

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Karla Gabriela Malaver Cerdan
Yan Poll Pith Rios Cabanillas

Asesor:

Mg. Mario Rene Carranza Liza
<https://orcid.org/0000-0002-7372-0004>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMÁN	71106769
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	HÉCTOR ARTURO CUADROS ROJAS	43275350
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO	40012838
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Malaver Cerdán / Ríos Cabanillas 2

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	19%	1%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la fuerza de seguir adelante con nuestros estudios y así poder cumplir con nuestros objetivos.

A nuestros padres por su confianza y apoyo incondicional en los momentos más difíciles, por sus consejos y ánimos que nos dan todos los días para poder seguir adelante en momentos difíciles y cumplir nuestras metas trazadas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por apoyarnos cada día en nuestra vida sin dejarnos caer y por darnos la fuerza necesaria para seguir adelante a pesar de las dificultades que nos presenta la vida.

De manera especial agradecemos a nuestro asesor Mario Carranza Liza por la motivación y apoyo con su experiencia y conocimiento durante el proceso de aprendizaje y desarrollo del trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

Jurado evaluador -----	2
Informe de similitud -----	3
Dedicatoria -----	4
Agradecimiento -----	5
Tabla de contenido -----	6
Índice de tablas -----	7
Índice de figuras -----	9
Índice de ecuaciones -----	10
Resumen -----	11
Capítulo I: Introducción -----	12
Capítulo II: Metodología -----	22
Capítulo III: Resultados -----	45
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones -----	62
Referencias -----	69
Anexos -----	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de calicatas. -----	25
Tabla 2. Ensayos a realizar para la subrasante -----	28
Tabla 3. Ensayos de EADES y GRIM (prueba de pH) -----	29
Tabla 4. Normativa para ensayos requeridos-----	30
Tabla 5. Parámetros de los tipos de suelos -----	34
Tabla 6. Resumen de W% C1, C2 Y C3-----	45
Tabla 7. Límites de plasticidad C1, C2 Y C3 -----	46
Tabla 8. Clasificación de suelos mediante método SUCS. -----	47
Tabla 9. Clasificación de suelos mediante método ASSHTO-----	47
Tabla 10. Contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento calicata 1,2 y 3	49
Tabla 11. Esfuerzos y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C1. -----	49
Tabla 12. CBR y densidad seca C1. -----	50
Tabla 13. Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C1. -----	51
Tabla 14. Esfuerzos y densidad seca para 0.1'' y 0.2''C2. -----	51
Tabla 15. CBR y densidad seca C2. -----	51
Tabla 16. Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C2. -----	52
Tabla 17. Esfuerzos y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C3. -----	53
Tabla 18. CBR y densidad seca C3. -----	53
Tabla 19. Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C3. -----	54
Tabla 20. Límite líquido, plástico e índice de plasticidad con 5%, 8% y 12% de óxido de calcio C2 y C3.-----	55
Tabla 21. Proctor modificado al 5%, 8% y 12% en calicata 2 y 3-----	56

..... 56

Tabla 22. Contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento con adición de óxido de calcio al 5%,8% y 12% de la calicata 2 y 3 ----- 57

Tabla 23. Cuadro resumen de densidad seca máxima de Proctor y CBR al 95% y 100% de Ds máxima de calicata 2 con adición de 5%,8% y 12% de óxido de calcio.----- 59

Tabla 24. Cuadro resumen de densidad seca máxima de Proctor y CBR al 95% y 100% de Ds máxima de calicata 3 con adición de 5%,8% y 12% de óxido de calcio.----- 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño cuasi experimental.-----	23
Figura 2. Ubicación de lugar de estudio -----	24
Figura 3. Perfil estratigráfico de calicata 01.-----	26
Figura 4. Perfil estratigráfico de calicata 02.-----	27
Figura 5. Perfil estratigráfico de calicata 03.-----	28
Figura 6. Procedimiento de recolección y análisis de datos -----	43
Figura 7. Curvas granulométricas de las tres calicatas patrón -----	45
Figura 8. Proctor modificado C1, C2 y C3 -----	48
Figura 9. Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C1.-----	50
Figura 10. Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C2. -----	52
Figura 11. Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C3. -----	54
Figura 12. Curvas de CBR-Ds con 5%, 8% y 12% de adición de óxido de calcio para 95% y 100% de densidad seca máxima C2. -----	58
Figura 13. Curvas de CBR-Ds con 5%, 8% y 12% de adición de óxido de calcio para 95% y 100% de densidad seca máxima C3. -----	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Contenido de humedad	31
Ecuación 2. Granulometría (porcentaje retenido).....	32
Ecuación 3. Granulometría (porcentaje retenido acumulado)	32
Ecuación 4. Proctor (densidad seca).....	36
Ecuación 5. C.B.R	37
Ecuación 6. C.B.R esfuerzo	39
Ecuación 7. Índices C.B.R	40

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar la influencia del mejoramiento de suelo arcilloso adicionando óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera el Empalme-Catilluc Km 01+000-Km 06+000, Cajamarca-2023. Así mismo, determinar las propiedades físico mecánicas del suelo para, de este modo, identificar la proporción óptima de óxido de calcio que mejorará dichas propiedades para el mejoramiento de la subrasante de la carretera. En cuanto a la metodología de estudio, fue cuantitativa, ya que se aplicó a nivel experimental. De acuerdo con los resultados obtenidos, se realizaron estudios a 3 calicatas, en las cuales una no recibió mejoramiento, ya que se trata de un suelo limo arenoso. En cambio, en las calicatas 2 y 3 se realizaron pruebas de mejoramiento, evidenciando que al tener un suelo arcilloso de mediana plasticidad y al aplicar los diversos porcentajes mencionados, este suelo pierde humedad y se convierte en un suelo no plástico, aumentando su densidad y disminuyendo su hinchamiento. Un dato importante es que, a medida que se aumenta el óxido de calcio al suelo natural, también se incrementa el CBR, lo cual se evidencia en los valores obtenidos. para la calicata 2, aplicando el 12% de óxido de calcio, se obtuvo un CBR de 16.80%; para un 8%, se obtuvo un 13% de CBR, y para una adición de 5%, un CBR de 11%. mientras tanto, para la calicata 3, se obtuvo un valor de 17.20% de CBR con un 12% de adición de cal, un 15% de CBR con una dosificación de 8%, y un 11.30% de CBR con una adición de 5% de cal.

La adición de óxido de calcio en cantidades del 5%, 8 % y 12% mejora la capacidad de carga del suelo y, como resultado, mejora la estabilización de la subrasante. Verificando así que la proporción con mejores resultados para la estabilización es un 12% de óxido de calcio.

PALABRAS CLAVES: Mejoramiento, suelo arcilloso, óxido de calcio, subrasante

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente la carretera El Empalme- Catilluc es un tramo de vía que conecta varios pueblos a lo largo de su trayectoria la cual tiene un papel importante en la integración y desarrollo socioeconómico de las comunidades locales, esta presenta problemas significativos con la calidad de la subrasante ya que está compuesto mayormente por suelos arcillosos los cuales muestran características desfavorables para la infraestructura vial. La plasticidad de estos suelos, especialmente durante las estaciones lluviosas, conlleva problemas de estabilidad y deterioros progresivos, La presencia de arcilla puede resultar en deformaciones del terreno, formación de baches y dificultades para el tráfico vehicular, impactando negativamente la seguridad vial. Además, la falta de un tratamiento adecuado de la subrasante conlleva a mayores costos de mantenimiento y reparación de la carretera, generando gastos adicionales y limitando la accesibilidad de los pueblos a lo largo de la vía.

Es por ello que al mejorar la subrasante con óxido de calcio se promoverá un tráfico vehicular más fluido, impulsando el desarrollo económico ya que servirá como un enlace vital entre comunidades locales, facilitando el intercambio comercial y agrícola. En cuanto a la seguridad vial, al realizar la mejora de propiedades físicas del suelo con óxido de calcio, se reducirá el riesgo de accidentes y se garantizará un viaje más seguro para todos los usuarios de la carretera, así como el mejoramiento de la capacidad portante sin la necesidad de trasladar material de cantera hasta la obra lo cual supondrá un ahorro significativo en costos de construcción y mantenimiento esto se traduce en beneficios económicos al reducir los costos de transporte; además abrirá oportunidades para que los habitantes locales

comercialicen sus productos agrícolas y ganaderos en mercados provinciales, así como mayor facilidad de llegada a establecimientos de salud cercano o centros educativos.

Al fortalecer la infraestructura vial y mejorar la capacidad portante del suelo con técnicas sostenibles como la adición de óxido de calcio, se contribuirá al desarrollo sostenible de la región, minimizando el impacto ambiental asociado con la extracción de material de cantera. En resumen, la mejora sobre el mejoramiento de suelos arcillosos con óxido de calcio no solo aborda desafíos técnicos, sino que también tiene un impacto positivo en el desarrollo integral de la región, promoviendo la seguridad, la economía local y la calidad de vida de sus habitantes.

Es por ello que Mamani y Ramírez (2020) mencionan que para el desarrollo de una ciudad y del país el medio de comunicación más importante y útil es la construcción de vías de acceso, las cuales frecuentemente presentan problemas durante su construcción, uno de estos factores es la presencia de suelos no aptos como la arcilla. Siendo una opción viable en la construcción de una vía la estabilización, la cual se define como un proceso de mejoramiento de las características del suelo mejorando sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

Damiano y Pérez (2022), señala que, en el país no se realizan tratamientos ni se utilizan la ciencia y la tecnología para mejorar las carreteras y caminos, lo que resulta en una forma de mejoramiento tradicional lo cual no soluciona de manera eficaz los problemas de vías o que requiere una inversión mayor para su construcción.

Durante la investigación realizada, se indagó diversos depósitos de información sobre mejoramiento de suelo arcilloso para mejorar la capacidad portante, dando uso al óxido de calcio. Es por ello que se presentan los antecedentes para apoyar la investigación.

Para Guamán (2016) Ecuador, en su tesis “estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal viva y cloruro de sodio)”, determinó que los ensayos de límites de Atterberg demostraron que con una dosis de 12,5 % de estabilización con cal y cloruro de sodio, se lograron valores de límite líquido (LL) del 37,4 % y 36,7 %, respectivamente, lo que se acerca al valor mínimo de límite líquido (LL) requerido por la normativa ecuatoriana. Además, cuando se utiliza suelo estabilizado con cal, la cantidad de esponjamiento disminuye, mientras que cuando se utiliza cloruro de sodio, la cantidad del esponjamiento aumenta. El pH del suelo con cal al 7,5 % y 12,5 % es de 10,9 y 10,83, respectivamente, lo que se aproxima al valor mínimo de 11 estandarizado en la norma ecuatoriana.

Según Altamirano y Díaz (2015) Nicaragua, en su tesis “Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas menciona que el propósito principal consiste en identificar y mejorar las carreteras afectadas por múltiples puntos a raíz de las lluvias, incluso si no cuentan con estructuras importantes o un elevado potencial económico. Se señala que, según la clasificación de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), las muestras analizadas mayoritariamente presentan un suelo A-7-6, caracterizado por una capacidad baja, un índice de plasticidad alto y un porcentaje elevado de expansión debido a los cambios constantes en la humedad. Se llevaron a cabo pruebas con porcentajes de cal del 3%, 6%, 9% y 12%, observándose mejoras sustanciales en la plasticidad, la densidad de compactación y un aumento en la humedad durante el proceso, atribuible a la reacción exotérmica generada. entre la cal y la arcilla, junto con un notable incremento en la capacidad de soporte del suelo.

Para Huezco y Orellana (2009) El Salvador, presenta en su metodología que la inclusión de cal en el suelo tiene un efecto significativo en la plasticidad del terreno,

disminuyendo tanto su cohesión como la resistencia en las primeras etapas del proceso de curado. Por esta razón, la resistencia a la compresión en los primeros días de curado es mayor en las sondas elaboradas con suelo natural en comparación con aquellas que contienen la mezcla de suelo y cal. Nos indica que el óptimo porcentaje de cal se determina según la norma ASTM D 6276 de la American Society for Testing and Materials (ASTM). En este contexto, el porcentaje de cal ocasiona cambios sustanciales en la granulometría y en la clasificación del suelo, transformándolo de arcilloso (CL) a limoso (ML). Además, se concluye que la estabilización con cal experimenta aumentos significativos en su resistencia a la compresión, superando el 100% en comparación con los resultados obtenidos para el mismo suelo sin cal a los 90 días de curado, según la norma ASTM. D 5102-04. Esta especifica el tiempo para que los especímenes de suelo-cal alcancen una resistencia a la compresión aceptable.

