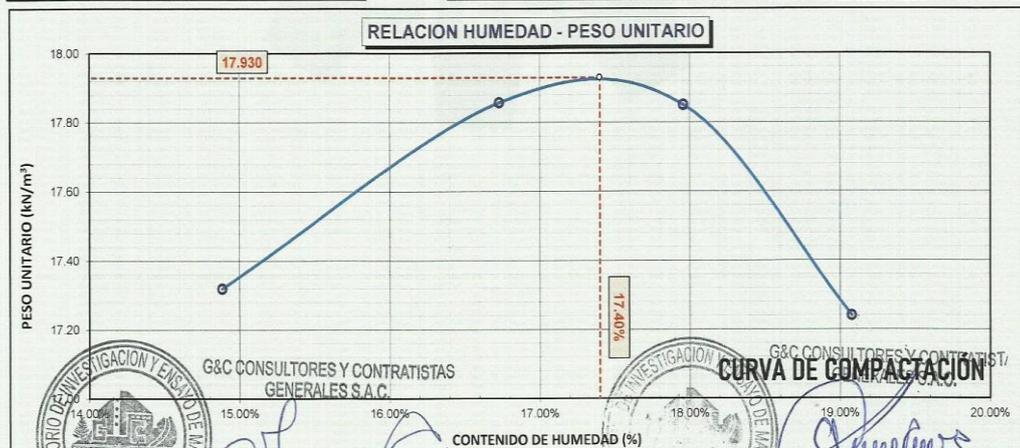
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	% Ret. Tamiz 3/4"	: [Método A]
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-7-6 (27)	% Ret. Tamiz 3/8"	: 0.03 %
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de baja plasticidad	% Ret. Tamiz N°4:	: 0.25 %
		METODO DE ENSAYO	: 5
		No DE CAPAS	: 25
		GOLPES POR CAPA	: 25

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 05	VOLUMEN DEL MOLDE	: 932 cm ³
MASA DEL MOLDE	: 3,680 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	[g]	5570	5660	5680	5630
Masa del Molde	[g]	3680	3680	3680	3680
Masa del Suelo Humedo	g/cm ³	1890	1980	2000	1950
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	2.029	2.126	2.147	2.093

Capsula No	No	TP-03	TP-06	TP-07	TP-10
Masa de la Capsula	[g]	58.96	57.56	54.63	58.43
Suelo Humedo + Capsula	[g]	316.94	304.35	283.31	342.25
Masa del Suelo Seco + Capsula	[g]	283.52	268.98	248.50	296.78
Masa del Agua	[g]	33.42	35.37	34.81	45.47
Masa del Suelo Seco	[g]	224.56	211.42	193.87	238.35
Humedad (%)	%	14.88%	16.73%	17.96%	19.08%
Promedio de Humedad (%)	%	14.88%	16.73%	17.96%	19.08%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.766	1.821	1.820	1.758
Peso Unitario Seco	kN/m ³	17.32	17.86	17.85	17.24

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D1557-12(2021)	PESO UNITARIO SECO	1.828 gr/cc	17.930 kN/m ³
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	17.40 %	17.40 %



OBSERVACIONES
 LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. LUIS GOMEZ GALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES. CIP N° 209176
 Definitivo de calibración N° 11-165-2021 con fecha 21/12/2021
 DE MATERIALES

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N°	: T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha	: 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUJ ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS	
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in.
DOSIFICACION:	: 0% CAL - PATRON	CLASIF. SUELOS	: A-7-6 (27)
		ESTE	: 412347
		NORTE	: 8270957
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	METODO DE ENSAYO	(Método A)
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-7-6 (27)	PESO UNITARIO SECO	: 17.93 kN/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de baja plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 17.40 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		TIPO DE MARTILLO	: Manual
		MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-1	N-1	Q-1
NUMERO DE CAPAS	n°	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR
		SUMERGIDO	SUMERGIDO	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Húmedo + Molde	[g]	12590	12710	11720	11930	10610	11030
Masa del Molde	[g]	8170	8170	7570	7570	6810	6810
Masa del Suelo Húmedo	[g]	4420	4540	4150	4360	3800	4220
Volumen del Suelo	cm ³	2080	2080	2062	2062	2080	2080
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2.125	2.183	2.012	2.114	1.827	2.029
Capsula No	No	PC - 1	PC - 2	PC - 3	PC - 4	PC - 5	PC - 6
Masa de la Capsula	[g]	45.45	45.83	51.30	46.27	46.66	47.32
Suelo Húmedo + Capsula	[g]	285.20	298.49	352.99	287.65	318.75	329.89
Masa del Suelo Seco + Capsula	[g]	251.87	256.46	310.84	251.29	279.40	270.14
Masa del Agua	[g]	33.33	42.03	42.15	36.36	39.35	59.75
Masa del Suelo Seco	[g]	206.42	210.63	259.54	205.02	232.74	222.82
% de Humedad	%	16.15%	19.95%	16.24%	17.73%	16.91%	26.82%
Promedio de Humedad	%	16.15%	19.95%	16.24%	17.73%	16.91%	26.82%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.829	1.819	1.731	1.796	1.562	1.600
Peso Unitario Seco	kN/m ³	17.941	17.843	16.978	17.611	15.323	15.687

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	119.00	0.00	0.00	556.00	0.00	0.00	503.00	0.00	0.00
		24:00:00	155.00	0.91	0.72	611.00	1.40	1.10	591.00	2.24	1.76
		48:00:00	179.00	1.52	1.20	672.00	2.95	2.32	652.00	3.78	2.98
		72:00:00	201.00	2.08	1.64	694.00	3.51	2.76	732.00	5.82	4.58
		96:00:00	237.00	3.00	2.36	716.90	4.09	3.22	789.00	7.26	5.72

PENETRACIÓN																			
PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Estándar Kg-F/cm2 / Mpa	MOLDE No				MOLDE No				MOLDE No				Q-1			
mm	Pulg.			LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm2	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	0.025	00:30		28.5	1.47	0.14		13.3	0.69	0.07		10.4	0.54	0.05					
1.27	0.050	01:00		44.3	2.29	0.22		21.9	1.13	0.11		15.4	0.80	0.08					
1.90	0.075	01:30		51.2	2.65	0.26		25.7	1.33	0.13		17.9	0.93	0.09					
2.54	0.100	02:00		70.31	3.00	0.29	4.20	29.1	1.50	0.15	2.17	20.5	1.06	0.10	1.45				
3.17	0.125	02:30		64.5	3.33	0.33		32.0	1.65	0.16		22.2	1.15	0.11					
3.81	0.150	03:00		70.7	3.65	0.36		33.6	1.74	0.17		23.6	1.22	0.12					
5.08	0.200	04:00		105.46	4.50	0.44	4.25	38.4	1.98	0.19	1.84	26.1	1.35	0.13	1.26				
6.35	0.250	05:00		103.7	5.36	0.53		41.5	2.14	0.21		27.8	1.44	0.14					
7.62	0.300	06:00		125.6	6.49	0.64		46.4	2.40	0.24		30.4	1.62	0.16					
8.89	0.350	07:00		151.2	7.81	0.77		52.0	2.69	0.26		33.6	1.80	0.18					
10.16	0.400	08:00		177.6	9.02	0.88		57.0	2.85	0.28		36.0	1.98	0.19					
11.43	0.450	09:00		200.9	10.38	1.02		61.8	3.18	0.31		38.4	2.17	0.21					
12.70	0.500	10:00		232.1	11.99	1.18		68.3	3.53	0.35		42.0	2.40	0.24					

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL EJECUTOR DEL PROYECTO. LA MUESTRA DE CBR CON INDICADOR DE LECTURA DIGITAL Y TRANSDUCTOR DE FUERZA "CELDA TIPO 2000" DE LA MARCA "G&C" DE LAS ROCAS INGS S.A.C. PUNO, PERÚ, DEL 08/09/2022.

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)

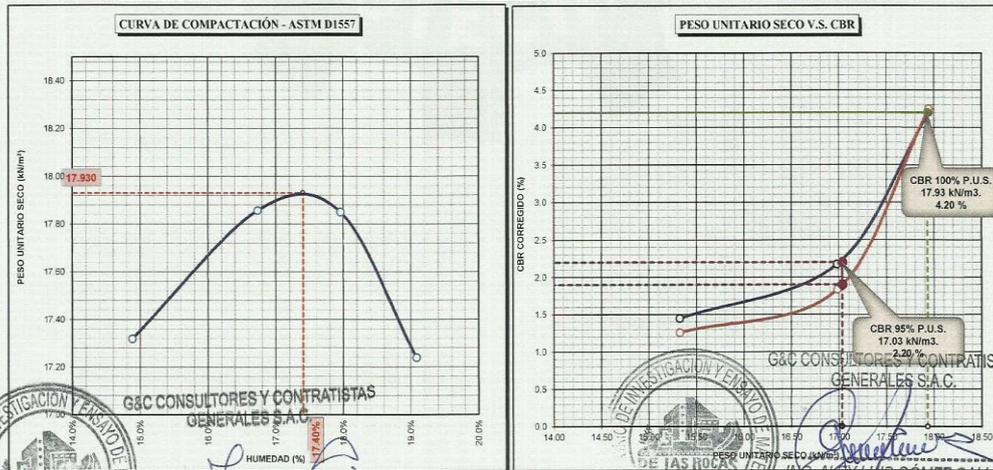
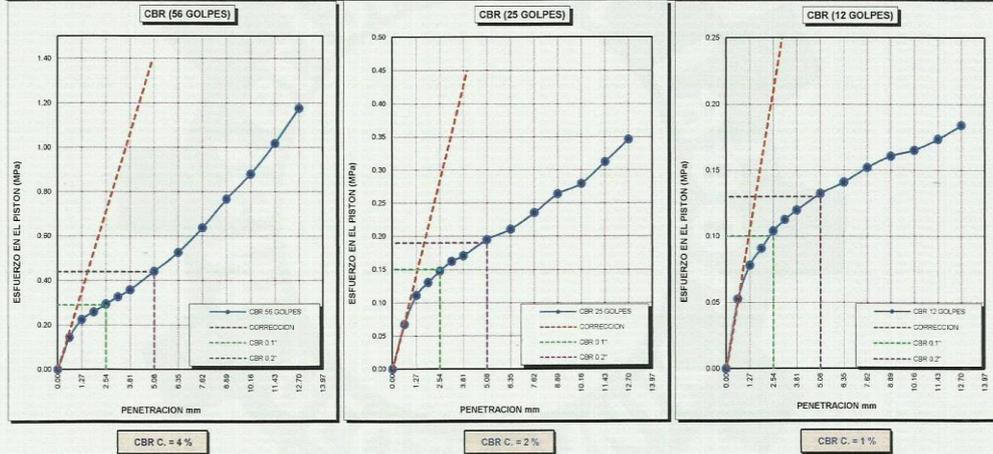
TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSIFICACION	: 0% CAL - PATRON	NORTE : 8270957
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-7-6 (27)	

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	NORMA	: ASTM D1557-12(2021)
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-7-6 (27)	METODO DE ENSAYO	: [Método A]
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla de baja plasticidad	TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO	: 17.93 kN/m ³
		PESO UNITARIO SECO AL 95%	: 17.03 kN/m ³
		HUMEDAD ÓPTIMA	: 17.40 %

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1"	%	4.20 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2"	%	4.20 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	2.20 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	1.90 %

GRAFICOS



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 BACH. I.C. Flores Cahui Roxana
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES
 OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO LISTA EN GEOTECNIA



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 ING. ALEX LUIS QUIMBE SALLA
 ENSEÑANTE DE MATERIALES
 CIP N° 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in.
MUESTRA	: M - 01	CLASIF. SUELOS	: A-7-5 (18)
DOSIFICACION:	: 4% CAL	COORDENADAS	
		ESTE	: 412347
		NORTE	: 8270957
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 04	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	[g]	71.43	72.05	74.93
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	386.98	337.54	444.05
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	330.02	290.51	376.19
Masa Agua	[g]	56.96	47.03	67.86
Masa Suelo Seco	[g]	258.59	218.46	301.26
Contenido de Humedad	[g]	22.03	21.53	22.53
PROMEDIO	(%)	22.0		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS
GENERALES S.A.C.