Para Cuadros (2017). La estabilización química de óxido de calcio, tiene un impacto positivo en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante. Se calcula el porcentaje óptimo de cal viva para estabilizar el suelo con un 3% con respecto a su peso. Este proceso condujo a una notable disminución del Índice de Plasticidad (IP) del suelo natural, pasando de 19.08% a un IP de 4.17% después de la incorporación. Se observó cómo se redujo el contenido de humedad en la compactación, disminuyendo de un 18.3% en muestra natural a un 15.6% después de la adición con cal viva. Además, se observará un aumento en el CBR (California Bearing Ratio o valor de soporte de California, que evalúa la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada), elevándose de un 4.85% en el suelo natural a un CBR de 15,64% después de la estabilización. En términos de costos, se llevó a cabo una comparación entre la estabilización física mediante la combinación de suelos y la estabilización química con óxido de calcio, revelando una deducción significativa del 44.41% en los costos mediante la aplicación de la estabilización química.

Para Jara (2016), La inclusión de cal como estabilizador en la subrasante con suelo arcilloso produce efectos significativos. En este sentido, la adición de un 4% de cal a la muestra provoca una disminución del límite líquido, pasando de 67,57% a 57,15%. Paralelamente, el límite plástico aumenta del 30.70% al 47.60% con la misma proporción de cal. Se observa también una disminución del índice de plasticidad (IP) del 36,87% al 9,26% al agregar un 6% de cal. Además, se verifica que la densidad seca máxima experimenta una reducción, pasando de 1.69 (gr/cm³) a 1.55 (gr/cm³), mientras que el contenido óptimo de humedad aumenta de 16.80% a 22.20% al agregar un 6% de cal a la muestra. Por otro lado, se ha identificado que el mejor rendimiento del CBR se logra con una dosis del 4% de cal, obteniendo valores de CBR que oscilan entre el 2.55% y el 11.48%.

Según Melendrés (2013) La tendencia del CBR para los suelos estabilizados con cal viva es creciente y satisface el requerimiento de capacidad portante estructural en porcentajes superiores al 4% en la mayoría de los suelos estudiados. Además, el índice de plasticidad (IP) aumentó notablemente en suelos arcillosos hasta un porcentaje del 4 %, pero el IP no mostró un comportamiento significativo en porcentajes de cal viva más altos.

Subrasante. De acuerdo a la MTC 1109-2004 Norma Técnica de Estabilizadores Químicos la subrasante es el nivel superior del movimiento de tierras cuando este ha sido terminado de acuerdo a proyecto y sobre el cual se construye la estructura de pavimento compuesta normalmente por subbase, base y carpeta de hormigón o asfalto. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2004).

Granulometría de los suelos. “La división de un suelo en diferentes fracciones, determinadas por el tamaño de sus partículas componentes, se conoce como distribución granulométrica. Las partículas de cada fracción se distinguen porque su tamaño se encuentra entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para cada fracción, de tal

manera que el máximo de una fracción es el mínimo de la siguiente correlativamente.” Rico (2020)

Clasificación de suelos. El tamaño de las partículas determina los diferentes tipos de suelo. Son comúnmente encontrados en conjunto con dos o más tipos de suelos diferentes, como arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, entre otros. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) depende del tipo de ensayo utilizado para determinar los límites de consistencia. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), así como el sistema de clasificación para construcción de carreteras AASHTO, son algunos de los sistemas de clasificación de suelos más comunes. Los suelos también pueden clasificarse en grandes grupos, porosos, de grano grueso o de grano fino, granular o no granular y cohesivo, semi cohesivo y no cohesivo. Del Castillo y Solano (2021)

Suelo arcilloso. Están conformados por partículas procedentes de la descomposición química y mineralógica que padecen las rocas, usualmente por la meteorización. Cuando están húmedos tienden hacer suelo plástico y son duros cuando están secos, su permeabilidad es demasiada baja. La arcilla es una roca sedimentaria con características bien definidas, generalmente de origen detrítico. En términos granulométricos, la arcilla comprende sedimentos con un tamaño inferior a 0.075 mm, y desde la ingeniería, la arcilla es un material que, cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada, se convierte en una pasta plástica. Huez y Orellana (2013)

Plasticidad. La plasticidad es la propiedad que tiene el suelo para cambiar de forma (dentro de un rango de humedad dado) y mantener sin perder volumen ni romperse cuando se someten a fuerzas de compresión. Huez y Orellana (2013)

Mejoramiento. El mejoramiento se refiere a un progreso a largo plazo (meses o años) por cementación, dependiendo de la temperatura ambiente y la naturaleza de la arcilla.

Esto aumenta la capacidad portante y permite su uso en capas más demandadas. De esta manera, se pueden obtener bases, subbases y subrasantes con propiedades estructurales favorables que se desarrollarán con el tiempo, además de hacer que la capa estabilizada sea insensible al agua. Huezo y Orellana (2013)

Estabilización química de suelos. Por lo general, se logra esta estabilización agregando estabilizadores específicos, como cemento, cal, asfalto y otros agentes químicos. lo que aumenta su "carga" y la resistencia mecánica del terreno. Esta técnica también incluye la incorporación de sustancias químicas, naturales, sintéticas o procesos mecánicos para una mejoría de las características físicas. Se utilizan frecuentemente estos estabilizadores en suelos de subrasante deficientes o insuficientes. Del Castillo y Solano (2021)

Óxido de calcio. llamado cal viva, Son cales aéreas que se forman a partir de la calcinación de la caliza y se forma por óxido de calcio y óxido de magnesio. Se venden en forma de grano (con diferentes granulometrías) o molidos, e incluso pueden ser micronizados. Se hidratan cuando están en contacto con agua, lo que resulta en una reacción fuertemente exotérmica. Cuando se utilizan calizas que también tienen carbonato de magnesio en su composición, una vez calcinadas, se obtienen óxidos de calcio y magnesio a la vez. La cal se denomina "cal dolomítica o dolomía calcinada" si tiene un porcentaje de óxido de magnesio superior al 5%. Es importante tener en cuenta que la cal viva con un porcentaje de óxido de magnesio inferior al 5% se hidrata más rápidamente. Huezo y Orellana (2013)

Estabilización con óxido de calcio. según el MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO del MTC el suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. La cal que se utiliza se compone fundamentalmente de óxido cálcico (cal viva), obtenido por calcinación de

materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal apagada). Estas cales se llaman también aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico. Al combinar la cal con el suelo, se desencadena una rápida reacción de floculación e intercambio iónico, seguida de una fase más lenta de tipo puzolánico, dando lugar a la formación de nuevos compuestos químicos. Las partículas de sílice y alúmina en el suelo se amalgaman con la cal en presencia de agua, originando silicatos y aluminatos cálcicos insolubles. Un efecto crucial de la cal en el suelo es su capacidad para alterar significativamente su plasticidad. En suelos con baja plasticidad ($IP < 15$), tanto el LL como el LP aumentan, y ligeramente también el IP. Por el contrario, en suelos con plasticidad media y alta ($IP > 15$), el IP disminuye. Además, la humedad óptima de compactación aumenta, facilitando la consolidación de suelos con elevada humedad natural, que de otra manera no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos. Los suelos más adecuados para la estabilización con cal son aquellos de granulometría fina y cierta plasticidad. La introducción de cal hace que el suelo sea más quebradizo y granular, facilitando su manipulación. Es normal llevarla mezcla en dos etapas, con un período intermedio de 1 a 2 días. La aplicación más frecuente de la estabilización con cal se realiza en subrasantes y como capa de rodadura, especialmente en áreas con suelos arcillosos o con acceso limitado a canteras de materiales granulares. MTC (2008).

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la adición al 5%, 8% y 12% de óxido de calcio en un suelo arcilloso para el tratamiento de la subrasante?

1.3. Objetivos

Objetivo general.

Determinar la influencia del mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera el Empalme-Catilluc Km 01+000-Km 06+000; Cajamarca-2023

Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar propiedades físico mecánicas del suelo en el tramo Empalme – Catilluc, de la provincia de San Miguel
- ✓ Analizar las propiedades físico mecánicas del suelo al añadir óxido de calcio con dosificaciones al 5%, 8% y 12% para el mejoramiento de la subrasante de la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, de la provincia de San Miguel.
- ✓ Determinar la proporción óptima de óxido de calcio que mejorará las propiedades físico mecánicas del suelo para el mejoramiento de la subrasante de la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, de la provincia de San Miguel.

1.4. Hipótesis

El mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio influye en la capacidad portante (CBR) a medida que se incorpora óxido de calcio al 5%, 8% y 12%; siendo 12% el porcentaje óptimo para mejorar el suelo.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

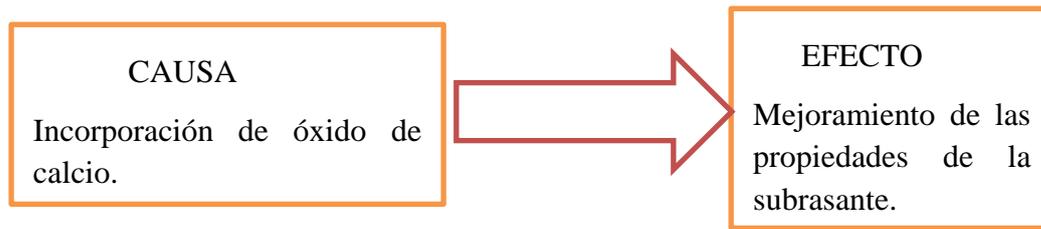
La investigación adopta un enfoque cuantitativo y se clasifica como aplicada. Esto se debe a que se centra en fenómenos secuenciales y verificables, con el objetivo de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos mediante un proceso probatorio y observacional de la incorporación de óxido de calcio en carreteras con suelo arcilloso con baja resistencia con el fin de mejorar la calidad de la carretera. Además, Capia (2020), indica que, en la perspectiva cuantitativa, se inicia con la formulación de un problema, la construcción de un marco teórico, la generación de hipótesis y el análisis de datos a través de métodos estadísticos y mediciones numéricas y. El objetivo es instaurar patrones de comportamiento y validar teorías al interpretar los fenómenos en función de observaciones concretas, especialmente en relación con las variaciones en propiedades del suelo al introducir modificaciones con cal viva.

En cuanto al nivel, Hernández et al. (2014) afirma que el estudio descriptivo tiene como objetivo detallar las propiedades y características, así como los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se analice. Basado en esta definición, el estudio tiene como objetivo analizar si la incorporación de fibras de óxido de calcio en suelos arcillosos y mejorar las propiedades mecánicas del suelo para así realizar proyectos constructivos en el futuro.

En el diseño de investigación Según Bono (2018) “Los diseños cuasi experimentales implican cambiar una variable independiente para ver cómo afecta las variables dependientes.”.

Debido a que se manipuló la variable independiente para ver el efecto en la variable dependiente, la tesis se mantuvo bajo el diseño cuasi experimental.

diseño cuasi experimental.



Nota: la figura muestra a que se refiere el diseño cuasi experimental.

Las variables son factores medibles y manipulables que permiten comprender la realidad de hechos o fenómenos. Se clasifican según su relación con las variables independientes y dependientes, así como según su naturaleza de medición en variables cuantitativas y cualitativas.

Variable independiente: Óxido de calcio.

Como la variable independiente se definió la incorporación de óxido de calcio, debido a que esta se agrega en 5%, 8% y 12% para obtener efectos en la variable dependiente sub rasante.

Variable dependiente: Sub rasante

como la variable dependiente se definió a la sub rasante, debido a que su resultado o efecto dependerá de la variable independiente óxido de calcio.

Población y muestra.

Población. Según Otzen y Manterola (2017) “la población se refiere al conjunto completo de elementos o individuos que tienen una característica específica que se está estudiando”.

La población que tomaremos en este caso es del tramo de carretera del Empalme – Catilluc de la provincia de San Miguel, la carretera tiene una longitud de 6 km.

Muestra. Otzen y Manterola (2017), por otro lado, nos indica que “la muestra es un subconjunto representativo de la población que se selecciona para realizar observaciones y análisis”.

En nuestro estudio, tomamos el segmento de la carretera donde se realizaron tres calicatas, del cual este segmento es una trocha, y lo analizamos para ver si es necesario una mejora en cuanto a propiedades físicas y mecánicas. proporcionando información ventajosa para la clasificación del suelo. A consecuencia de la continua desventaja en el tránsito de vehículos que son de uso importante para los pobladores de la zona, se busca innovar con nuevos productos para dar soluciones favorables y beneficiosas a la población. Plano de ubicación.

Figura 1.

Ubicación de lugar de estudio



Nota: en la presente imagen se muestra la ubicación de las calicatas a lo largo del tramo en estudio.

Se llevó a cabo un reconocimiento de la zona e investigación en la carretera El empalme - Catilluc en la Provincia San Miguel, Distrito de San Miguel y Departamento Cajamarca. Para definir las condiciones actuales del suelo, se programó la realización de 3 calicatas distribuidas de manera estratégica en toda la zona, siguiendo el capítulo 4 del manual de carreteras del MTC.

En el ítem 4.1 del análisis de suelos y rocas, se manifiesta que las calicatas deben estar entre una distancia de 250 a 2000 m, pero de acuerdo a las características topográficas estas pueden estar más cerca, y la profundidad mínima para la ejecución del perfil estratégico es de 1,50 m a partir del nivel de subrasante, según las instrucciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). MTC E101 (2016).

para recopilar información sobre el suelo, se realizaron tres calicatas en toda la vía en las progresivas 01+160, 03+160 y 05+160, como se muestra en el siguiente cuadro.

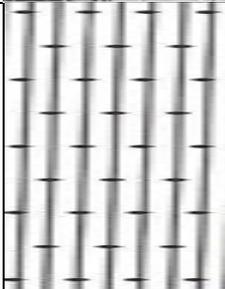
Descripción de calicatas.

N° Calicata	Profundidad (m)	Progresiva (m)
Calicata 01	1.50	01+160
Calicata 02	1.50	03+160
Calicata 03	1.50	05+160

Nota: tabla resumen de las calicatas.

Figura 2.

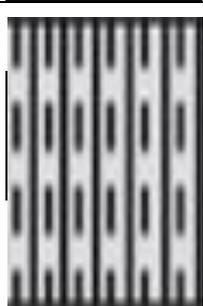
Perfil estratigráfico de calicata 01.

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
PROYECTO :		"Mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
LUGAR :		San Miguel - Cajamarca		
CALICATA :		C-1		
CLASIFICACION (S.U.C.S.)	SIMBOLO (GRAFICO)	MUESTRA (ESTRATO)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)
Nivel de subrasante		M-0	ESTRATO 0: Cobertura superficial, constituida por el material de préstamo de afirmado.	0.2
GP		M-01	ESTRATO 01: Grava mal graduada con arcilla limosa, con partículas sub redondeadas, color amarillo.	0.7
SM		M-02	ESTRATO 02: Arcilla limo arenosa de compresibilidad media, medianamente compacta, de color amarillo.	0.8

Nota: perfil estratigráfico.

Figura 3.

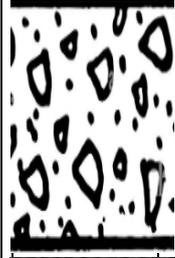
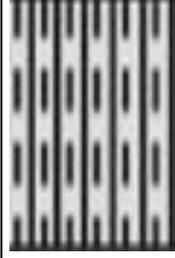
Perfil estratigráfico de calicata 02.

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
PROYECTO :		"Mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
LUGAR :		San Miguel - Cajamarca		
CALICATA :		C-2		
CLASIFICACION (S.U.C.S.)	SIMBOLO (GRAFICO)	MUESTRA (ESTRATO)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)
Nivel de subrasante		M-0	ESTRATO 0: Cobertura superficial, constituida por el material de préstamo de afirmado.	0.2
GP		M-01	ESTRATO 01: Grava mal graduada con arcilla limosa, con partículas sub redondeadas, color marrón oscuro.	0.6
CL		M-02	ESTRATO 02: Arcilla inorgánica de plasticidad media de baja compresibilidad, medianamente compacta, de color marrón oscuro	0.9

Nota: perfil estratigráfico.

Figura 4.

Perfil estratigráfico de calicata 03.

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
PROYECTO :		"Mejoramiento de suelo arcilloso con óxido de calcio al 5%, 8% y 12% para el tratamiento de la subrasante en la carretera EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
LUGAR :		San Miguel - Cajamarca		
CALICATA :		C-3		
CLASIFICACION (S.U.C.S.)	SIMBOLO (GRAFICO)	MUESTRA (ESTRATO)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)
Nivel de subrasante		M-0	ESTRATO 0: Cobertura superficial, constituida por el material de préstamo de afirmado.	0.2
GP		M-01	ESTRATO 01: Grava mal graduada con arcilla limosa, con partículas sub redondeadas, color marrón claro.	0.55
CL		M-02	ESTRATO 02: Arcilla inorgánica de plasticidad media de baja compresibilidad, medianamente compacta, de color marrón oscuro	0.95

Nota: perfil estratigráfico.

Para determinar la resistencia y demás propiedades de la subrasante se realizará cierto número requerido de ensayos los cuales se muestran en la tabla 2.

Tabla 1.

Ensayos a realizar para la subrasante

CANTIDAD DE ENSAYOS DE LA SUBRASANTE			
ENSAYOS	CANTIDAD		
	C-01	C-02	C-03
PROPIEDADES FÍSICAS			
Granulometría	1	1	1
Contenido de Humedad	3	3	3
Límite Líquido	4	4	4
Límite Plástico	4	4	4
Proctor Modificado	4	4	4
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Relación de Soporte (CBR)	3	3	3

Nota: el presente cuadro muestra la cantidad de ensayos que se realizarán por número de calicata.

Antes de realizar los ensayos de suelo estabilizados con cal, en esta investigación se realizará 3 ensayos de EADES Y GRIM en la cual se implementará las siguientes dosificaciones de cal 5%, 8% y 12% lo cual nos determinará cual es la dosificación óptima de acuerdo al valor del PH que nos indica la cantidad de óxido de calcio necesaria para estabilizar el suelo a tratar.

Tabla 2.

Ensayos de EADES y GRIM (prueba de pH)

CANTIDAD DE ENSAYOS DE SUBRASANTE ADICIONANDO ÓXIDO DE CALCIO (PRUEBA DE PH)			
% CAL	N° DE MUESTRAS		
	M-1	M-2	M-2
5%	1	1	1
8%	1	1	1
12%	1	1	1

Nota: Luego de conocer las dosificaciones necesarias de óxido de calcio se procederá a realizar los ensayos ya mencionados tanto para propiedades físicas como mecánicas, pero esta vez con el suelo estabilizado.

Técnicas e instrumentos de recolección:

En el contexto de esta investigación, se emplea la técnica de observación directa y la recolección de datos mediante ensayos de laboratorio. Esto tiene como objetivo reconocer las propiedades mecánicas y físicas de los suelos en la zona bajo estudio para determinar la resistencia y durabilidad necesarias. Posteriormente, se llevarán a cabo ensayos específicos para evaluar las características mecánicas tanto del suelo natural como del suelo con óxido de calcio. Estas pruebas se ejecutaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, siguiendo las normativas técnicas aplicables en la materia.

Los medios empleados para recopilar datos consistieron en la aplicación de protocolos específicos, tales como el Análisis Granulométrico mediante Tamizado por Lavado, Medición del Contenido de Humedad, Clasificación de Suelos según las normativas AASHTO y SUCS, Proctor Modificado, y la Evaluación de la Relación de Soporte CBR. Estos protocolos se utilizaron con el propósito de registrar de manera precisa los datos obtenidos durante la ejecución de los respectivos ensayos.

En cuanto al procedimiento cabe mencionar que, para evaluar las propiedades de las muestras, se consideraron tanto las normas pertinentes como los procedimientos establecidos en el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM – 2000). Dicho manual fue aprobado mediante la Resolución Directoral N° 028- 2001-MTC/15.17, emitida el 16 de enero de 2001. A continuación, se detallan las normativas aplicadas.

Tabla 3.

Normativa para ensayos requeridos

ENSAYOS	NORMA
PROPIEDADES FÍSICAS	
Granulometría	MTC E 107
Contenido de Humedad	MTC E 108
Límite Líquido	MTC E 110
Límite Plástico	MTC E 111
Clasificación de suelos método SUCS	NTP 339.134
Clasificación de suelos método AASHTO	NTP 339.135
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Proctor Modificado.	MTC E 115
Relación de Soporte (CBR)	MTC E 132
PROPIEDADES QUÍMICAS	
PH (EADES Y GRIM)	ASTM D-6276

Nota: el presente cuadro muestra las normativas vigentes para cada ensayo requerido.

Los ensayos realizados son los siguientes:

Contenidos de Humedad Natural (MTC E-108)

La cantidad de agua presente en una muestra, conocida como contenido de humedad, se expresa como un porcentaje del peso del agua con respecto al peso del material una vez que está seco.

Procedimiento:

- Pesamos la muestra húmeda (w húmedo)
- Se seca en horno a 105°C durante 24 horas.
- Pesamos la muestra seca (w seco)
- luego se reemplaza los datos obtenidos en la fórmula para hallar el contenido de humedad.

$$W(\%) = \frac{(Whúmedo - Wseco)}{Wseco} \times 100$$

Ecuación 1. Contenido de humedad

Granulometría mediante tamizado por lavado (MTC E 107)

Se toma una muestra de suelo, en este caso 500 gr los cuales se obtiene al ser retenido en el tamiz N°40 para luego ser lavado en el tamiz N° 200; una vez puesto al horno se pasa

por el juego de tamices N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°600, N°100 y N°200 pesando el material retenido en cada tamiz (%RP)

$$\%RP = PRP * 100 Wt$$

Ecuación 2. Granulometría (porcentaje retenido)

y determinando los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP, es decir:

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

$$\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, etc$$

Ecuación 3. Granulometría (porcentaje retenido acumulado)

para luego construir una gráfica semilogarítmica donde se presenta el porcentaje en peso de muestra retenida para cada abertura de tamiz.

Límite líquido

Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.129 de 1999, que establece el método para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos, se establece la siguiente definición: El límite líquido se define como la humedad en la cual una masa de suelo se sitúa entre el estado plástico y el estado líquido.

Material

- Suelo que pasa la malla N° 40

Equipo y herramientas

- Malla N° 40
- Copa de Casagrande y ranurador o acanalador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura
- Espátula - Probeta de 100 ml.

- Cápsula de porcelana
- Taras

Procedimiento

- Mezclar el suelo con agua en una cápsula de porcelana mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.
- Colocar en la copa de Casagrande una porción de la pasta, esparcir hasta tener espesor de 1 cm.
- Hacer una ranura en el centro con el acanalador.
- Dejar caer la copa hasta que el suelo se pongan en contacto y la ranura de una 1.27 cm, verificar el número de goles.
- Retire el suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura con la cápsula y coloque el suelo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- Retire el suelo de la copa de Casagrande y colóquelo en la cápsula de porcelana. Si el número de golpes ha sido alto en el ensayo anterior, agregue agua, o suelo si a sido bajo. (La cantidad de golpes debe oscilar entre 6 y 36).

Límite plástico

Es el punto convencional que demarca la transición entre los estados plástico y semisólido en el suelo; es el nivel más bajo de contenido de humedad donde este empieza a agrietarse al realizar cilindros de 3 milímetros de espesor.

Materiales a usar:

- Suelo preparado que se usó en LL.

Herramientas y equipos

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa

- Espátula
- Cápsula de porcelana
- Placa de vidrio

Procedimiento

- Se busca reducir el contenido de humedad de la pasta resultante, añadiendo suelo seco a la parte de la mezcla destinada al límite líquido,
- Formar cilindros con un diámetro de 3 mm girando manualmente la muestra sobre una placa de vidrio hasta y que muestren grietas, luego medir su contenido de humedad.

Tabla 4.