[Signature]
BACH. IC MARYC YANA CONDO
ESPECIALISTA EN ENSAYO
DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS
GENERALES S.A.C.

[Signature]
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

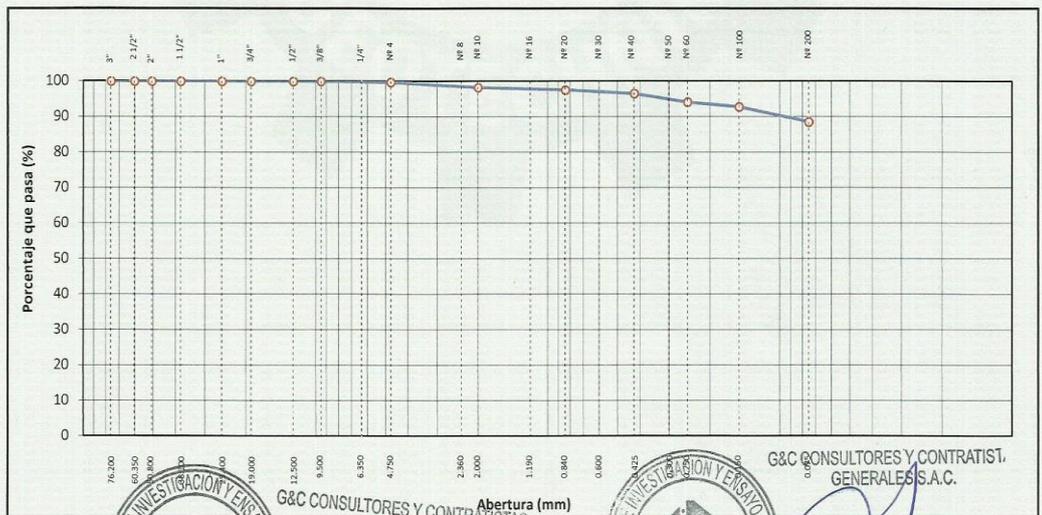
TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N°	: T_UCV_FCR-09/22-03:1-G
		Fecha	: 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES

UBICACIÓN : DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO			
PROCEDENCIA : SUBRASANTE		SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA	
CALICATA : C - 03			COORDENADAS
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.		ESTE : 412347
DOSFICACION: : 4% CAL	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (18)		NORTE : 8270957
			COTA : 3860 m.s.n.m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 3162.00 gr.
6 in.	152.400						Masa Fracción : 382.95 gr.
5 in.	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Contenido de Humedad (%) : 22.00 TAMANO MAXIMO : 1/2 in. Limite Líquido (LL): 51.00 Limite Plástico (LP): 35.00 Índice Plástico (IP): 16.00 Clasificación (SUCS) : MH Clasificación (AASHTO) : A-7-5 (18) Índice de Consistencia : 1.81
4 in.	101.600						
3 in.	76.200						
2 1/2 in.	60.350						
2 in.	50.800						
1 1/2 in.	38.100						
1 in.	25.400						
3/4 in.	19.000						
1/2 in.	12.500				100.00		
3/8 in.	9.500	1.09	0.03	0.03	99.97		
1/4 in.	6.350						
Nº 4	4.750	6.78	0.21	0.25	99.75		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	47.85	1.51	1.76	98.24		
Nº 16	1.190						
Nº 20	0.840	21.41	0.68	2.44	97.56		
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425	33.28	1.05	3.49	96.51		
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250	74.70	2.36	5.85	94.15		
Nº 100	0.150	41.76	1.32	7.18	92.82		
Nº 200	0.075	135.65	4.29	11.47	88.53		
< Nº 200	FONDO	2799.47	88.53	100.00			DESCRIPCIÓN DEL SUELO Descripción (AASHTO): MALO Descripción (SUCS): Limo de alta plasticidad Materia Orgánica : Turba : -- CU : 0.000 CC : 0.000 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS Grava > 2" : 0.00 Grava 2" - Nº 4 : 0.25 Arena Nº4 - Nº 200 : 11.22 Finos < Nº 200 : 88.53 %>3" : 0.0%

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

BACH. MARY C. YANA CONDORI
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

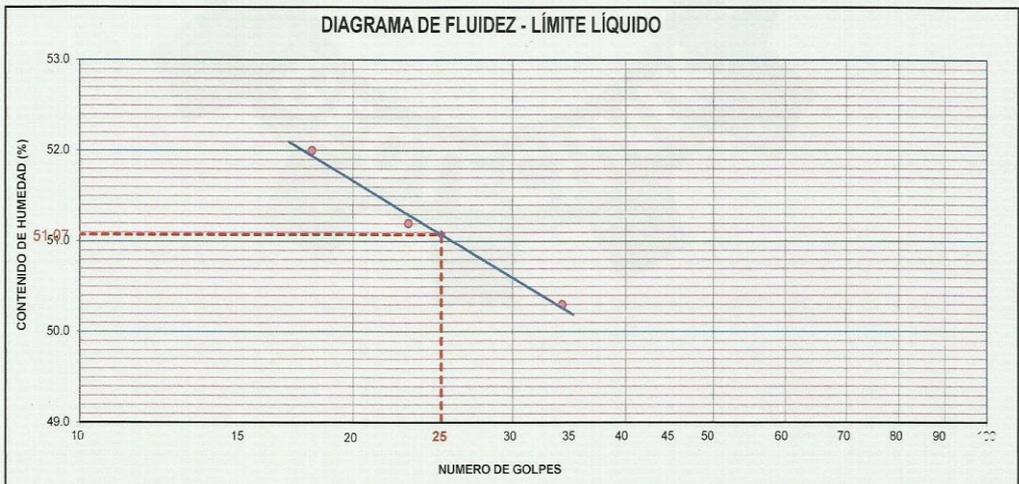
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESTS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSIFICACION:	: 4% CAL	NORTE : 8270957
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (18)	

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 26	LC - 27	LC - 28	
MASA DE LA TARA	[g]	48.66	46.09	46.45	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	65.84	63.90	61.68	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	59.96	57.87	56.58	
MASA DE AGUA	[g]	5.88	6.03	5.1	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	11.3	11.78	10.13	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	52.0	51.2	50.3	
NUMERO DE GOLPES	n°	18	23	34	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 29	LC - 30		
MASA DE LA TARA	[g]	46.52	46.61		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	49.73	49.89		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	48.90	49.05		
MASA DE AGUA	[g]	0.83	0.84		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.38	2.44		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	34.9	34.4	LP= 34.65	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	51.00
LIMITE PLASTICO	34.65
INDICE DE PLASTICIDAD	16.00



BACH. FLORES CAHUI ROXANA
TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

OBSERVACIONES	
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO	



ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTÉCNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 kN-m/m³)) (ASTM D 1557-12(2021))

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSIFICACION:	: 4% CAL	NORTE : 8270957
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (18)	

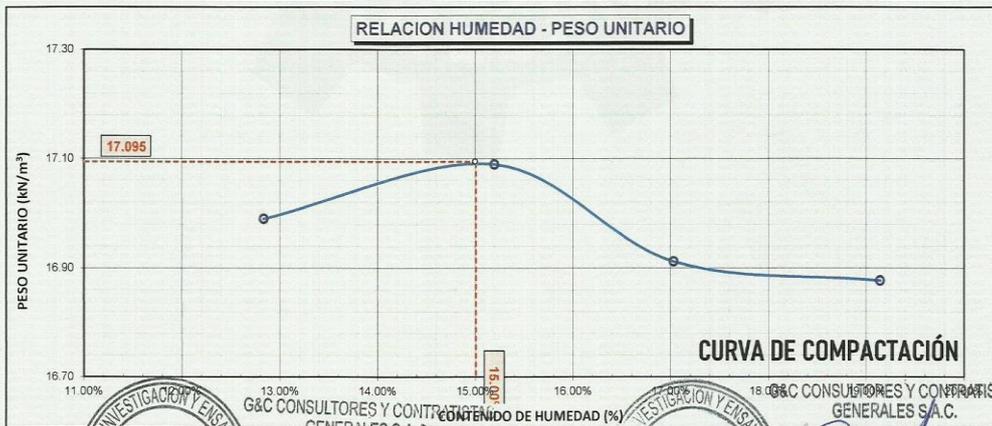
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	MH	% Ret. Tamiz 3/4" :	METODO DE ENSAYO [Método A]
CLASIFICACIÓN (AASHTO) :	A-7-5 (18)	% Ret. Tamiz 3/8" : 0.03 %	No DE CAPAS : 5
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	Limo de alta plasticidad	% Ret. Tamiz N°4 : 0.25 %	GOLPES POR CAPA : 25

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	X - 05	VOLUMEN DEL MOLDE	932 cm ³
MASA DEL MOLDE	3,680 g.	TIPO DE MARTILLO	Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	[g]	5501	5550	5560	5590
Masa del Molde	[g]	3680	3680	3680	3680
Masa del Suelo Humedo	g/cm ³	1821	1870	1880	1910
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	1.955	2.007	2.018	2.050

Capsula No	No	TP-01	TP-02	TP-03	TP-04
Masa de la Capsula	[g]	48.28	52.37	60.54	52.34
Suelo Humedo + Capsula	[g]	341.95	369.14	372.85	352.80
Masa del Suelo Seco + Capsula	[g]	308.55	327.36	327.41	304.53
Masa del Agua	[g]	33.40	41.78	45.44	48.27
Masa del Suelo Seco	[g]	260.27	274.99	266.87	252.19
Humedad (%)	%	12.83%	15.19%	17.03%	19.14%
Promedio de Humedad (%)	%	12.83%	15.19%	17.03%	19.14%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.733	1.743	1.725	1.721
Peso Unitario Seco	kN/m ³	16.99	17.09	16.91	16.88

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D1557-12(2021)	PESO UNITARIO SECO	1.743 gr/cc	17.095 kN/m ³
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	15.00 %	15.00 %



OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Bach. LUIS GÓMEZ GALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)

TESTES	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N°	: T_UCV_FCR-09/22-03-1-G&C
		Fecha	: 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS	ESTE : 412347
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in. NORTE : 8270957
DOSIFICACION:	: 4% CAL	CLASIF. SUELOS	: A-7-5 (18) COTA : 3860 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO			
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: MH	METODO DE ENSAYO	[Método A]	TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-7-5 (18)	PESO UNITARIO SECO	: 17.10 kN/m ³	TIPO DE MARTILLO	: Manual
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Limo de alta plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	: 15.00 %	MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo

MOLDE No	COD.	A-1	N-1	Q-1	
NUMERO DE CAPAS	n°	5	5	5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12	
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1	
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Húmedo + Molde	[g]	11823	12043	11415	11847	10097	10601
Masa del Molde	[g]	7574	7574	7605	7605	6647	6647
Masa del Suelo Húmedo	[g]	4249	4469	3810	4242	3450	3954
Volumen del Suelo	cm ³	2118	2118	2106	2106	2118	2118
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2.007	2.110	1.809	2.014	1.629	1.867
Capsula No	No	PC - 10	PC - 9	PC - 108	PC - 12	PC - 2	PC - 15
Masa de la Capsula	[g]	46.63	45.42	60.54	46.05	61.47	48.28
Suelo Húmedo + Capsula	[g]	338.16	351.92	423.22	346.71	457.44	398.63
Masa del Suelo Seco + Capsula	[g]	300.16	300.56	375.68	280.84	405.50	323.67
Masa del Agua	[g]	38.00	51.36	47.54	65.87	51.94	74.96
Masa del Suelo Seco	[g]	253.53	255.14	315.14	234.79	344.03	275.39
% de Humedad	%	14.99%	20.13%	15.08%	28.05%	15.10%	27.22%
Promedio de Humedad	%	14.99%	20.13%	15.08%	28.05%	15.10%	27.22%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.745	1.757	1.572	1.573	1.415	1.467
Peso Unitario Seco	kN/m ³	17.113	17.226	15.416	15.426	13.877	14.389

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	632.10	0.00	0.00	433.90	0.00	0.00	231.00	0.00	0.00
		24:00:00	657.00	0.63	0.50	471.00	0.94	0.74	275.00	1.12	0.88
		48:00:00	686.00	1.37	1.08	505.00	1.81	1.42	315.00	2.13	1.68
		72:00:00	735.00	2.61	2.06	545.00	2.82	2.22	390.00	4.04	3.18
		96:00:00	771.90	3.55	2.80	595.00	4.09	3.22	413.00	4.62	3.64

PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN			Carga Estandar Kg-F/cm ² / Mpa	MOLDE No A-1			MOLDE No N-1			MOLDE No Q-1				
mm	Pulg.	Tiempo		LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	0.025	00:30	61.6	3.18	0.31		132.2	6.83	0.67		18.6	0.96	0.09	
1.27	0.050	01:00	180.0	9.30	0.91		225.0	11.63	1.14		41.5	2.14	0.21	
1.90	0.075	01:30	254.5	13.15	1.29		297.1	15.35	1.51		73.4	3.79	0.37	
2.54	0.100	02:00	368.3	19.03	1.87	32.61	359.4	18.57	1.82	26.38	108.7	5.62	0.55	10.29
3.17	0.125	02:30	487.0	25.17	2.47		413.9	21.39	2.10		139.6	7.21	0.71	
3.81	0.150	03:00	600.6	31.04	3.04		475.9	24.59	2.41		179.2	9.26	0.91	
5.08	0.200	04:00	830.4	42.91	4.21	43.48	555.6	28.71	2.82	27.25	251.3	12.99	1.27	14.20
6.35	0.250	05:00	1094.3	56.55	5.55		645.1	33.34	3.27		333.7	17.25	1.69	
7.62	0.300	06:00	1278.5	66.07	6.48		739.7	38.23	3.75		404.4	20.90	2.05	
8.89	0.350	07:00	1377.3	71.18	6.98		800.6	41.37	4.06		459.9	23.77	2.33	
10.16	0.400	08:00	1538.4	79.50	7.80		878.1	45.38	4.45		512.5	26.49	2.60	
11.43	0.450	09:00	1665.3	86.06	8.44		932.5	48.19	4.72		560.9	29.00	2.87	
12.70	0.500	10:00	1990.8	100.82	9.89		999.0	51.63	5.12		600.0	31.00	3.00	

OBSERVACIONES: MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.
 El ensayo de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza "CELDA TIPO S".
 Certificado de calibración N° 010725-2020 con fecha 20/07/2020

Shekel
 BACH. I. MARCO C. YANAGONDO
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

Quilua
 ING. ALEXANDER GÓMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)

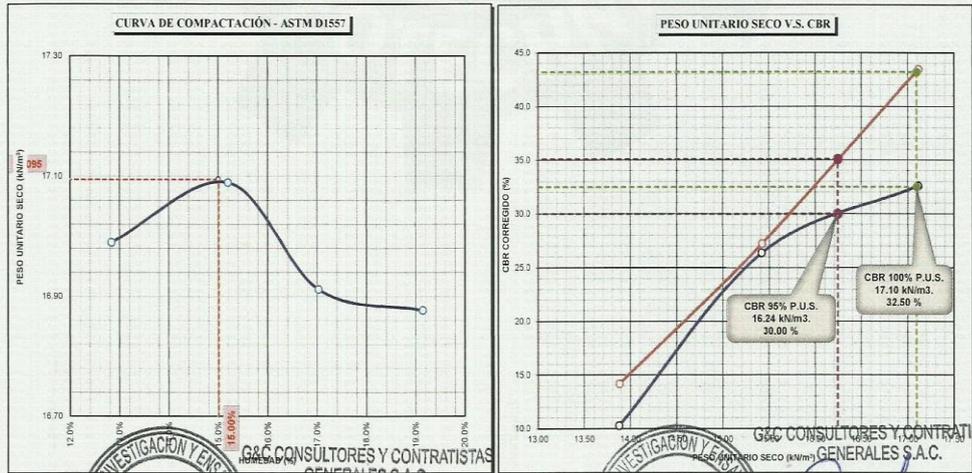
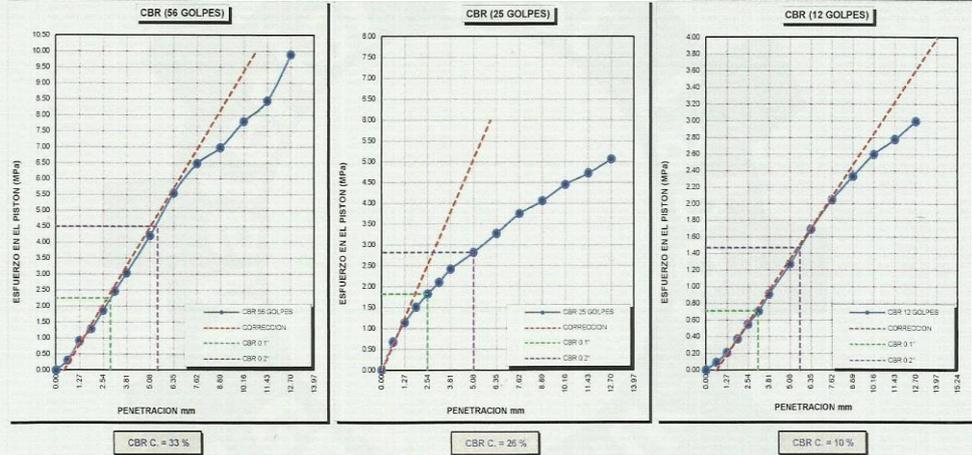
TESTS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO – DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSEIFICACION	: 4% CAL	NORTE : 8270957
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (18)	

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: MH	NORMA	: ASTM D1557-12(2021)
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-7-5 (18)	METODO DE ENSAYO	[Método A]
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Limo de alta plasticidad	TIEMPO DE INMERSIÓN	: 4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO	: 17.10 kN/m ³
		PESO UNITARIO SECO AL 95%	: 16.24 kN/m ³
		HUMEDAD ÓPTIMA	: 15.00 %

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1"	%	32.50 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2"	%	43.20 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	30.00 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	35.10 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.
 Certificado de calibración N° LF-122-2021 con fecha 21/12/2021

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03-1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	COORDENADAS
CALICATA	: C - 03	
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSIFICACION:	: 6% CAL	NORTE : 8270957
		COTA : 3860 m.s.n.m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 04	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	[g]	71.43	72.05	74.93
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	386.98	337.54	444.05
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	330.02	290.51	376.19
Masa Agua	[g]	56.96	47.03	67.86
Masa Suelo Seco	[g]	258.59	218.46	301.26
Contenido de Humedad	[g]	22.03	21.53	22.53
PROMEDIO	(%)	22.0		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS
 GENERALES S.A.C.

[Signature]
 YANA CONDORI
 ESPECIALISTA EN ENSAYO



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS
 GENERALES S.A.C.

[Signature]
 ING. ALEX LUIS BÓMEZ GALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

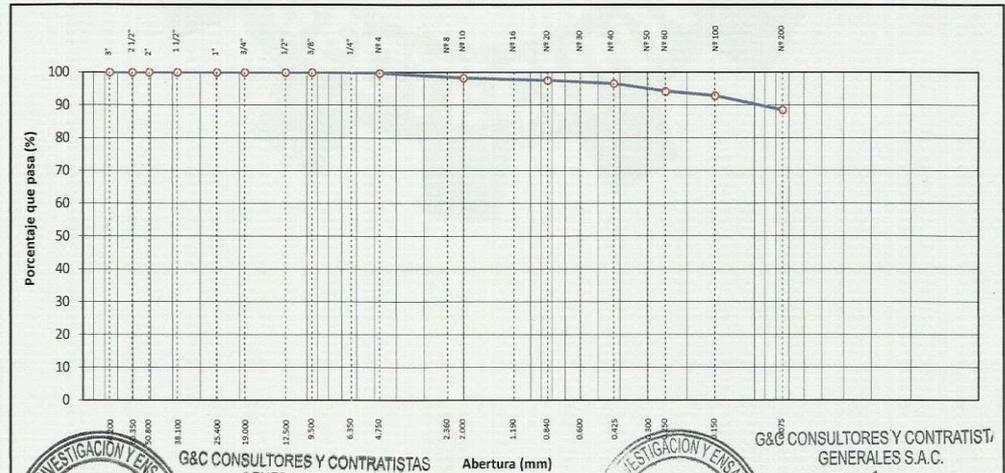
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03-1-G
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	SUBRASANTE	COORDENADAS
CALICATA	C - 03	ESTE : 412347
MUESTRA	M - 01	NORTE : 8270957
DOSIFICACION:	6% CAL	COTA : 3860 m.s.n.m.
	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA	
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (17)	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						
6 in.	152.400						Masa inicial seca : 3162.00 gr.
5 in.	127.000						Masa Fracción : 382.95 gr.
4 in.	101.600						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
3 in.	76.200						Contenido de Humedad (%) : 22.00
2 1/2 in.	60.350						TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.
2 in.	50.800						Límite Líquido (LL): 52.00
1 1/2 in.	38.100						Límite Plástico (LP): 37.00
1 in.	25.400						Índice Plástico (IP): 15.00
3/4 in.	19.000						Clasificación (SUCS) : MH
1/2 in.	12.500				100.00		Clasificación (AASHTO) : A-7-5 (17)
3/8 in.	9.500	1.09	0.03	0.03	99.97		Índice de Consistencia : 2.00
1/4 in.	6.350						DESCRIPCIÓN DEL SUELO
Nº 4	4.750	6.78	0.21	0.25	99.75		Descripción (AASHTO): MALO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Limo de alta plasticidad
Nº 10	2.000	47.85	1.51	1.76	98.24		Materia Orgánica :
Nº 16	1.190						Turba : --
Nº 20	0.840	21.41	0.68	2.44	97.56		CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 30	0.600						CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº 40	0.425	33.28	1.05	3.49	96.51		Grava > 2" : 0.00
Nº 50	0.300						Grava 2" - Nº 4 : 0.25
Nº 60	0.250	74.70	2.36	5.85	94.15		Arena Nº4 - Nº 200 : 11.22
Nº 100	0.150	41.76	1.32	7.18	92.82		Finos < Nº 200 : 88.53
Nº 200	0.075	135.65	4.29	11.47	88.53		%>3" : 0.0%
< Nº 200	FONDO	2799.47	88.53	100.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