Parámetros de los tipos de suelos

PARÁMETROS	TIPOS DE SUELOS		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
Límite líquido (LL)	15 - 20	30 - 40	40 - 150
Límite plástico (LP)	15 - 20	20 - 25	25 - 50
Límite de retracción (LR)	12 - 18	14 - 25	08 - 35
Índice de plasticidad (IP)	00 - 03	10 - 15	10 - 100

Nota: la tabla muestra los valores para los diferentes parámetros de suelo. Bañón y Beviá (2000)

Clasificación SUCS

Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.134 de 1999, que establece el método para la clasificación de suelos con fines ingenieriles mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se proporciona lo siguiente; **ver tablas adjuntas en anexo N°1 y anexo N°2.**

Clasificación AASHTO

Según (ASTM D-3282,1973) nos indica; **ver tabla adjunta en anexo N°3**

Proctor Modificado

Conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 339.141 de 1999, que aborda el Ensayo de Proctor Modificado, se presenta la siguiente definición: La relación entre la densidad seca de un suelo, indicativa de su grado de compactación, y su contenido de agua resulta fundamental en el proceso de compactación de suelos. Este control se lleva a cabo con el ensayo de Proctor. Para lograr una compactación efectiva, es esencial regular con precisión la cantidad de agua; la falta de esta no permitirá una lubricación adecuada ni la reducción de la fricción entre partículas, mientras que un exceso de humedad podría provocar la separación de las partículas por el agua. En términos generales, es recomendable compactar un suelo con el propósito de:

- Incrementar la capacidad de carga y mejorar la estabilidad al corte, lo que se traduce en una mayor resistencia y capacidad de carga para los pavimentos.
- Reducir la compresibilidad con el objetivo de disminuir los asentamientos.
- disminuir la relación de vacíos para aminorar la permeabilidad

Material

- Se extraen aproximadamente 6 kg de muestra alterada en estado seco por cada excavación (calicata).

- Papel filtro

Equipo

- Instrumentación para el ensayo de Proctor modificado, que incluye un molde cilíndrico, una placa de base y un anillo de extensión.
- Pisón para el Proctor modificado.
- Balanza con precisión de 1 gr.
- Estufa con control de temperatura.

- Recipiente de 1000 ml, envase con capacidad para 6 kg, espátula y taras identificadas.

Procedimiento

- Inicialmente, es necesario examinar el análisis granulométrico para determinar la aplicabilidad de los métodos; los procedimientos para el ensayo se detallan en la tabla proporcionada en el anexo N°4.
- Obtener alrededor de 30 kg de muestra en estado seco para llevar a cabo el ensayo, según el método seleccionado (ya sea A, B o C).
- Aproximadamente con 5 muestras de 6k se añade agua de manera que varíe en 1 ½ % entre cada una de ellas
- Armar el molde y pesar
- Alojarse el material que será compactado en el molde con collarín y papel filtro en la base.
- Se compactará en 5 capas, con 25 o 56 golpes en cada estrato (según el método A, B o C). Una vez completada la compactación del último estrato, se retira el collarín, se enraza y se calcula la densidad húmeda (Dh)
- Calcular el (w%) mediante muestras tomadas de la parte superior e inferior.
- Determinar la (Ds)

$$Ds = \frac{Dh}{(1 + w\%/100)}$$

Ecuación 4. Proctor (densidad seca)

- Dibujar la curva de compactación en escala natural, los datos de contenido de humedad se registran en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas.
- Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

California Bearing Ratio (CBR)

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana: Método de ensayo de CBR (Ratio de carga de California) para suelos compactados en laboratorio (NTP 339.145, 1999), se define lo siguiente:

El ensayo de CBR es el más utilizado para el diseño de pavimentos y mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

$$C.B.R. = 100 * \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}}$$

Ecuación 5. C.B.R

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California, como una forma de clasificación y evaluación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como subbase o material de base en construcciones de carreteras.

Material

- Muestra alterada seca.
- Papel filtro

Equipo y herramientas

- Instrumentación para el ensayo CBR que incluye 3 moldes cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión, 3 sobrecargas, cada una con un peso de 4.5 kg, y 3 trípodes.
- Pisón para CBR.
- Balanza con error de 1 gr.
- 3 diales.
- Estufa con control de temperatura.

- Probeta de 1000 ml.
- Recipiente de 6 kg. de capacidad.
- Espátula.
- Taras identificadas

Procedimiento

Consta de 3 etapas:

- i. **Ensayo de compactación CBR** (determinación de la densidad y humedad del suelo)
 - Preparar la muestra con el contenido de humedad óptimo establecido durante el ensayo de compactación Proctor modificado.
 - Compactar la muestra en 5 estratos en cada uno de los 3 moldes CBR, siendo el primero con 13 golpes, el segundo con 27 golpes y el tercero con 56 golpes por estrato.
 - Calcular la densidad húmeda y el contenido de humedad de las muestras de cada molde.
 - Determinar la densidad seca de las muestras de cada molde.
- ii. **Ensayo de hinchamiento** (Determinación de las propiedades expansivas del material)
 - Voltrear las muestras de modo que la superficie libre quede en la parte superior al volver a ensamblar los moldes en sus placas de base.
 - Colocar sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.
 - Posicionar los tres moldes completamente equipados en un recipiente de agua durante un período de 4 días (96 horas), registrando las mediciones de expansión cada 24 horas.

iii. **Ensayo carga – penetración** (determinación de la resistencia a la penetración)

- Tras el período de 4 días, extraer los moldes del recipiente de agua permitiendo su drenaje durante 15 minutos.
- Colocar la sobrecarga en cada molde, llevar a la prensa hidráulica y realizar el ensayo de penetración aplicando un pistón a una velocidad de 0.05 pulgadas por minuto, registrando las mediciones de carga para cada muestra.
- Volver a calcular Dh y W%.
- Determinar el esfuerzo aplicado.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Ecuación 6. C.B.R esfuerzo

σ : Esfuerzo

P: Carga aplicada

A: Área del pistón

- Representar gráficamente las tres curvas esfuerzo-deformación de las muestras de cada molde en escala natural. Los valores de deformación se registrarán en el eje horizontal, mientras que los valores de esfuerzo se colocarán en el eje vertical. En caso necesario, corregir las curvas indicando su nuevo punto de origen.
- Calcular los esfuerzos asociados a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas en cada una de las curvas esfuerzo-deformación.
- Determinar los índices CBR para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, dividiendo cada valor de esfuerzo obtenido a esas penetraciones en la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1 y 0.2 pulgadas, respectivamente.

$$C.B.R = 100 * \frac{\textit{carga unitaria del ensayo}}{\textit{carga unitaria patrón}}$$

Ecuación 7. Índices C.B.R

- Representar gráficamente las curvas de densidad seca versus CBR para las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas.
- El índice CBR de diseño se refiere al valor obtenido a las penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas, expresado como porcentaje del valor estándar correspondiente.
- Comúnmente, el número CBR se determina en función de la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0,1"). Sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0,2") resulta ser mayor, este último debe ser aceptado como el valor definitivo de CBR.
- En caso de que el valor de CBR a 0.2 pulgadas sea considerablemente mayor que el valor de CBR a 0.1 pulgadas, se recomienda repetir el ensayo para confirmar los resultados.

Método el ensayo de EADES & GRIM (ASTM D-6276)

El objetivo de este ensayo es definir el % de cal necesario para estabilizar el suelo y mejorar sus propiedades físico-mecánicas, utilizando la prueba EADES & GRIM (ASTM D-6276). La preparación de las muestras para este ensayo requiere una serie de pasos, que se enumeran a continuación:

- Tomar una muestra a estabilizar.
- Secar al horno.
- Tamizar 350 gr de suelo que pase la malla N° 40 (0.425 milímetros).
- Homogeneizar la mezcla del suelo y óxido de calcio en frascos de plástico, utilizando cantidades específicas de suelo (25 gramos) y dosificando la cal en peso en un rango que va desde 0% hasta 8%. Para cada porcentaje, se prepararán cuatro frascos individuales, totalizando así cuatro muestras por cada nivel de porcentaje.
- Adicionar 100 mililitros de agua por muestra.
- Combinar (suelo, óxido de calcio y agua); durante 30 segundos cada 10 min durante una hora.
- obtener los valores de pH con el potenciómetro.
- Al llegar al punto en el cual el pH sea con aproximación a 12.4, se determina la cantidad necesaria de óxido de calcio para estabilizar el suelo.

Técnicas e instrumentos de análisis de datos:

La metodología de análisis de datos empleada es la estadística descriptiva, que implica la recopilación de datos concretos obtenidos en el laboratorio. El propósito es procesar estos datos mediante la obtención de valores característicos y representarlos a través de tablas, gráficos y figuras.

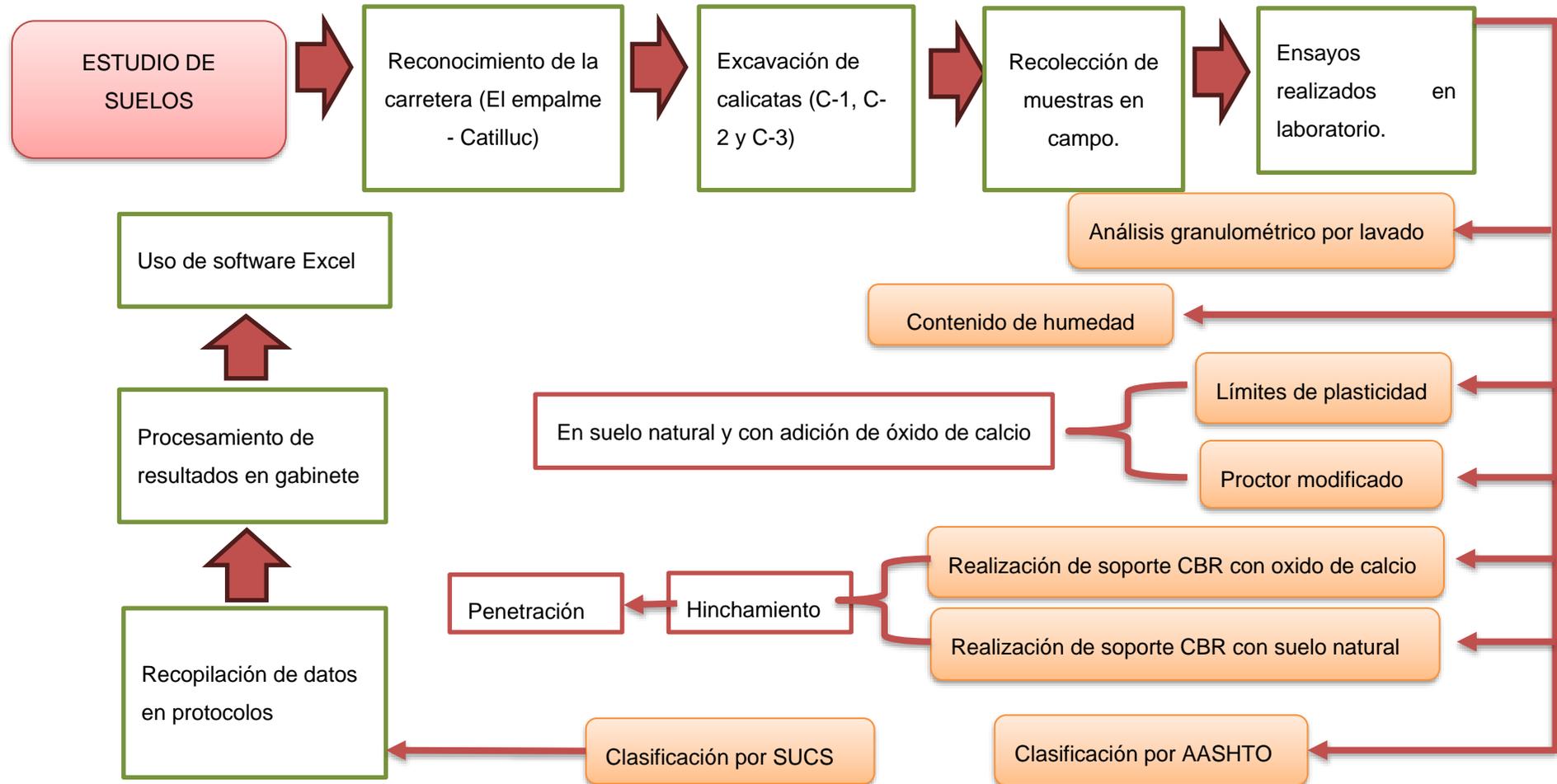
Para llevar a cabo dicho análisis, se utiliza el software Excel, una herramienta eficaz para organizar y detallar estadísticas, procesos y gráficos relacionados con los datos recabados en los ensayos de laboratorio. Se toman como referencia los parámetros clave de diversas normas, incluida la norma del American Society for Testing and Materials (ASTM).

Análisis estadístico de datos:

El análisis estadístico aplicado para la validación de datos fue el ANOVA (análisis de varianza) y comparaciones múltiples de post hoc utilizando un nivel de significancia del 5% y un nivel de confiabilidad del 95%, para dicho análisis se utilizó el software SPSS27 donde se puede visualizar del anexo N° 78 al anexo N° 83.

Figura 5.