TECNOLOGO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES
PACHECO MARYO YANA CONDORI

ING. ALEXANDER GÓMEZ CANA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

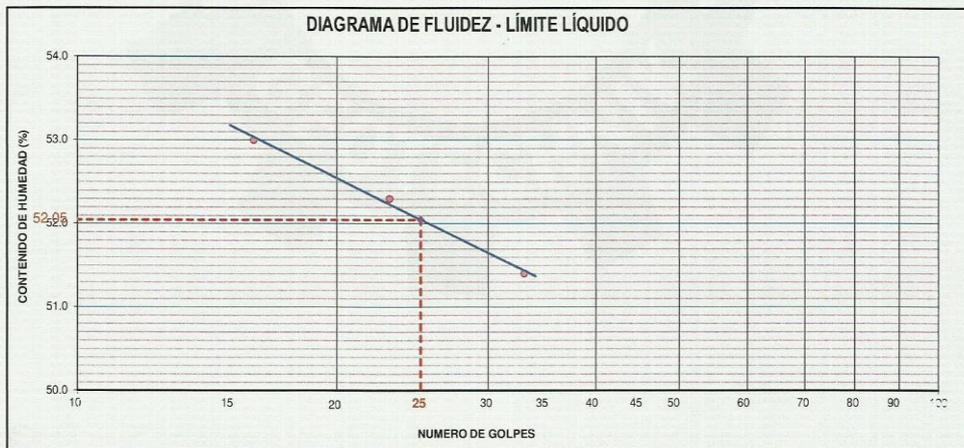
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03-1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSFIFICACION	: 6% CAL	NORTE : 8270957
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (17)	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 21	LC - 22	LC - 23	
MASA DE LA TARA	[g]	47.34	43.07	48.17	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	66.79	58.47	63.72	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	60.05	53.18	58.44	
MASA DE AGUA	[g]	6.74	5.29	5.28	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	12.71	10.11	10.27	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	53.0	52.3	51.4	
NUMERO DE GOLPES	n°	16	23	33	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 24	LC - 25		
MASA DE LA TARA	[g]	45.8	42.39		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	48.81	45.96		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	48.00	44.99		
MASA DE AGUA	[g]	0.81	0.97		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.20	2.60		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	36.8	37.3	LP= 37.05	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	52.00
LÍMITE PLÁSTICO	37.05
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	15.00

BACH. YANA G. YANA CONDORI
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. LAS MUESTRAS Y PUNTOS FUERON PRECISAMENTE IDENTIFICADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 kN-m/m³)) (ASTM D 1557-12(2021))

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03-1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSIFICACION	: 6% CAL	NORTE : 8270957
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (17)	

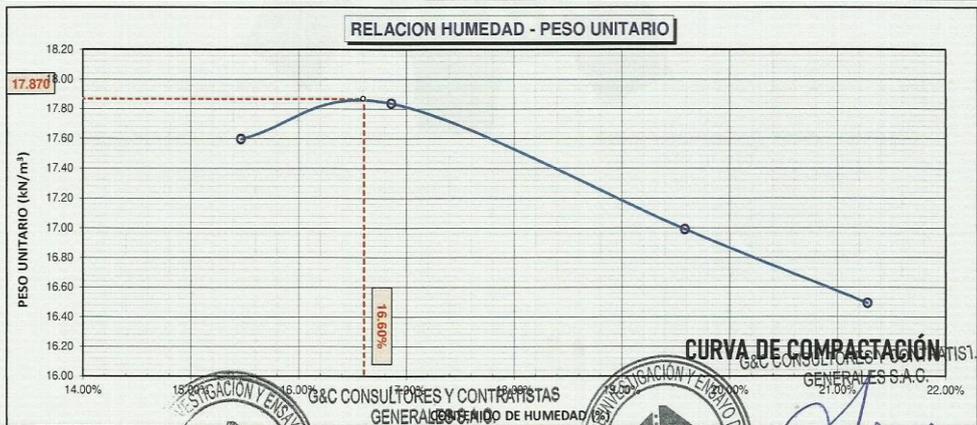
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: MH	% Ret. Tamiz 3/4"	METODO DE ENSAYO [Método A]
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-7-5 (17)	% Ret. Tamiz 3/8" : 0.03 %	No DE CAPAS : 5
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Limo de alta plasticidad	% Ret. Tamiz N°4 : 0.25 %	GOLPES POR CAPA : 25

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 05	VOLUMEN DEL MOLDE	: 932 cm ³
MASA DEL MOLDE	: 3,680 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	[g]	5610	5660	5610	5580
Masa del Molde	[g]	3680	3680	3680	3680
Masa del Suelo Humedo	g/cm ³	1930	1980	1930	1900
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	2.072	2.126	2.072	2.040

Capsula No	No	TP-01	TP-02	TP-03	TP-04
Masa de la Capsula	[g]	47.68	47.39	48.30	47.38
Suelo Humedo + Capsula	[g]	343.63	336.40	293.18	282.57
Masa del Suelo Seco + Capsula	[g]	304.00	294.71	253.08	241.31
Masa del Agua	[g]	39.63	41.69	40.10	41.26
Masa del Suelo Seco	[g]	256.32	247.32	204.78	193.93
Humedad (%)	%	15.46%	16.86%	19.58%	21.28%
Promedio de Humedad (%)	%	15.46%	16.86%	19.58%	21.28%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.794	1.819	1.733	1.682
Peso Unitario Seco	kN/m ³	17.60	17.84	16.99	16.49

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D1557-12(2021)	PESO UNITARIO SECO	1.822 gr/cc	17.870 kN/m ³
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	16.60 %	16.60 %



OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Certificado de calificación N° LI-145-2021 con fecha 21/12/2021

ING. ALEXANDER GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

ING. YANA CONDORI
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-GRC
	Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO			
PROCEDENCIA : SUBRASANTE		SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHU ROXANA	
CALICATA : C - 03			COORDENADAS
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.		ESTE : 412347
DOSIFICACION: : 6% CAL	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (17)		NORTE : 8270957
			COTA : 3860 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO		
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	MH	METODO DE ENSAYO [Método A]	TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (96 Horas)	
CLASIFICACIÓN (AASHTO) :	A-7-5 (17)	PESO UNITARIO SECO :	17.87 kN/m ³	
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	Limo de alta plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA :	15.60 %	
		TIPO DE MARTILLO	Manual	
		MET. DE PREPARACIÓN	Húmedo	

MOLDE No	COD.	A-1		N-1		Q-1	
		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
NUMERO DE CAPAS	n°	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56		25		12	
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1		1		1	
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1		1		1	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Húmedo + Molde	[g]	12781	12889	10977	11332	11567	11997
Masa del Molde	[g]	8359	8359	7094	7094	7870	7870
Masa del Suelo Húmedo	[g]	4422	4530	3883	4238	3697	4127
Volumen del Suelo	cm ³	2098	2098	2117	2117	2129	2129
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2.107	2.159	1.834	2.002	1.736	1.938
Capsula No	No	PC - 1	PC - 2	PC - 3	PC - 4	PC - 5	PC - 6
Masa de la Capsula	[g]	52.33	58.99	57.69	47.45	63.81	58.47
Suelo Húmedo + Capsula	[g]	429.15	418.61	424.98	362.07	390.79	401.41
Masa del Suelo Seco + Capsula	[g]	378.37	358.67	376.08	303.75	347.49	349.60
Masa del Agua	[g]	50.78	59.94	48.90	58.32	43.30	51.81
Masa del Suelo Seco	[g]	326.04	299.68	318.39	256.30	283.68	291.13
% de Humedad	%	15.57%	20.00%	15.36%	22.75%	15.26%	17.80%
Promedio de Humedad	%	15.57%	20.00%	15.36%	22.75%	15.26%	17.80%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.823	1.799	1.590	1.631	1.507	1.646
Peso Unitario Seco	kN/m ³	17.880	17.641	15.591	15.991	14.774	16.138

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	162.99	0.00	0.00	771.00	0.00	0.00	285.90	0.00	0.00
		24:00:00	170.00	0.18	0.14	790.00	0.48	0.38	314.00	0.71	0.56
		48:00:00	175.00	0.31	0.24	810.00	0.99	0.78	354.00	1.73	1.36
		72:00:00	184.00	0.53	0.42	840.00	1.75	1.38	395.00	2.77	2.18
		96:00:00	199.95	0.94	0.74	860.00	2.26	1.78	426.00	3.56	2.80

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Estándar Kg-F/cm ² / Mpa	MOLDE No A-1				MOLDE No N-1				MOLDE No Q-1			
mm	Pulg.			LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.63	0.025	00:30		87.3	4.51	0.44	137.9	7.13	0.70		29.0	1.50	0.15		
1.27	0.050	01:00		187.3	9.68	0.95	245.2	12.67	1.24		66.0	3.41	0.33		
1.90	0.075	01:30		376.4	19.45	1.91	329.3	17.02	1.67		110.7	5.72	0.56		
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	555.3	28.70	2.81	50.72	401.0	20.72	2.03	29.42	150.7	7.79	0.76	12.32
3.17	0.125	02:30		741.9	38.34	3.76		465.5	24.06	2.36		195.0	10.08	0.99	
3.81	0.150	03:00		824.4	42.60	4.18		518.3	26.79	2.63		240.0	12.40	1.22	
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	828.2	42.80	4.20	40.77	620.2	32.05	3.14	30.34	332.5	17.18	1.69	17.20
6.35	0.250	05:00		832.0	43.00	4.22		657.0	33.95	3.33		420.9	21.75	2.13	
7.62	0.300	06:00		844.0	43.62	4.28		692.3	35.78	3.51		485.2	25.07	2.46	
8.89	0.350	07:00		855.0	44.19	4.33		707.3	36.55	3.58					
10.16	0.400	08:00						736.9				571			
11.43	0.450	09:00						740.3	38.74	3.80		594.8	30.50	3.00	
12.70	0.500	10:00		894.7	46.24	4.53		790.2	40.46	4.01		617.3	31.90	3.13	

OBSERVACIONES

LOS MUESTROS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE ESTABILIZACIÓN Y CONDUCTOR DE LA OBRA.

CON EL USO DE LECTURA DIGITAL Y CONDUCTOR DE FUERZA "CELDA TIPO 5000".

BACH. MARY C. YANA CONDON
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

ING. ALEX LUIS GÓMEZ GALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

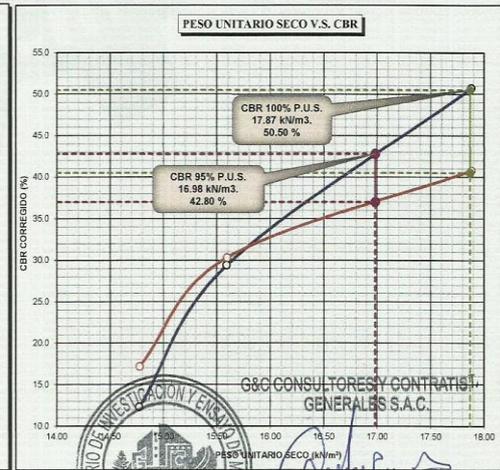
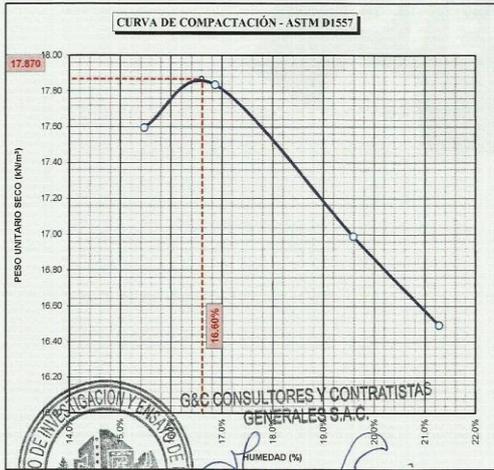
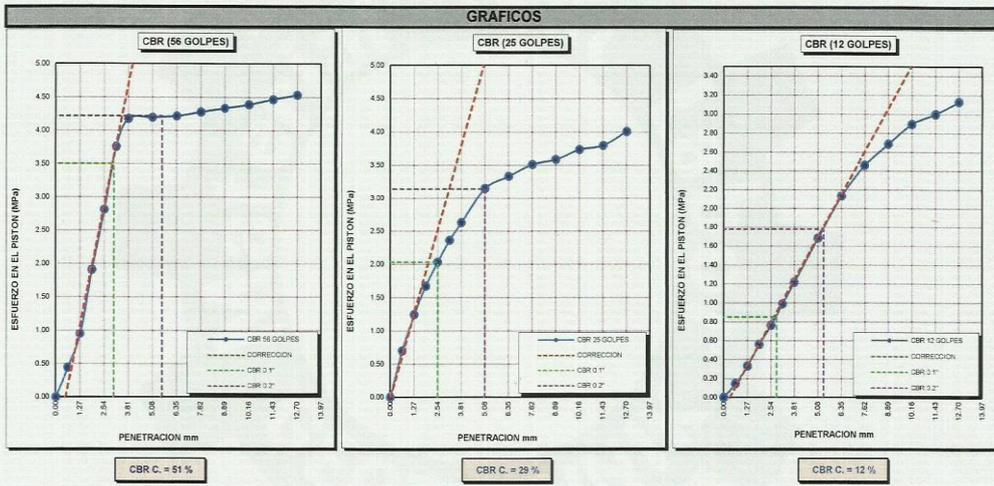
STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)

TESTIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO – DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA	COORDENADAS
CALICATA : C - 03		ESTE : 412347
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE : 8270957
DOSIFICACION : 6% CAL	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (17)	COTA : 3860 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) : MH	NORMA : ASTM D1557-12(2021)	PESO UNITARIO SECO : 17.87 kN/m ³	
CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-7-5 (17)	METODO DE ENSAYO [Método A]	PESO UNITARIO SECO AL 95% : 16.98 kN/m ³	
DESCRIPCIÓN (SUCS) : Limo de alta plasticidad	TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (96 Horas)	HUMEDAD ÓPTIMA : 16.60 %	

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1" %	50.50 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2" %	40.50 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1" %	42.80 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2" %	37.00 %



OBSERVACIONES : LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL PROYECTO DR. ALEJANDRO GÓMEZ CALLA
 Certificado de calificación N° 11722-2021 con fecha 21/12/2021
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03.1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO			
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA	COORDENADAS	
CALICATA	: C - 03		ESTE : 412347	
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE : 8270957	COTA : 3860 m.s.n.m.
DOSIFICACION:	: 8% CAL	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (15)		

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 04	CH - 05	CH - 06
Masa Tara	[g]	71.43	72.05	74.93
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	386.98	337.54	444.05
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	330.02	290.51	376.19
Masa Agua	[g]	56.96	47.03	67.86
Masa Suelo Seco	[g]	258.59	218.46	301.26
Contenido de Humedad	[g]	22.03	21.53	22.53
PROMEDIO	(%)	22.0		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS
GENERALES S.A.C.

BACH. FLORES CAHUI ROXANA
TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO
DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS
GENERALES S.A.C.

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

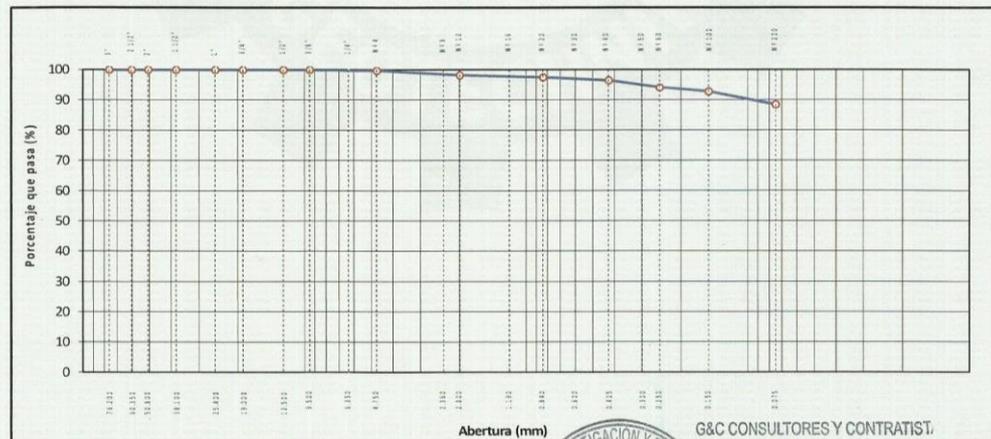
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	SUBRASANTE	COORDENADAS
CALICATA	C - 03	ESTE : 412347
MUESTRA	M - 01	NORTE : 8270957
DOSIFICACION:	8% CAL	COTA : 3860 m.s.n.m.
	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA	
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (15)	

TAMIZ	AASHTO 1-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 3162.00 gr.
6 in.	152.400						Masa Fracción : 382.95 gr.
5 in.	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) : 22.00
3 in.	76.200						TAMANO MAXIMO : 1/2 in.
2 1/2 in.	60.350						Límite Líquido (LL): 49.00
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP): 36.00
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP): 13.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) : ML
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) : A-7-5 (15)
1/2 in.	12.500				100.00		Índice de Consistencia : 2.08
3/8 in.	9.500	1.09	0.03	0.03	99.97		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1/4 in.	6.350						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 4	4.750	6.78	0.21	0.25	99.75		Descripción (SUCS): Limo de baja plasticidad
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :
Nº 10	2.000	47.85	1.51	1.76	98.24		Turba : --
Nº 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 20	0.840	21.41	0.68	2.44	97.56		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	33.28	1.05	3.49	96.51		Grava 2" - Nº 4 : 0.25
Nº 50	0.300						Arena Nº4 - Nº 200 : 11.22
Nº 60	0.250	74.70	2.36	5.85	94.15		Finos < Nº 200 : 88.53
Nº 100	0.150	41.76	1.32	7.18	92.82		%>3" : 0.0%
Nº 200	0.075	135.65	4.29	11.47	88.53		
< Nº 200	FONDO	2799.47	88.53	100.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

BACH. FLORES CAHUI ROXANA
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209178

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

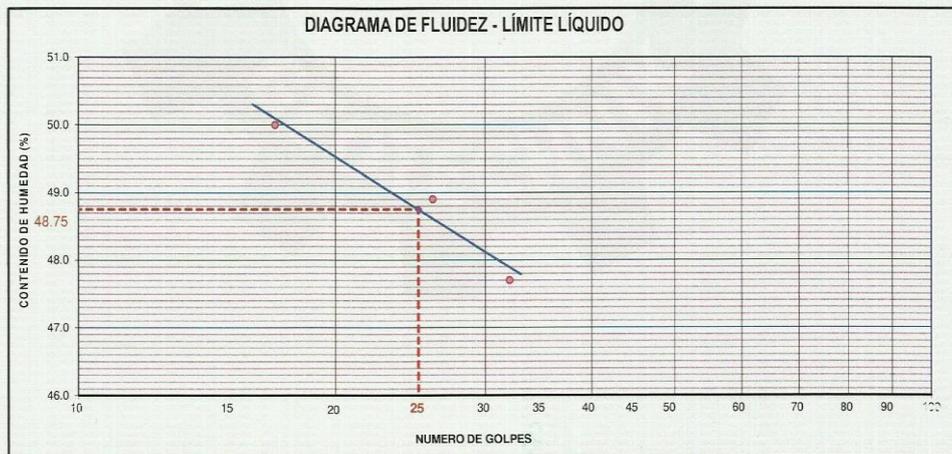
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSFIFICACION:	: 8% CAL	NORTE : 8270957
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (15)	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 16	LC - 17	LC - 18	
MASA DE LA TARA	[g]	46.18	46.11	45.5	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	61.77	62.13	63.54	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	56.57	56.87	57.71	
MASA DE AGUA	[g]	5.2	5.26	5.83	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	10.39	10.76	12.21	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	50.0	48.9	47.7	
NUMERO DE GOLPES	n°	17	26	32	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 19	LC - 20		
MASA DE LA TARA	[g]	45.66	45.47		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	49.66	49.20		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	48.60	48.20		
MASA DE AGUA	[g]	1.06	1.00		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.94	2.73		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	36.1	36.6	LP= 36.35	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	49.00
LÍMITE PLÁSTICO	36.00
INDICE DE PLASTICIDAD	

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 BACH. MARY C. YANA CONDORI
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 208176



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 KN-m/m³)) (ASTM D 1557-12(2021))

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO : DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALCATA	: C - 03	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 412347
DOSIFICACION:	: 8% CAL	NORTE : 8270957
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (15)	