Procedimiento de recolección y análisis de datos



Aspectos Éticos

La recopilación de esta información se llevó a cabo de manera confiable y responsable, sin realizar alteraciones en los datos. Se reconoce la importancia de respetar los derechos de autor y la propiedad intelectual de los autores, aplicando las normas APA para citar adecuadamente teorías y conocimientos. Además, se enfatiza en la responsabilidad y transparencia en todo el proceso, evitando cualquier perjuicio al medio ambiente, especialmente en términos de muestreo a través de calicatas.

Se destaca la libertad de los investigadores para elegir su participación o retirada del proyecto en cualquier momento que consideren apropiado. Por último, se asegura el cumplimiento estricto de todas las normas, instrumentos, protocolos y manuales utilizados en el proyecto de investigación, y se verificará su conformidad mediante herramientas web.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados de análisis de contenido de humedad para calicatas patrón. Puede visualizar los protocolos que se encuentran en el anexo n°34 para C1, C2 y C3.

Tabla 5.

Resumen de W% C1, C2 Y C3

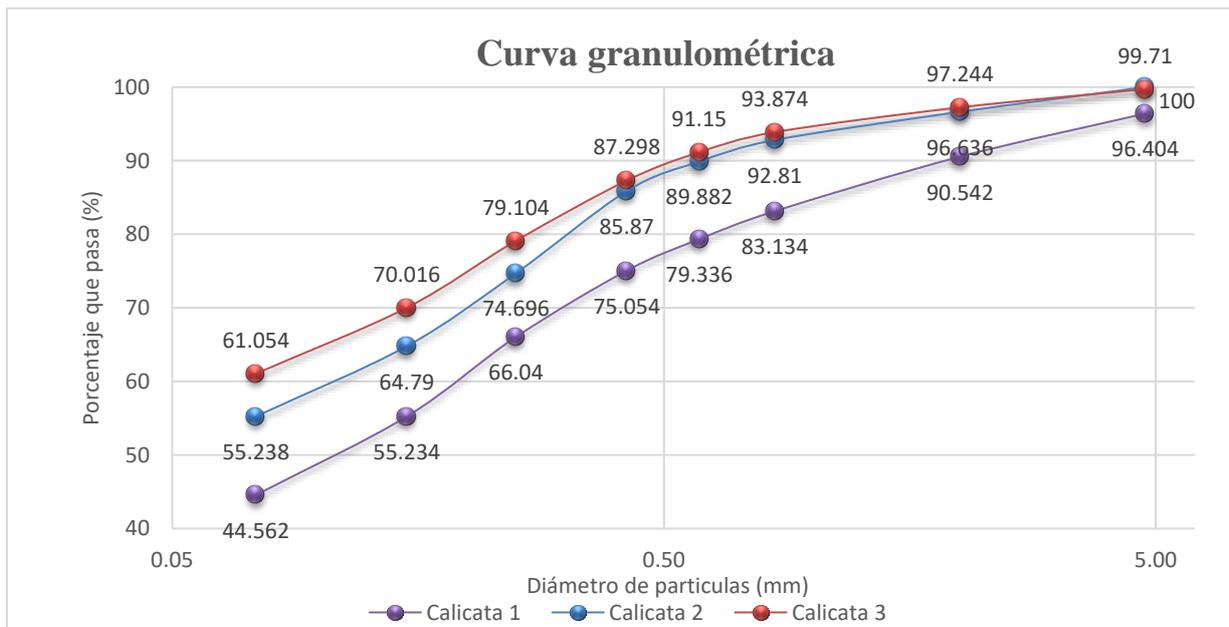
(%) CONTENIDO DE HUMEDAD		
Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
14.839	25.618	28.257

Nota: el cuadro muestra el porcentaje promedio de w% de las 3 calicatas patrón

3.2. Resultados de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado. Para visualizar la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran en el anexo N°35 para C1, anexo N°36 para C2 y anexo N°37 para C3

Figura 6.

curvas granulométricas de las tres calicatas patrón



Nota: comparación de curvas granulométricas C1, C2 y C3.

3.3. Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelo

patrón. para visualizar los cuadros con el procesamiento para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran en el anexo N°38 para C1, anexo N°39 para C2 y anexo N°40 para C3.

Tabla 6.

Límites de plasticidad C1, C2 Y C3

LÍMITES DE PLASTICIDAD				
		C1	C2	C3
Límite Líquido:	LL =	20.66	46.05	42.38
Límite Plástico:	LP =	NP	23.71	23.14
Índice de Plasticidad:	IP =	NP	22.34	19.25
Pasante tamiz 200:	% =	44.56	55.24	61.05

Nota: esta tabla muestra los límites de plasticidad de las 3 calicatas en la cual se puede observar que en la calicata 1 no se tiene límite plástico debido a que es un suelo limo arenoso, por lo tanto, esta calicata no entra en el mejoramiento. Según el manual de ensayos del MTC respecto del límite líquido menciona que la desviación estándar estimada para un operador simple es de 0.8; en este caso no aplica ya que para ello necesitamos hallar varios resultados de límite líquido de un mismo patrón de muestra para poder hallar la desviación estándar y ver la variación de datos. Para límite plástico el MTC menciona que el rango aceptable de precisión para dos resultados es de 2.6, para lo cual deberá calcularse sacando el promedio de dos contenidos de humedad y la diferencia de estos no deben ser mayor que el rango aceptable; en cuanto a la desviación estándar se estima un valor de 0.9 lo cual no se aplicaría por el mismo motivo que se da en límite líquido.

Tabla 7.

Clasificación de suelos mediante método SUCS.

Calicata	C-01	C-02	C-03
Progresiva (Km)	01+160	03+160	05+160
Muestra	C-01	C-02	C-03
Profundidad (m)	1.50	1.50	1.50
Grava (2" - N°4)	0	0	0
Arena (N°4 - N°200)	55.44	44.76	38.95
Finos (< N°200)	44.56	55.24	61.05
Límite líquido	20.66	40.05	42.38
Índice de plasticidad	NP	22.34	19.25
Clasificación SUCS	ML	CL	CL
Denominación	Limo arenoso	Arcillas inorgánicas de plasticidad media	Arcillas inorgánicas de plasticidad media

Nota: Esta tabla muestra la clasificación de suelos mediante método SUCS tomando como referencia la tabla del anexo N° 6.

Tabla 8.

Clasificación de suelos mediante método ASSHTO

Calicata	C-01	C-02	C-03
Arena (N°4 - N°200)	55.44	44.76	38.95
Finos (< N°200)	44.56	55.24	61.05
Límite líquido	20.66	40.05	42.38
Índice de plasticidad	NP	22.34	19.25
Índice de grupo	2	10	10
Clasificación ASSHTO	A-2-5	A-7-6	A-7-6
Denominación	arenas limosas	suelo arcilloso	suelo arcilloso

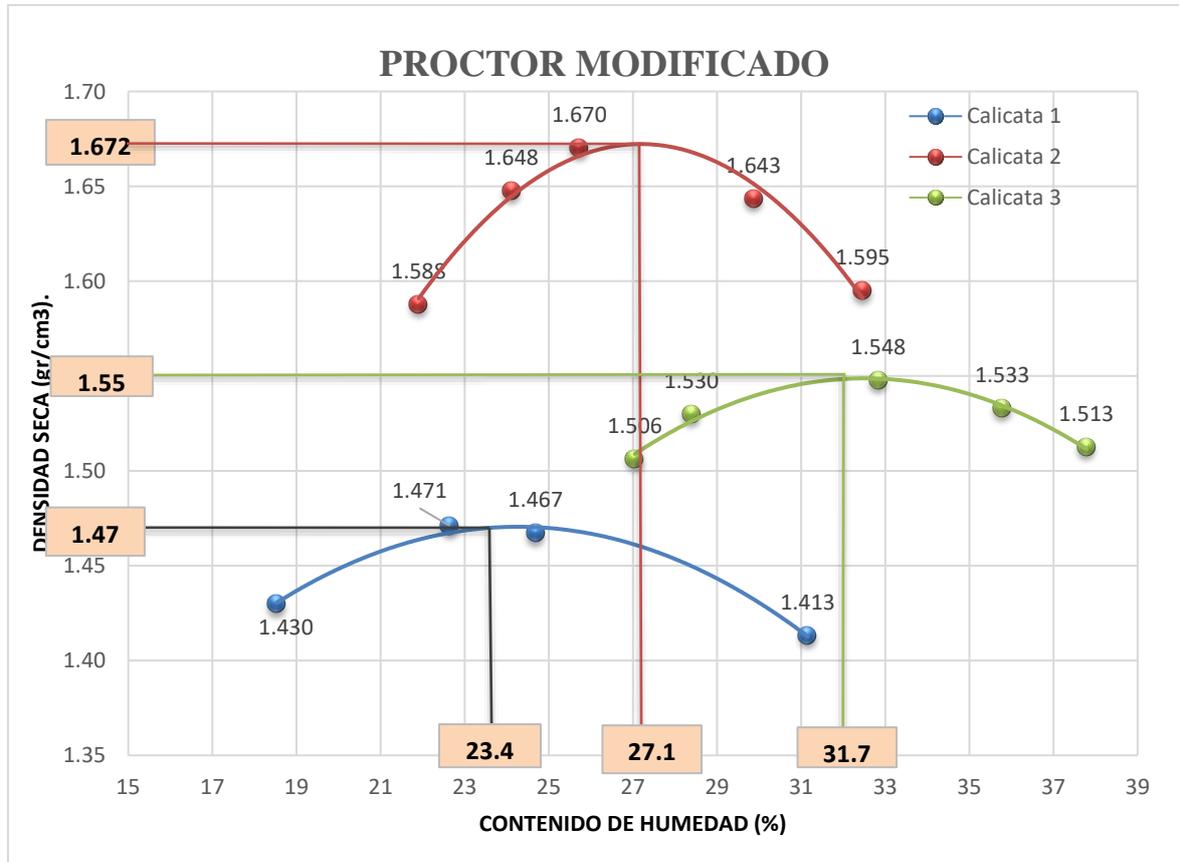
Nota: Esta tabla muestra la clasificación de suelos mediante método ASSHTO tomando como referencia la tabla del anexo N°6.

3.4. Resultados de Proctor modificado.

para visualizar los cuadros con el procesamiento para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran en el anexo N°41 para C1, anexo N°42 para C2 y anexo N°43 para C3.

Figura 7.

Proctor modificado C1, C2 y C3



Nota: Este gráfico muestra el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca de las 3 calicatas patrón, obteniendo para la C1 un (w%=23.4 y D_s=1.47), para la C2 (w%=27.1 y D_s=1.672) y para la C3(w%=31.7 y D_s=1.55).

3.5. Resultados de CBR expansión – penetración.

para visualizar los cuadros con el procesamiento para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos de la C1, C2 Y C3 que se encuentran del anexo N°44 al anexo N°49.

Tabla 9.

Contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento calicata 1,2 y 3

CBR				
Calicatas	Contenido de humedad (W%)	Máxima densidad seca (Ds)	Hinchamiento (%)	
C1	13 golpes	37.58	1.410	3.02
	27 golpes	33.15	1.450	1.52
	56 golpes	31.17	1.500	1.05
C2	13 golpes	29.08	1.600	4.73
	27 golpes	30.28	1.640	4.06
	56 golpes	33.35	1.710	3.95
C3	13 golpes	30.74	1.450	4.19
	27 golpes	33.97	1.500	6.22
	56 golpes	37.59	1.550	4.65

Nota: la siguiente tabla muestra un resumen de la obtención de contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento de los 3 moldes de CBR por cada calicata.

Tabla 10.

Esfuerzos y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C1.

ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN

MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl ²)	18.58	31.83	26.63	42.55	40.88	63.17
Esf. Patrón (Lb/pl ²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	1.8580	2.1222	2.6631	2.8365	4.0876	4.2114

Nota: El presente cuadro muestra los valores de esfuerzo del terreno con el cual se halló el CBR para luego graficar con los valores de densidad seca.

Tabla 11.