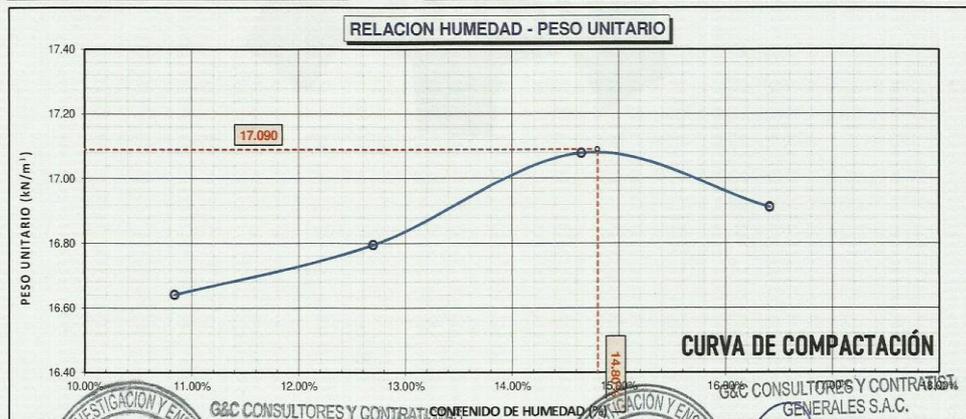
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: ML	% Ret. Tamiz 3/4":	METODO DE ENSAYO [Método A]
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	: A-7-5 (15)	% Ret. Tamiz 3/8": 0.03 %	No DE CAPAS 5
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Limo de baja plasticidad	% Ret. Tamiz N°4: 0.25 %	GOLPES POR CAPA 25

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 05	VOLUMEN DEL MOLDE	: 932 cm ³
MASA DEL MOLDE	: 3,680 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	[g]	5432	5478	5540	5550
Masa del Molde	[g]	3680	3680	3680	3680
Masa del Suelo Humedo	g/cm ³	1752	1798	1860	1870
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	1.881	1.930	1.997	2.007

Capsula No	No	TP-01	TP-02	TP-03	TP-04
Masa de la Capsula	[g]	47.36	47.69	60.52	63.76
Suelo Humedo + Capsula	[g]	319.62	366.91	419.90	376.67
Masa del Suelo Seco + Capsula	[g]	293.00	330.95	373.98	332.56
Masa del Agua	[g]	26.62	35.96	45.92	44.11
Masa del Suelo Seco	[g]	245.64	283.26	313.46	268.80
Humedad (%)	%	10.84%	12.70%	14.65%	16.41%
Promedio de Humedad (%)	%	10.84%	12.70%	14.65%	16.41%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.697	1.713	1.742	1.724
Peso Unitario Seco	kN/m ³	16.64	16.80	17.08	16.91

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D1557-12(2021)	PESO UNITARIO SECO	1.743 gr/cc	17.090 kN/m ³
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	14.80 %	14.80 %



OBSERVACIONES

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

Certificado de calibración N° LI-145-2021 con fecha 21/12/2021



BACH. TEMARY YANA CONDON
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



ING. ALEXIUS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)

TESTIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03-1-G&C
	Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO			
PROCEDENCIA : SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHU ROXANA		COORDENADAS
CALICATA : C - 03			ESTE : 412347
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.		NORTE : 8270957
DOSIFICACION: : 8% CAL	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (15)		COTA : 3860 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO		
CLASIFICACIÓN (SUCS) : ML	METODO DE ENSAYO : [Método A]	TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (96 Horas)		
CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-7-5 (15)	PESO UNITARIO SECO : 17.09 kN/m ³	TIPO DE MARTILLO : Manual		
DESCRIPCIÓN (SUCS) : Limo de baja plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA : 14.80 %	MET. DE PREPARACIÓN : Húmedo		

MOLDE No	COD.	A-1		N-1		Q-1	
NUMERO DE CAPAS	n°	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56		25		12	
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1		1		1	
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1		1		1	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Molde	[g]	11281	11422	10526	10961	11734	12258
Masa del Molde	[g]	7003	7003	6813	6813	8168	8168
Masa del Suelo Humedo	[g]	4278	4419	3713	4148	3566	4090
Volumen del Suelo	cm ³	2135	2135	2089	2089	2121	2121
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	2.004	2.070	1.777	1.985	1.681	1.928
Capsula No	No	PC - 1	PC - 2	PC - 3	PC - 4	PC - 5	PC - 6
Masa de la Capsula	[g]	47.69	48.47	51.28	52.36	47.35	47.43
Suelo Humedo + Capsula	[g]	362.86	353.55	299.00	387.42	349.31	343.37
Masa del Suelo Seco + Capsula	[g]	322.24	300.88	266.92	329.38	310.43	281.77
Masa del Agua	[g]	40.62	52.67	32.08	58.04	38.88	61.60
Masa del Suelo Seco	[g]	274.55	252.41	215.64	277.02	263.08	234.34
% de Humedad	%	14.80%	20.87%	14.88%	20.95%	14.78%	26.29%
Promedio de Humedad	%	14.80%	20.87%	14.88%	20.95%	14.78%	26.29%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.746	1.713	1.547	1.641	1.465	1.527
Peso Unitario Seco	kN/m ³	17.120	16.797	15.171	16.097	14.362	14.971

EXPANSIÓN										
Fecha	Hora	Tiempo	Dial		Expansión		Dial		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%		
		0:00:00	581.10	0.00	0.00	662.50	0.00	0.00	171.00	0.00
		24:00:00	606.00	0.63	0.50	705.00	1.08	0.85	226.00	1.40
		48:00:00	636.00	1.39	1.10	746.00	2.12	1.67	265.00	2.39
		72:00:00	655.00	1.88	1.48	770.00	2.73	2.15	299.00	3.25
		96:00:00	667.10	2.18	1.72	785.00	3.11	2.45	320.29	3.79

PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Estándar Kg/cm ²	MOLDE No A-1				MOLDE No N-1				MOLDE No Q-1			
mm	Pulg.			LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)	LECTURA "Kg"	σ Kg/cm ²	σ Mpa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	0.025	00:30		152.7	7.89	0.77	125.2	6.47	0.63		28.9	1.49	0.15		
1.27	0.050	01:00		382.0	19.74	1.94	243.0	12.56	1.23		64.5	3.33	0.33		
1.90	0.075	01:30		561.8	29.03	2.85	316.0	16.33	1.60		110.6	5.72	0.56		
2.54	0.100	02:00	70.31 / 6.9	705.4	36.45	3.58	53.62	375.0	19.38	1.90	27.54	163.8	8.47	0.83	
3.17	0.125	02:30		845.1	43.67	4.28		435.6	22.51	2.21		218.9	11.31	1.11	
3.81	0.150	03:00		951.5	49.17	4.82		485.3	25.08	2.46		271.7	14.04	1.38	
5.08	0.200	04:00	105.46 / 10.35	1112.6	57.50	5.64	55.56	594.7	30.73	3.01	29.08	381.5	19.72	1.93	
6.35	0.250	05:00		1233.0	63.72	6.25		692.8	35.80	3.51		481.0	24.86	2.44	
7.62	0.300	06:00		1251.1	64.66	6.34		785.9	40.61	3.98		580.9	30.02	2.94	
8.89	0.350	07:00		1295.7	66.96	6.57		875.1	45.25	4.25		691.2	35.72	3.50	
10.16	0.400	08:00		1380.2	71.33	7.00		952.9	49.54	4.85		786.3	40.54	3.92	
11.43	0.450	09:00		1468.8	75.91	7.44		1069.4	52.17	5.12		892.3	45.11	4.52	
12.70	0.500	10:00		1561.0	80.68	7.91		1165.7	55.08	5.40		966.2	49.93	4.90	

OBSERVACIONES : LAS LEYENDAS Y DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO
 Por medio de CBR con indicación de lectura digital y conductor de fuerza "CELDA"
 Fecha de Emisión N° 11422-2022 del 20/09/2021

ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
 Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176

BACH. FLORES CAHU ROXANA
 TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO
 DE MATERIALES

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 21)

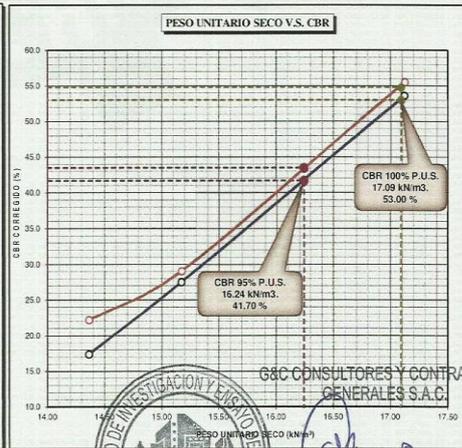
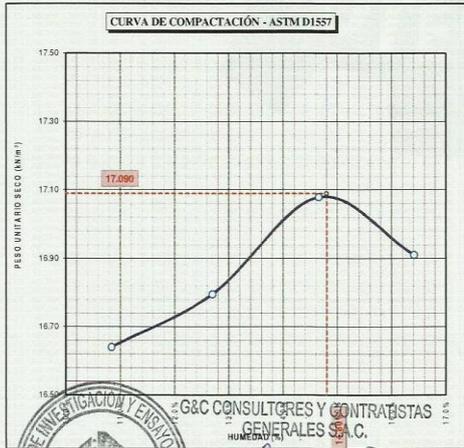
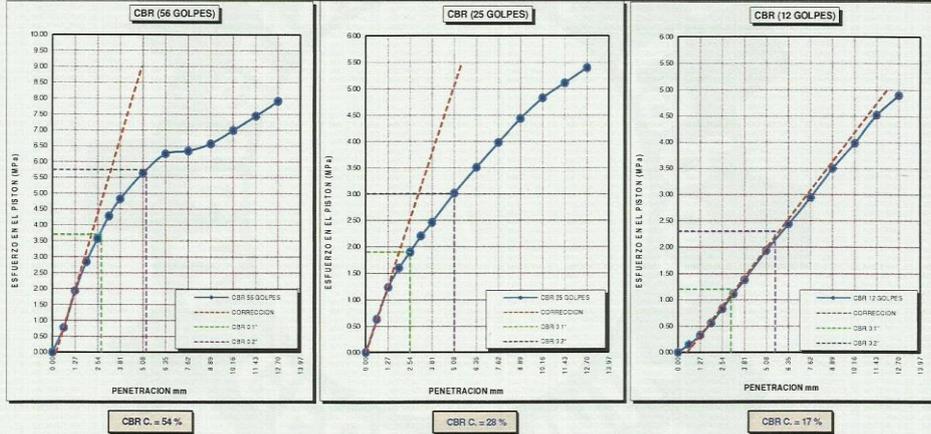
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
	Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA	COORDENADAS
CALICATA : C - 03		ESTE : 412347
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE : 8270957
DOSFIFICACION : 8% CAL	CLASIF. SUELOS : A-7-5 (15)	COTA : 3860 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA	DATOS PARA EL ENSAYO
CLASIFICACIÓN (SUCS) : ML	NORMA : ASTM D1557-12(2021)
CLASIFICACIÓN (AASHTO) : A-7-5 (15)	METODO DE ENSAYO : [Método A]
DESCRIPCIÓN (SUCS) : Limo de baja plasticidad	TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (96 Horas)
	PESO UNITARIO SECO : 17.09 kN/m ³
	PESO UNITARIO SECO AL 95% : 16.24 kN/m ³
	HUMEDAD ÓPTIMA : 14.80 %