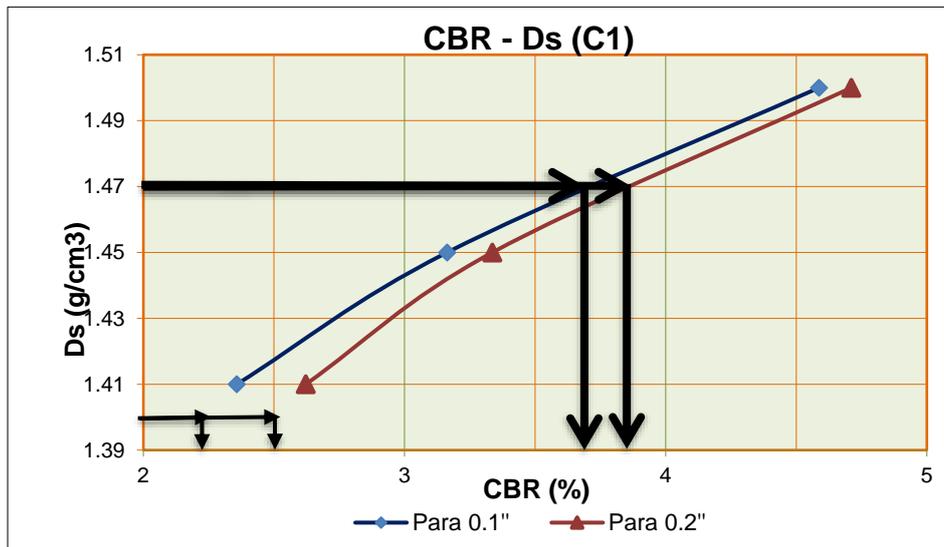
CBR y densidad seca C1.

C.B.R Y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	1.858	2.122	2.663	2.837	4.088	4.211
Ds (gr/cm ³)	1.410	1.410	1.450	1.450	1.500	1.500

Nota: Este cuadro muestra los valores de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2''.

Figura 8.

Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C1.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100%.

Tabla 12.

Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C1.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
Densidad seca máxima al 100% (g/cm³) :	1.47
Densidad seca máxima al 95% (g/cm³) :	1.397
Contenido óptimo de humedad (%) :	23.40
C. B. R	
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1")	3.70%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1")	2.25%
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2")	3.85%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2")	2.5%

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2", en el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el 0.2" habría que repetir el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1".

Tabla 13.

Esfuerzos y densidad seca para 0.1" y 0.2" C2.

ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl ²)	5.00	7.94	6.19	9.91	7.43	12.39
Esf. Patrón (Lb/pl ²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	0.5000	0.5293	0.6193	0.6606	0.7432	0.8258

Nota: El presente cuadro muestra los valores de esfuerzo del terreno con el cual se halló el CBR para luego graficar con los valores de densidad seca.

Tabla 14.

CBR y densidad seca C2.

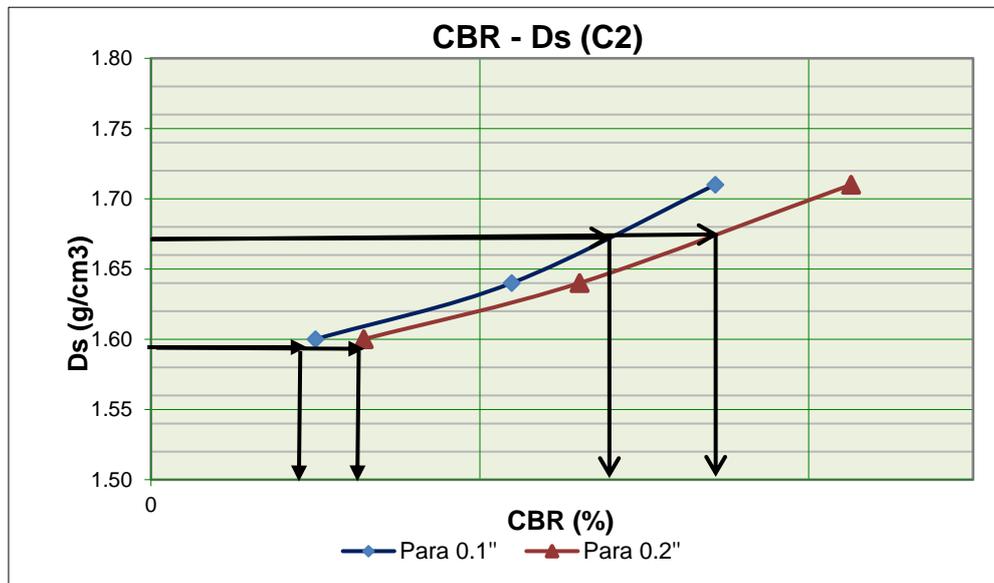
C.B.R Y DENSIDAD SECA

MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	0.500	0.529	0.619	0.661	0.743	0.826
Ds (gr/cm3)	1.600	1.600	1.640	1.640	1.710	1.710

Nota: Este cuadro muestra los valores de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2''.

Figura 9.

Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C2.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100%.

Tabla 15.

Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C2.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
Densidad seca máxima al 100% (g/cm ³) :	1.672
Densidad seca máxima al 95% (g/cm ³) :	1.588
Contenido óptimo de humedad (%):	27.10
C.B. R	
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1")	0.66%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1")	0.49%
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2")	0.74%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2")	0.52%

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1” mientras este sea menor que el de 0.2”, en el caso en el que el valor de CBR para 0.1” fuera mayor que el 0.2” se tendría que repetir el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1”.

Tabla 16.

Esfuerzos y densidad seca para 0.1” y 0.2” C3.

ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Esf. Terreno (Lb/pl ²)	3.3442	6.1930	5.5739	9.1041	7.1223	11.2717
Esf. Patrón (Lb/pl ²)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR %	0.3344	0.4129	0.5574	0.6069	0.7122	0.7514

Nota: El presente cuadro muestra los valores de esfuerzo del terreno con el cual se halló el CBR para luego graficar con valores presentados de densidad seca.

Tabla 17.

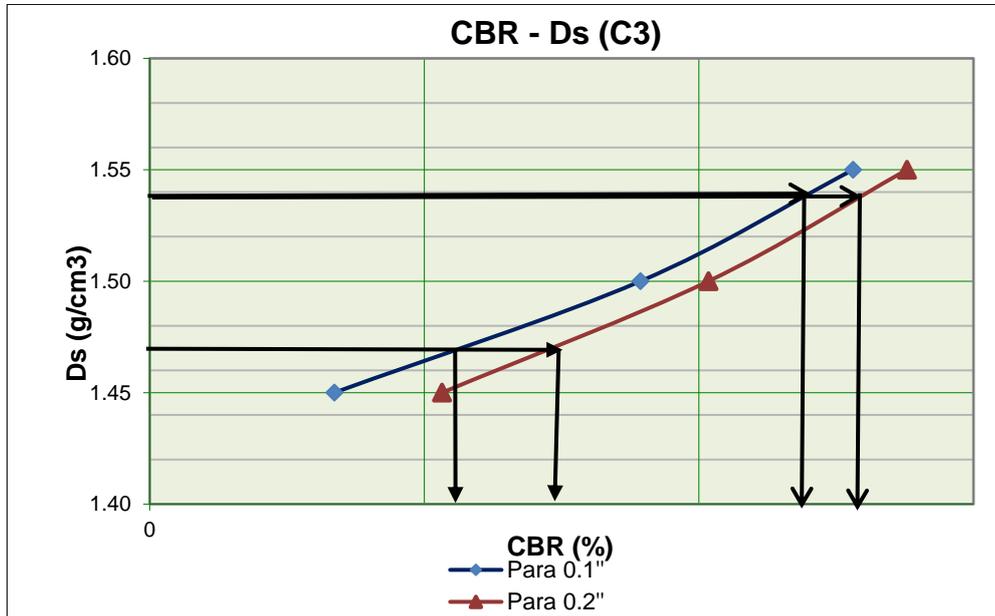
CBR y densidad seca C3.

C.B.R Y DENSIDAD SECA						
MOLDE N°	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
CBR (%)	0.334	0.413	0.557	0.607	0.712	0.751
Ds (gr/cm ³)	1.450	1.450	1.500	1.500	1.550	1.550

Nota: Este cuadro muestra los valores de CBR y densidad seca para 0.1” y 0.2”.

Figura 10.

Curvas de CBR y densidad seca para 0.1'' y 0.2'' C3.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100%.

Tabla 18.

Cuadro resumen de CBR al 95% y 100% de densidad seca máxima C3.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
Densidad seca máxima al 100% (g/cm ³) :	1.55
Densidad seca máxima al 95% (g/cm ³) :	1.473
Contenido óptimo de humedad (%) :	31.70
C.B.R	
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1'')	0.68%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1'')	0.43%
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2'')	0.71%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2'')	0.50%

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1'' mientras este sea menor que el de 0.2'', en el caso en el que el valor de CBR para 0.1'' fuera mayor que el 0.2'' habría que repetir el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1''.

3.6. Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos estabilizados con óxido de calcio

Para visualizar los cuadros con el procesamiento de la C2 y C3 para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran del anexo N°50 al anexo N°55.

Tabla 19.

Límite líquido, plástico e índice de plasticidad con 5%, 8% y 12% de óxido de calcio C2 y C3.

LÍMITES DE PLASTICIDAD				
Calicatas N°	Porcentaje de adición de óxido de calcio	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
Calicata 2	5%	20.49	NP	NP
	8%	20.86	NP	NP
	12%	20.95	NP	NP
Calicata 3	5%	18.39	NP	NP
	8%	17.04	NP	NP
	12%	17.69	NP	NP

Nota: según el manual de ensayos del MTC la desviación estándar estimada para un operador simple es de 0.8, en este caso no aplica ya que para ello necesitamos hallar varios resultados de limite liquido de un mismo patrón de muestra para poder hallar la desviación estándar y ver la variación de datos.

3.7. Resultados de Proctor modificado para suelo estabilizado con óxido de calcio

Para visualizar los cuadros con el procesamiento de la C2 y C3 para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran del anexo N°56 al anexo N°61.

Tabla 20.

Proctor modificado al 5%, 8% y 12% en calicata 2 y 3

PROCTOR MODIFICADO CON ÓXIDO DE CALCIO			
Calicatas	% de adición de óxido de calcio	Contenido de humedad Óptimo (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)
C2	5%	17.0	1.819
	8%	15.8	1.835
	12%	15.9	1.745
C3	5%	16.8	1.803
	8%	16.3	1.809
	12%	16.7	1.787

Nota: Este cuadro muestra el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca D_s en Proctor modificado para las dosificaciones de 5%, 8% y 12% tanto en calicata 2 como calicata 3.

3.8. Resultados de expansión y CBR para suelo estabilizado con óxido de calcio

Para visualizar los cuadros con el procesamiento de la C2 y C3 para la obtención de dichos resultados puede visualizar los protocolos que se encuentran del anexo N°62 al anexo N°73.

Tabla 21.

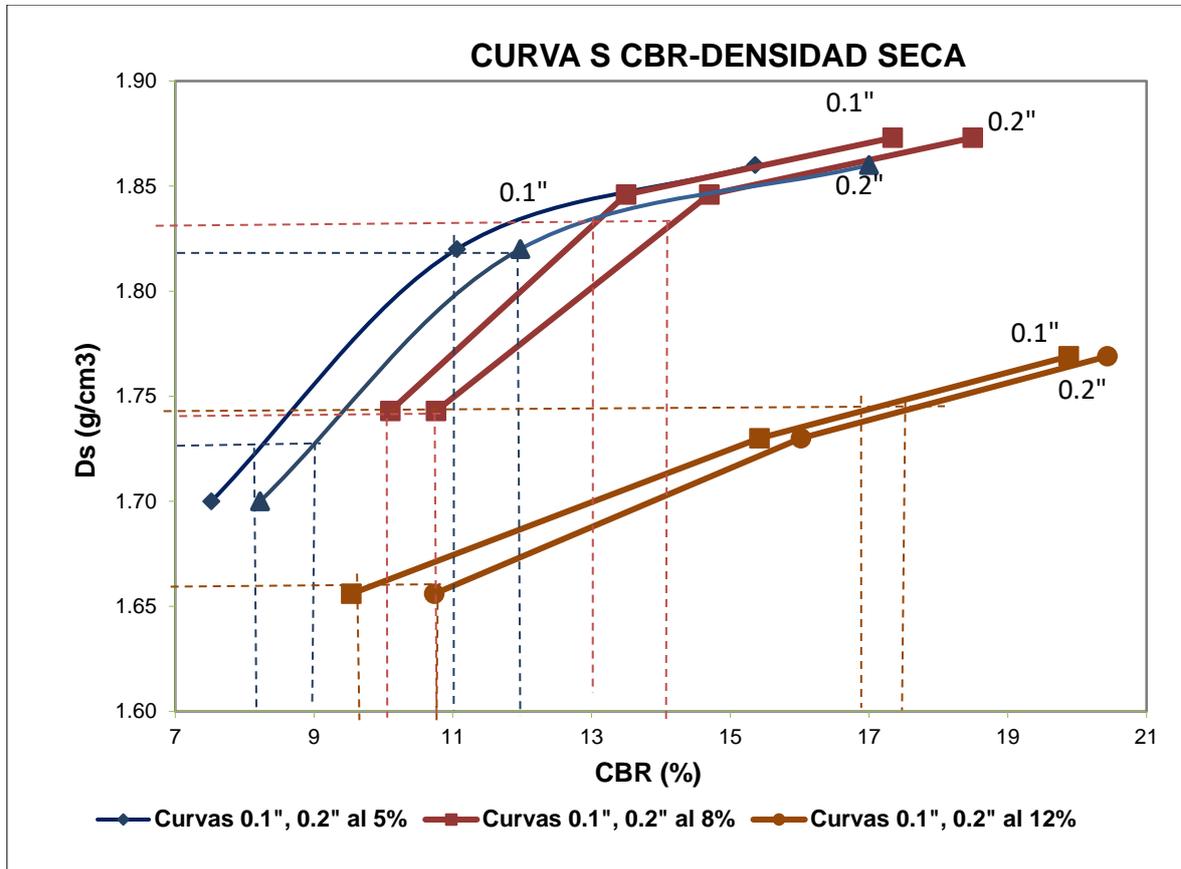
Contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento con adición de óxido de calcio al 5%,8% y 12% de la calicata 2 y 3

CBR									
CALICATA 2					CALICATA 3				
Porcentaje de adición de óxido de calcio	N° de golpes	Contenido de humedad (W%)	Máxima densidad seca (Ds)	Hinchamiento (%)	Porcentaje de adición de óxido de calcio	N° de golpes	Contenido de humedad (W%)	Máxima densidad seca (Ds)	Hinchamiento (%)
	13 golpes	10.03	1.700	0.112		13 golpes	14.17	1.710	0.551
5%	27 golpes	10.70	1.820	0.050	5%	27 golpes	11.91	1.780	0.113
	56 golpes	10.88	1.860	0.019		56 golpes	11.57	1.810	0.072
	13 golpes	19.43	1.743	0.110		13 golpes	11.15	1.714	0.074
8%	27 golpes	15.89	1.846	0.060	8%	27 golpes	11.000	1.767	0.061
	56 golpes	13.8	1.873	0.044		56 golpes	10.67	1.828	0.043
	13 golpes	16.62	1.656	0.410		13 golpes	17.09	1.680	0.160
12%	27 golpes	16.35	1.730	0.172	12%	27 golpes	15.54	1.746	0.072
	56 golpes	15.84	1.769	0.082		56 golpes	17.1	1.792	0.047

Nota: esta tabla muestra el contenido de humedad, máxima densidad seca e hinchamiento con la adición de 3 porcentajes de óxido de calcio tanto para la calicata 2 como la calicata 3.

Figura 11.

Curvas de CBR-Ds con 5%, 8% y 12% de adición de óxido de calcio para 95% y 100% de densidad seca máxima C2.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100% de la calicata 2

Tabla 22.

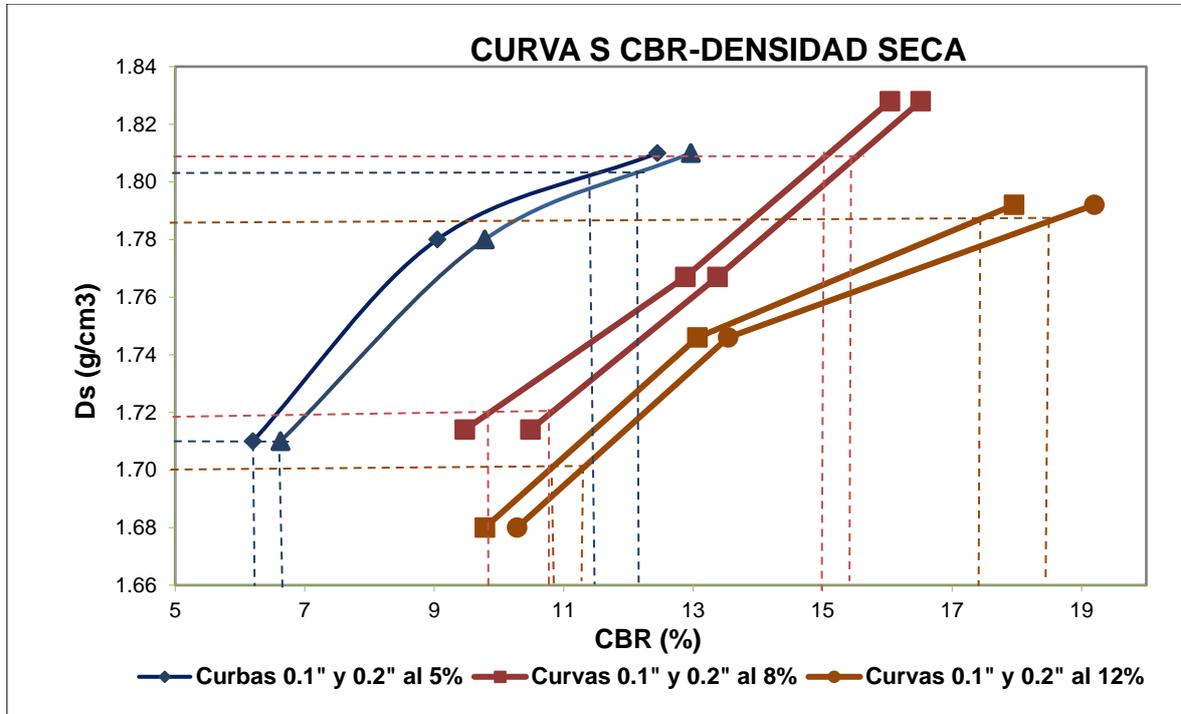
Cuadro resumen de densidad seca máxima de Proctor y CBR al 95% y 100% de D_s máxima de calicata 2 con adición de 5%,8% y 12% de óxido de calcio.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	5%	8%	12%
Densidad seca máxima al 100% (g/cm ³):	1.82	1.84	1.75
Densidad seca máxima al 95% (g/cm ³):	1.73	1.74	1.66
Contenido óptimo de humedad (%):	17.00	15.80	15.90
C.B. R	5%	8%	12%
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1")	11%	13%	16.80%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1")	8.2%	10.10%	9.54%
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2")	12.10%	14.10%	17.30%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2")	9%	10.76%	10.73%

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2", en el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el 0.2" habría que repetir el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1".

Figura 12.

Curvas de CBR-Ds con 5%, 8% y 12% de adición de óxido de calcio para 95% y 100% de densidad seca máxima C3.



Nota: El gráfico muestra las curvas de CBR-Ds de la cual se tomará los valores interceptados para CBR de la Ds al 95% y 100% de la calicata 3.

Tabla 23.

Cuadro resumen de densidad seca máxima de Proctor y CBR al 95% y 100% de Ds máxima de calicata 3 con adición de 5%,8% y 12% de óxido de calcio.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	5%	8%	12%
Densidad seca máxima al 100% (g/cm ³):	1.80	1.81	1.79
Densidad seca máxima al 95% (g/cm ³):	1.71	1.72	1.70
Contenido óptimo de humedad (%):	16.80	16.30	16.70
C.B.R			
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.1")	11%	15%	17%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.1")	6%	10%	10.90%
C.B.R al 100% de la densidad seca máxima (0.2")	11.90%	15.40%	18.40%
C.B.R al 95% de la densidad seca máxima (0.2")	6.63%	10.70%	11.10%

Nota: Según ASTM menciona que el valor que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2", en el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el 0.2" se volvería a realizar el ensayo para ese espécimen; por lo tanto, este cuadro muestra los valores de CBR al 0.1".

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos para límite líquido se pudo hacer una comparación de valores en base a la tesis nacional citada de Anyaypoma (2014) en la cual menciona que con la adición de porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6% el comportamiento del límite líquido disminuye, teniendo su máxima disminución la muestra con cal al 4% con un 57.15 de un 67.57 mientras que en nuestros valores obtenidos de límite líquido al 5%, 8% y 12% tenemos una disminución pero mucho más elevada ya que en el ensayo patrón para la calicata 2 obtuvimos un límite líquido de 46.05 y con la adición del óxido de calcio registramos una disminución casi a la mitad siendo para el 5% un valor de 20.49, para el 8% 20.86 y para el 12% 20.95. coincidiendo de cierta manera con la tesis mencionada ya que el 5% presenta el límite líquido menor representando el 44.49% de disminución. Por otro lado, en el ensayo patrón de la calicata 3 obtuvimos un límite líquido de 42.38 y con la adición del óxido de calcio registramos los siguientes valores; para un 5% un valor de 18.39, para 8% un valor de 17.04 y para 12% un valor de 17.69 verificando que el valor menor registrado se obtiene con una adición de 8% de cal representando una disminución del 40.21%. según el (MTC, 2013) menciona que para estabilizar un suelo deberá presentar un límite líquido inferior a 40 determinados según normas ensayo MTC E110 y MTC E111.

En cuanto a los resultados obtenidos para límite plástico e índice de plasticidad en nuestra calicata 1 no se encontró un suelo plástico por lo tanto no se realizó el mejoramiento que si se elaboró en las calicatas 2 y 3 las cuales en los ensayos iniciales patrón se obtuvo como límite plástico para la calicata 2 el valor de 23.71 y de índice plástico 22.34, mientras que para la calicata 3 se obtuvo un valor de 23.14 para límite plástico y 19.25 para índice de plasticidad en los cuales mediante clasificación SUCS se obtiene como resultado a arcillas

de plasticidad media y mediante clasificación ASSTHO se tiene un suelo arcilloso de tipo A-7-6; según la tesis nacional citada Mamani y Ramirez (2020) por agregar 10% de óxido de calcio confirma la reducción de límite líquido como de límite plástico lo cual se pudo comprobar al adicionar el 5%, 8% y 12% de óxido de calcio resultando así un suelo sin límite de plasticidad y con índice de plasticidad (NP) tanto para la calicata 2 y 3 ya que la cal absorbe el agua y encapsula las partículas de arcilla dando como resultado un suelo no plástico (NP).

De acuerdo a los resultados evidenciados de Proctor modificado se obtuvo para contenido óptimo de humedad en ensayos patrón valores elevados como 23.4 para calicata 1, 27.1 para calicata 2 y 31.7 para calicata 3, mientras que para densidad máxima seca se obtuvo el valor de 1.47, 1.67 y 1.55 respectivamente; cabe mencionar que en la calicata 1 no se realizó el mejoramiento pero para la calicata 2 y 3 al realizar la adición de óxido de calcio en sus distintos porcentajes se evidenció que el contenido óptimo de humedad disminuyó para los 3 porcentajes de la calicata 2 y de igual manera para la calicata 3; caso contrario sucedió con los valores de densidad máxima seca ya que los valores se elevaron a comparación de los ensayos patrón siendo el de mayor valor de densidad seca el de 8% de óxido de calcio con 1.835 para la calicata 2 y 1.809 para 8% de la calicata 3.

Según la tesis nacional citada Tacca (2021) en sus dosificaciones de óxido de calcio al 4%, 8% y 12% se evidencia que su contenido de humedad al 4% aumenta a comparación del suelo natural, mientras que para 8% y 12% el contenido de humedad disminuye lo cual pasa con los resultados que obtuvimos al aplicar 5%, 8% y 12% de óxido de calcio ya que todos nuestros valores de contenido de humedad disminuyeron a comparación con nuestro ensayo patrón; mientras que en la densidad seca máxima para CBR todos los valores aumentaron en comparación con el ensayo patrón, lo cual sucedió todo lo contrario con el hinchamiento ya que en los ensayos patrón se obtuvo mayor porcentaje de hinchamiento

mientras que con la adición de óxido de calcio en sus diferentes proporciones el hinchamiento fue mínimo tanto para la calicata 2 y 3.