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1" %	53.00 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2" %	54.80 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1" %	41.70 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2" %	43.50 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO
 Certificado de calificación N° LF-122-2021 con fecha 21/12/2021

BACH. MARY C. YANA CONDONI
 TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

ING. ALEJANDRO GÓMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP N° 209176

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA USAR EL PH PARA ESTIMAR EL REQUISITO DE PROPORCIÓN SUELO-CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO

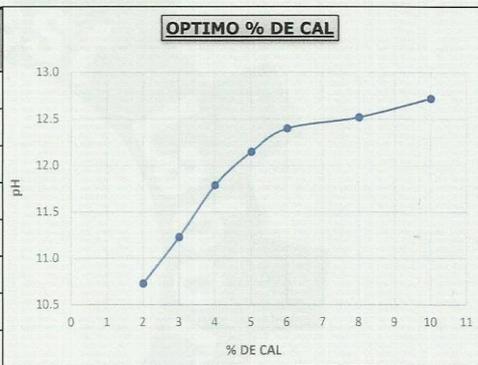
STANDARD TEST METHOD FOR USING PH TO ESTIMATE THE SOIL-LIME PROPORTION REQUIREMENT FOR SOIL STABILIZATION (ASTM D6276-19)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-03:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUELO NATURAL	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 03	EVALUACION	: PARA CALCULO DE PROPORCION SUELO-CAL
MUESTRA	: M - 01	COORDENADAS	
PROFUNDIDAD	: 1.50 m	ESTE	: 412347.10 m. E
		NORTE	: 8270957.20 m. S
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		CUADRO DE CONDICIONES DEL ENSAYO	
CLASIF. SUCS	CL	EQUIPO UTILIZADO	MEDIDOR MULTIPARAMETRO
CLASIF. AASHTO	A-7-6 (27)	TIPO DE AGUA EMPLEADA	AGUA DESTILADA
DESCRIP. SUCS	Arcilla de baja plasticidad	TIEMPO DE REPOSO	1 hora

PESO DE SUELO [g]	%CAL [%]	PESO DE CAL [g]	PH [pH]
25.00	2.00	0.50	10.73
25.01	3.00	0.75	11.23
25.00	4.00	1.00	11.79
24.99	5.00	1.25	12.15
25.01	6.00	1.50	12.40
25.00	8.00	2.00	12.52
25.01	10.00	2.50	12.72
--	--	--	2.00



OPTIMO % CAL	6%
---------------------	----

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]
BACH. FLORES CAHUI ROXANA
TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]
ING. ALEX LUIS GÓMEZ GALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-01:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/4 in.
MUESTRA	: M - 01	CLASIF. SUELOS	: A-2-4 (0)
DOSIFICACION:	: NATURAL	COORDENADAS	
		ESTE	: 411286
		NORTE	: 8270602
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 30	CH - 31	CH - 32
Masa Tara	[g]	81.51	77.64	78.37
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	362.30	359.10	471.60
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	320.50	318.20	411.90
Masa Agua	[g]	41.80	40.90	59.70
Masa Suelo Seco	[g]	238.99	240.56	333.53
Contenido de Humedad	[g]	17.49	17.00	17.90
PROMEDIO	(%)	17.5		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]
BACH. ICMAR C. YANA CONDO
TECNICO ESPECIALISTA EN ENL. A. C. DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]
ING. ALEX LUIS GONZALEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

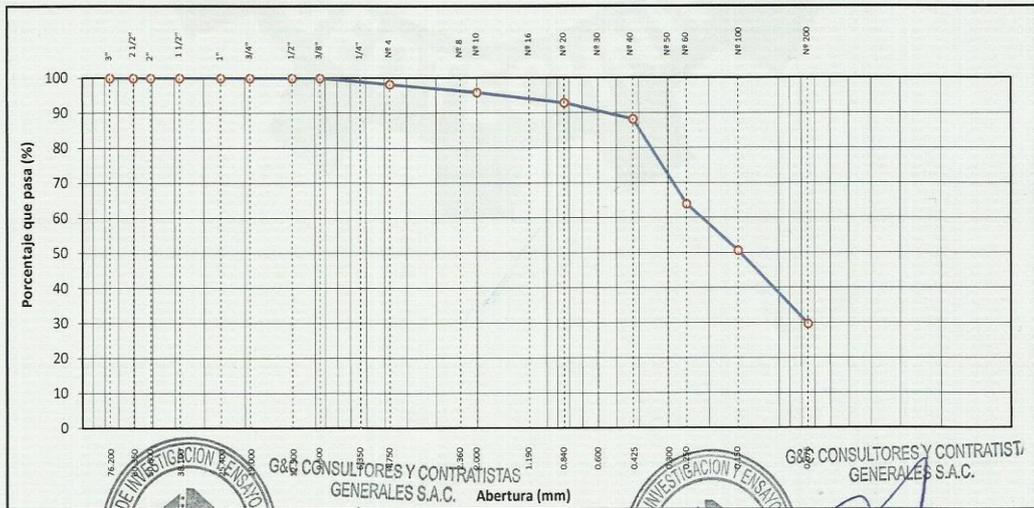
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-01:1-G
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO – DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 01	COORDENADAS	
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/4 in.
DOSIFICACION	: NATURAL	CLASIF. SUELOS	: A-2-4 (0)
		ESTE	: 411286
		NORTE	: 8270602
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						Masa inicial seca : 848.60 gr.
6 in.	152.400						Masa Fracción : 848.60 gr.
5 in.	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) : 17.50
3 in.	76.200						TAMAÑO MÁXIMO : 1/4 in.
2 1/2 in.	60.350						Límite Líquido (LL) : 31.00
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP) : 29.00
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP) : 2.00
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) : SM
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)
1/2 in.	12.500						Índice de Consistencia : 6.75
3/8 in.	9.500						DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1/4 in.	6.350				100.00		Descripción (AASHTO) : BUENO
N° 4	4.750	15.30	1.80	1.80	98.20		Descripción (SUCS) : Arena limosa
N° 8	2.360						Materia Orgánica :
N° 10	2.000	19.93	2.35	4.15	95.85		Turba : --
N° 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
N° 20	0.840	25.17	2.97	7.12	92.88		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
N° 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
N° 40	0.425	39.58	4.66	11.78	88.22		Grava 2" - N° 4 : 1.80
N° 50	0.300						Arena N° 4 - N° 200 : 68.56
N° 60	0.250	206.57	24.34	36.12	63.88		Finos < N° 200 : 29.64
N° 100	0.150	113.14	13.33	49.46	50.54		%>3" : 0.0%
N° 200	0.075	177.36	20.90	70.36	29.64		
< N° 200	FONDO	251.54	29.64	100.00			

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

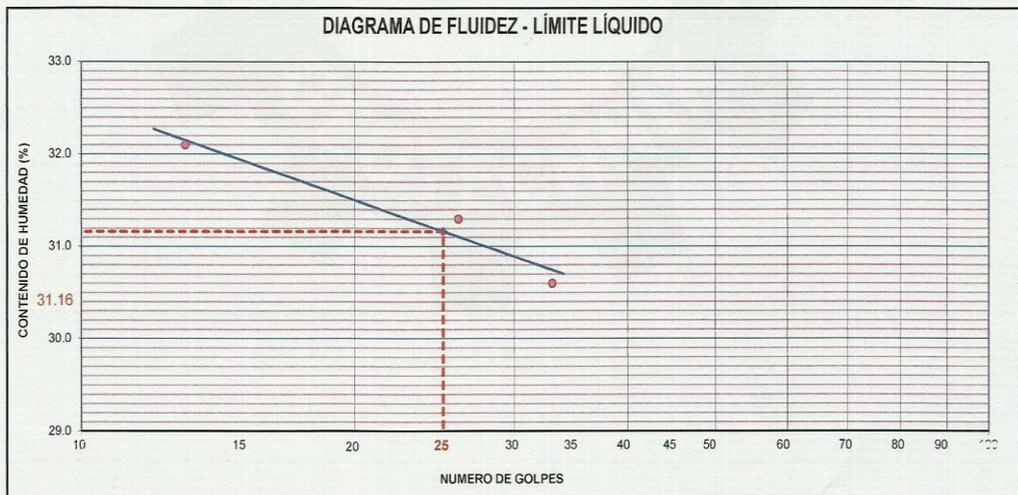
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-01:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 01	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 411286
DOSIFICACION : NATURAL	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in.	NORTE : 8270602
	CLASIF. SUELOS : A-2-4 (0)	COTA : 3860 m.s.n.m.

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 41	LC - 42	LC - 43	
MASA DE LA TARA	[g]	46.71	47.02	46.64	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	65.84	66.18	63.53	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	61.19	61.61	59.57	
MASA DE AGUA	[g]	4.65	4.57	3.96	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	14.48	14.59	12.93	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.1	31.3	30.6	
NUMERO DE GOLPES	n°	13	26	33	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 44	LC - 45		
MASA DE LA TARA	[g]	47.04	48.58		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	50.00	51.32		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	49.34	50.70		
MASA DE AGUA	[g]	0.66	0.62		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.30	2.12		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	28.7	29.2	LP= 28.95	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	31.00
LIMITE PLASTICO	29.00
INDICE DE PLASTICIDAD	2.00

BACH. TANYA LYANA CONDORI
 TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

OBSERVACIONES	
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.	

ING. ALVARO LUIS GOMEZ CALLA
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIF N° 209176



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - 19)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N°	: T_UCV_FCR-09/22-02:1-G&C
		Fecha	: 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE	: BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 02	TAMANO MÁXIMO	: 1/4 in.
MUESTRA	: M - 01	CLASIF. SUELOS	: A-2-4 (0)
DOSIFICACION	: NATURAL	COORDENADAS	
		ESTE	: 411746
		NORTE	: 8270815
		COTA	: 3860 m.s.n.m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 15	CH - 16	CH - 17
Masa Tara	[g]	77.86	71.37	70.45
Masa Tara + Suelo Humedo	[g]	373.80	328.70	392.40
Masa Tara + Suelo Seco	[g]	331.00	292.50	346.80
Masa Agua	[g]	42.80	36.20	45.60
Masa Suelo Seco	[g]	253.14	221.13	276.35
Contenido de Humedad	[g]	16.91	16.37	16.50
PROMEDIO	(%)	16.6		

Observaciones:

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Rayul
ING. RAYUL C. YANA CONDOMI
TECNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Alex
ING. ALEX LUIS RÓMEZ GALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N°	: T_UCV_FCR-09/22-02:1-G
		Fecha	: 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN : DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO			
PROCEDENCIA : SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA		COORDENADAS
CALICATA : C - 02			ESTE : 411746
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in.		NORTE : 8270815
DOSIFICACION : NATURAL	CLASIF. SUELOS : A-2-4 (0)		COTA : 3860 m.s.n.m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D3282 - D2487)
10 in.	254.000						
6 in.	152.400						
5 in.	127.000						
4 in.	101.600						
3 in.	76.200						
2 1/2 in.	60.350						
2 in.	50.800						
1 1/2 in.	38.100						
1 in.	25.400						
3/4 in.	19.000						
1/2 in.	12.500						
3/8 in.	9.500						
1/4 in.	6.350				100.00		
N° 4	4.750	23.60	2.85	2.85	97.15		Masa Inicial seca : 827.44 gr. Masa Fracción : 827.44 gr.
N° 8	2.360						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO
N° 10	2.000	28.08	3.39	6.25	93.75		Contenido de Humedad (%) : 16.60
N° 16	1.190						TAMAÑO MÁXIMO : 1/4 in.
N° 20	0.840	26.67	3.22	9.47	90.53		Límite Líquido (LL) : 28.00
N° 30	0.600						Límite Plástico (LP) : 27.00
N° 40	0.425	45.14	5.46	14.92	85.08		Índice Plástico (IP) : 2.00
N° 50	0.300						Clasificación (SUCS) : SM
N° 60	0.250	180.51	21.82	36.74	63.26		Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)
N° 100	0.150	202.67	24.49	61.23	38.77		Índice de Consistencia : 11.40
N° 200	0.075	106.69	12.89	74.13	25.87		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
< N° 200	FONDO	214.08	25.87	100.00			Descripción (AASHTO) : BUENO
							Descripción (SUCS) : Arena limosa
							Materia Orgánica : -
							Turba : -
							CU : 0.000 CC : 0.000
							CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
							Grava > 2" : 0.00
							Grava 2" - N° 4 : 2.85
							Arena N°4 - N° 200 : 71.27
							Finos < N° 200 : 25.87
							%>3" : 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

YANA CONDORI
TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES
CIP N° 209176



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

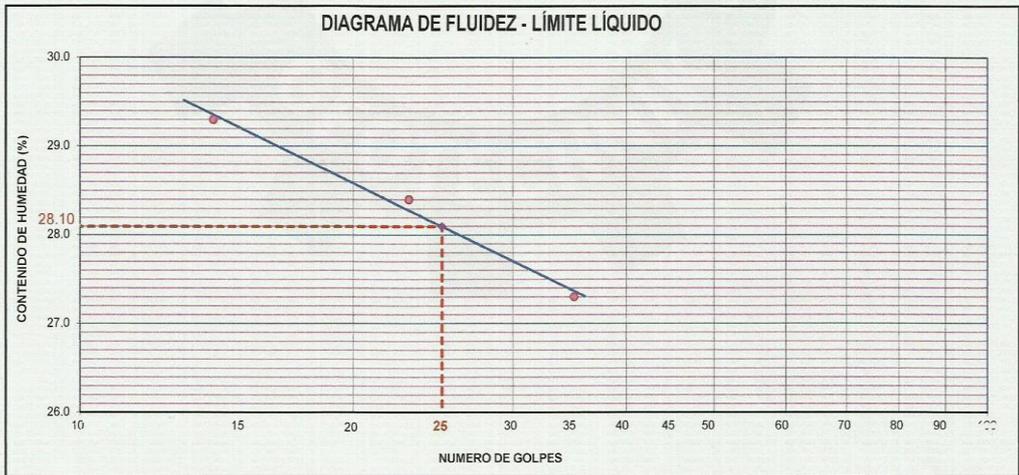
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA CAPACHICA, PUNO, 2022.	Registro N° : T_UCV_FCR-09/22-02:1-G&C
		Fecha : 08 de Setiembre del 2022

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CAPACHICA - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	SOLICITANTE : BACH. FLORES CAHUI ROXANA
CALICATA	: C - 02	COORDENADAS
MUESTRA	: M - 01	ESTE : 411746
DOSIFICACION	: NATURAL	NORTE : 8270815
	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in.	COTA : 3860 m.s.n.m.
	CLASIF. SUELOS : A-2-4 (0)	

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA	n°	LC - 46	LC - 47	LC - 48	
MASA DE LA TARA	[g]	46.79	46.62	46.7	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	63.61	61.77	59.72	
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	59.80	58.42	56.93	
MASA DE AGUA	[g]	3.81	3.35	2.79	
MASA DEL SUELO SECO	[g]	13.01	11.8	10.23	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.3	28.4	27.3	
NUMERO DE GOLPES	n°	14	23	35	

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nro. DE TARA		LC - 49	LC - 50		
MASA DE LA TARA	[g]	48.67	46.71		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]	51.33	49.87		
MASA TARA + SUELO SECO	[g]	50.78	49.20		
MASA DE AGUA	[g]	0.55	0.67		
MASA DEL SUELO SECO	[g]	2.11	2.49		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	26.1	26.9	LP= 26.5	



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	28.10
LÍMITE PLÁSTICO	27.00
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.00

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 BACH. FLORES CAHUI ROXANA
 TÉCNICO ESPECIALISTA EN ENSAYO DE MATERIALES

OBSERVACIONES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO. ING. ALEXANDER GÓMEZ CALLA ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES CIP N° 209176



Nº 001594

LQ - 2022

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de CAL
PROCEDENCIA : CANTERA AYAGACHI- JULIACA,
INTERESADO : ROXANA FLORES CAHUI
MOTIVO : ANALISIS DE CAL (oxido cálcico)
MUESTREO : 09/08/2022, por el interesado
ANÁLISIS : 09/08/2022
COD. MUESTRA : B009-000357

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

COLOR : característico grisáceo

CONSISTENCIA : sólido y seco (polvo)

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	RESULTADOS	MÉTODOS
1.- CaO	%	63.01	ASTM C25-96
2.- MgO	%	1.91	ASTM C25-96
3.- CO ₂	%	0.53	ASTM C25-96
4.- Humedad	%	2.33	ASTM C25-96
5.- pH		13.76	Potenciómetro

Puno, C.U. 12 de agosto del 2022.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIO - UNA - CIP - 182383



Walter B. Aparicio Aragón, Ph.D.
DECANO - FIO - UNA

Panel fotográfico



Figura 19 Enmarcado de calicatas en la carretera Capachica a Chifron.



Figura 20 Excavación de calicata 1 en la carretera Capachica a Chifron.



Figura 21 Datos de la calicata 1 a 100m del inicio de la carretera.



Figura 22 Excavación de calicata 2 en la carretera Capachica a Chifron.



Figura 23 Datos de la calicata 2 a 200m de la calicata 1.



Figura 24 Excavación de la calicata 3 en la carretera Capachica a Chifron.



Figura 25 Datos de la calicata 3 a 400m de la calicata 2.



Figura 26 Proceso de secado al sol de las muestras obtenidas.



Figura 27 Cantera de cal de la localidad de Ayagachi.



Figura 28 Proceso de preparación de cal en la localidad de Ayagachi.



Figura 29 Cuarteo de la muestra ya secado al ambiente.



Figura 30 Contenido de humedad.



Figura 31 Realizando ensayo de análisis granulométrico por tamizado.



Figura 32 Juego de tamices para determinar la granulometría.



Figura 33 Peso de tara para el ensayo de granulometría.



Figura 34 Peso de la muestra retenida en el tamiz más tara.



Figura 35 Realizando el ensayo de EADES & GRIM según ASTM D-6276.



Figura 36 Mezclado de muestra y cal con diferentes porcentajes.



Figura 37 Mezclado de suelo, cal y agua con la prueba de Eades & Grim.

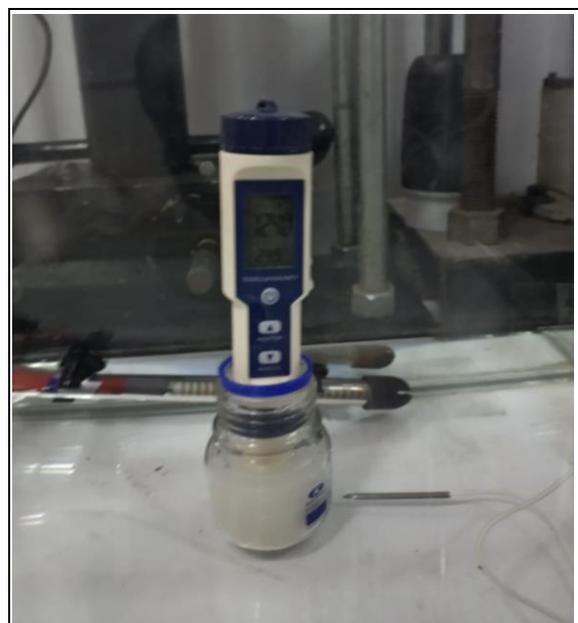


Figura 38 Lectura de cal óptimo pH con potenciómetro.



Figura 39 Ensayo de límite líquido para muestra patrón.



Figura 40 Ranurando para la muestra patrón con la cuchara de casagrande.



Figura 41 Cerrado de abertura en 25 golpes con la cuchara de casagrande.



Figura 42 Peso de tara más muestra ensayo de límite líquido.



Figura 43 Ensayo de límite plástico para la muestra patrón.



Figura 44 Realizando barritas de suelo con diámetro de 3mm.



Figura 45 Límites de consistencia con adición de cal de 4%, 6% y 8%.



Figura 46 Ensayo proctor modificado con el método A para la muestra patrón.



Figura 47 Proceso de llenado de la muestra al molde del proctor modificado.



Figura 48 Peso del molde más muestra compactada del proctor.



Figura 49 Ensayo proctor modificado con adición de cal 4%, 6% y 8%.



Figura 50 Peso de muestra patrón para la realización del ensayo de CBR.



Figura 51 Pesando el molde del CBR.



Figura 52 Ensayo de CBR muestra patrón compactando en 5 capas.



Figura 53 Proceso de realización del ensayo de CBR muestra patrón.



Figura 54 Proceso de enrasado de la muestra patrón.



Figura 55 Proceso de realización del ensayo de CBR muestra patrón.



Figura 56 Inmersión en tanque de agua por 4 días leyendo cada 24 hrs.



Figura 57 Peso de molde de CBR más muestra después de la inmersión.



Figura 58 Ensayo de penetración CBR en la prensa hidráulica.



Figura 59 Realizando la lectura del ensayo de penetración CBR.



Figura 60 Peso de cal 4%, 6% y 8% para realizar el ensayo de CBR.



Figura 61 Dosificación de la muestra con cal en 4%, 6% y 8% para el CBR.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "Estabilización de suelos con cal para el mejoramiento de la sub rasante en la carretera Capachica, Puno, 2022.", cuyo autor es FLORES CAHUI ROXANA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

HUARAZ, 12 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO DNI: 70407573 ORCID: 0000-0003-0254-301X	Firmado electrónicamente por: SLEYTHER el 17-12- 2022 13:04:26

Código documento Trilce: TRI - 0484919