Respecto de los valores de resistencia CBR los comparamos con la tesis nacional citada Tacca (2021) en la cual en sus diferentes dosificaciones de óxido de calcio se observó que el suelo tratado con 12% de cal tuvo un CBR (100% 0.1") de 43.48%, mientras que el suelo tratado con 8% de cal tuvo un CBR (100% 0.1") de 38.63%. El suelo tratado con 4% de cal tuvo un CBR (100% 0.1") de 28.97%, ambos significativamente superiores a los CBR (100% 0.1") del suelo natural. De igual manera evidenciamos en laboratorio el aumento de resistencia según el porcentaje de óxido de calcio ya que para la calicata 2 a un 12% de óxido de calcio da 16.80% de CBR al (100%) siendo éste el mayor; para un 8% de CBR (100%) el valor de 13% y para una adición de 5% un CBR (100%) de 11% siendo éste el menor; mientras que para la calicata 3 se obtuvo los siguientes valores; para 12% un valor de 17.20% de CBR (100%) siendo el valor mayor, para la dosificación de 8% se obtuvo un 15% de CBR(100%) y para 5% de adición de cal se obtuvo un 11.30% de CBR(100%) siendo éste el menor. De acuerdo a estos datos podemos notar la tendencia del CBR ya que se aprecia que es una función creciente es decir que a medida que se aumenta el óxido de calcio al suelo natural también se incrementa el porcentaje de CBR, cabe mencionar que en este estudio no se verificó cual es el porcentaje máximo de adición de óxido de calcio con el cual se obtiene mayores resultados, por lo tanto, se deja abierta la incógnita para futuros estudios sobre el tema tratado.

En el estudio tratado se ha tenido limitaciones en las condiciones climáticas ya que la temporada de lluvias influye en las propiedades del suelo debido a que puede infiltrarse alcanzando las capas más profundas alterando su composición y características físicas, ya sea por haber causado lixiviación lo cual interfiere en su composición química, o cambios en la humedad del suelo, aunque las muestras se hayan secado antes de la elaboración de ensayos, las lluvias pueden alterar temporalmente las condiciones de humedad del suelo en el lugar de extracción de las muestras. Esto podría influir en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, incluso después de que las muestras se hayan secado.

Otra de las limitaciones en la investigación fue la selección de ubicación en la elaboración de calicatas, si bien es cierto nos guiamos del manual del MTC para considerar la distancia y excavar las calicatas, se tuvo como limitación la identificación errónea de la composición de suelo en una de las calicatas ya que inicialmente se identificó como las demás a simple vista como un suelo arcilloso, pero luego al realizar los ensayos se verificó que se trataba de un suelo limo arenoso lo cual no era apto para realizar el estudio de mejoramiento con óxido de calcio ya que no cumplía con las características de estudio.

Otra de las limitaciones fue la generalización de los resultados de la investigación en otros contextos geográficos o geológicos, es decir, aunque los resultados obtenidos con la adición de óxido de calcio a los porcentajes del 5%, 8%, y 12% son prometedores para mejorar las propiedades del suelo en la carretera de estudio, se reconoce la limitación de la generalización de estos resultados a otros contextos ya que podría verse limitada debido a las variaciones inherentes en las propiedades del suelo, las características específicas del suelo, el clima, la topografía y otros factores del lugar de estudio. Cajamarca pueden diferir significativamente de otras regiones, lo que podría influir en la efectividad de los porcentajes específicos de óxido de calcio utilizados.

Este estudio tubo como implicancia mejorar la subrasante de una carretera ayudando así a la calidad de vida de la población, puesto que mediante la adición de óxido de calcio se mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo generando así una disminución drástica de la humedad del suelo por hidratación y evaporación tras el mezclado con tierra arcillosa mejorando la trabajabilidad y resistencia a la compresión, con ello se incrementa la durabilidad, cohesión y también disminuye los problemas que presentan en este tipo de carreteras como, el desgaste por erosión a causa de las precipitaciones pluviales. dicha investigación proporciona una estrategia viable y sostenible para mejorar la capacidad portante de suelos arcillosos en carreteras. Esta técnica no solo contribuye a la seguridad vial, sino que también puede reducir la necesidad de utilizar recursos naturales como canteras de material de préstamo, promoviendo así prácticas de construcción más sostenibles y el desarrollo socioeconómico de las comunidades locales, permitiendo un intercambio más eficiente de bienes y servicios.

la investigación sugiere un posible descenso en los costos de mantenimiento de la carretera. Esto tiene implicancias económicas significativas, ya que podría traducirse en ahorros a largo plazo para los gobiernos locales y los usuarios de la vía, no se tienen datos específicos sobre los costos de materiales de cantera y cal en mayores cantidades, pero la eliminación o reducción de la necesidad de utilizar grandes cantidades de material de cantera para corregir problemas de capacidad portante podría traducirse en ahorros significativos ya que el uso de canteras significaría costear la extracción para luego zarandear el material y recién realizar su traslado desde puntos considerablemente alejados como se muestra en el anexo N° 77.

las implicancias de la investigación no solo abordan desafíos técnicos en la mejora de suelos arcillosos, sino que también tiene ramificaciones sociales, económicas y ambientales positivas.

Conclusiones

El estudio detallado sobre el efecto del óxido de calcio en el mejoramiento del suelo arcilloso para la subrasante de la carretera El Empalme-Catilluc ha proporcionado resultados significativos. Los tratamientos con óxido de calcio al 5%, 8%, y 12% han demostrado tener una influencia sustancial en diversas propiedades del suelo. En primer lugar, la reducción de la plasticidad, esto disminuye su tendencia a expandirse y contraerse con cambios de humedad, lo cual reduciría la posibilidad de fisurarse y asentarse. En segundo lugar, mejorará las propiedades mecánicas como una mejor compactación. Finalmente, el incremento de la capacidad portante, lo cual permitirá que soporte cargas más pesadas sin deformarse. con esto podemos afirmar nuestra hipótesis siendo la proporción más favorable el 12% de óxido de calcio.

Se logró determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos en el tramo Empalme-Catilluc de la provincia de San Miguel proporcionando información crucial para comprender la calidad y comportamiento del suelo. Estos análisis han revelado una serie de características que influyen en la estabilidad y capacidad portante, donde los principales hallazgos son la clasificación del suelo, contenido de humedad, densidad del suelo y capacidad portante, esto nos ayudó a tener conocimiento del tipo de suelo y su comportamiento donde se pudo observar que requiere de un mejoramiento de la subrasante.

El análisis de las propiedades físico-mecánicas del suelo al añadir óxido de calcio con dosificaciones al 5%, 8%, y 12% para el mejoramiento de la subrasante en el tramo Empalme-Catilluc de la provincia de San Miguel ha proporcionado información valiosa sobre el impacto de este agente estabilizador en las características del suelo. Los resultados obtenidos indican mejoras significativas en diversas propiedades, en las cuales se puede observar que en cuanto a límites de plasticidad la cal viva (óxido de calcio) es muy efectiva

para el secado de cualquier suelo con humedad. Tras el mezclado con la tierra arcillosa la cal viva absorbe el agua mediante una reacción exotérmica, reduciendo drásticamente la humedad del suelo por hidratación y evaporación, es por ellos que en las proporciones utilizadas se verificó que en un inicio el suelo natural tenía bastante plasticidad para luego disminuir con la adición del óxido de calcio convirtiéndose en un suelo no plástico y ayudando a una mejor trabajabilidad de este, así como una mejor compactación y un aumento en la capacidad portante.

Al adicionar el óxido de calcio al suelo natural tenemos como mejor resultado la dosificación del 12%, haciendo la comparación se obtuvo un incremento de valores iniciales al (100% 0.1") y (95% 0.1) de 0.66% y 0.49% respectivamente de la calicata 2 a valores de 16.80% y 9.54% al adicionar 12% de óxido de calcio en dicha calicata; mientras que en la calicata 3 se tenía un CBR al (100% 0.1") y (95% 0.1") de 0.68% y 0.43% respectivamente lo cual mejoró considerablemente a 17.20% y 10.9% ambos resultados según la categoría de subrasante del MTC (2013) se clasifica en una subrasante buena, entonces obteniendo los valores del CBR antes mencionados se recomienda la adición de óxido de calcio al 12% para estabilizar este suelo.

Referencias

Norma técnica de estabilizadores químicos (1109, M. E., 2004). Perú.

Altamirano Navarro, G., y Díaz Sandino, A. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí-Rivas*. Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. <https://repositorio.unan.edu.ni/6456/1/51667.pdf>

Anyaypoma, R. J. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Cajamarca - Perú.

Bañón, y Beviá. (2000). *Construcción y Mantenimiento Manual de Carreteras*. España: Enrique Ortiz e Hijos Contratista de Obras.

Bono, R. (2018). *Diseños Cuasi-Experimentales y Longitudinales*. Recuperado de <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (mayo de 2016). *Comunicaciones*. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Cuadros, C. (2017). *Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la Región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016*. Recuperado de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/297>

Del Castillo Benites F, S. V. (2021). *Estabilización de suelos con uso de aditivos químicos del camino vecinal Pampas de Cochaya, Olaya – Mache – Otuzco –La Libertad.* Trujillo.

Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (Cal y Cloruro de sodio).* Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24608/1/Tesis%201088%20-%20Guam%c3%a1n%20Iler%20Israel%20Isa%c3%adas.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación.* McGraw-Hill. Recuperado de <https://josetavarez.net/Compendio-Methodologia-de-la-Investigacion.pdf>

Huezo, H. y Orellana, A. (2009). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador.* Recuperado de https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2138/1/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_de_cal_en_caminos_de_baja_intensidad_vehicular_en_El_Salvador.pdf

Jara, R. (2016). *Efecto de la cal como estabilizante de un sustrato de suelo arcilloso.* Recuperado de <archivo:///D:/TESIS%20A%20REVISAR/tesis%20suelos/T%20631.4%20J37%202014.pdf>

Mamani, J. y Ramírez, M. (2020). *Análisis y evaluación de la estabilización de suelos arcillosos en la APV Picol Orcompugio mediante la adición de cal al 10% y puzolana volcánica de la cantera de Rqqchi al 15, 25 y 30% para subrasante de vías pavimentadas según el manual de carreteras.* Cuzco-Perú.

Melendrés, E. (2013). *Estabilización química con cal viva para carreteras con suelos arcillosos*. Recuperado de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/563>

MTC. (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Perú.

Otzen, T. y Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

Tacca, J. (2021). *Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento*. Lima, Perú.

Anexos

ANEXO N°1.

Visita y reconocimiento de la carretera.



Nota: Se observa deslizamientos debido a presencia de suelos arcillosos.

ANEXO N°2.

Calicata 1.



Nota: Extracción de muestra para ensayos de calicata – km 01+160.

ANEXO N°3.

Calicata 2



Nota: Excavación y extracción de muestra de la calicata 2 – km 03+160.

ANEXO N°4.

Calicata 3



Nota: Excavación y extracción de muestra de la calicata 3 – km 05+160.

ANEXO N°5. .

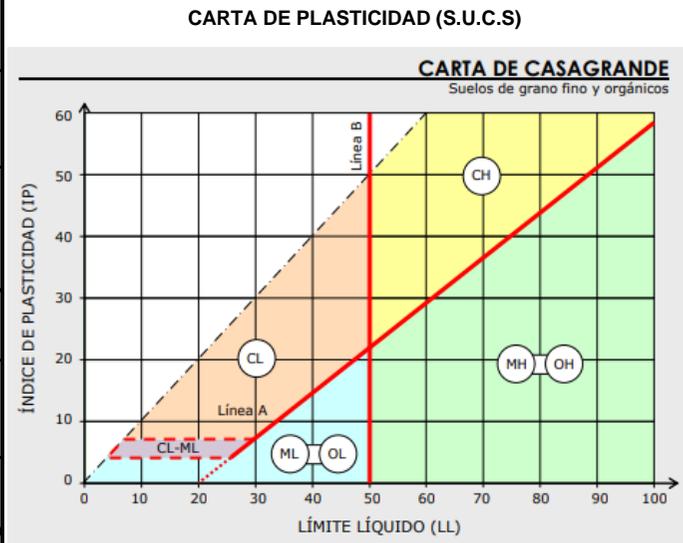
Tabla de clasificación según AASHTO

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Cu=D60/D10>4 Cc=(D30)2/D10xD60 entre 1 y 3		
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
		Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cu=D60/D10>6 Cc=(D30)2/D10xD60 entre 1 y 3	
				SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
	Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			

ANEXO N°6.

Tabla de clasificación según SUCS

SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	G= Grava, S=Arena, O=Suelo Organico, P=Turba M=Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduada, P=Mal Graduada, L=Baja Comprensibilidad, H=Alta Comprensibilidad
		CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
		CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
		OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.	
Suelos muy orgánicos	PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		



ANEXO N°7.

Granulometría por lavado.



Nota: La foto muestra el lavado de material en el tamiz n°200 para luego secar y tamizar y pesar el material retenido en cada tamiz.

ANEXO N°8.

Tabla de clasificación según ASTM

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo - arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7		
Subgrupo	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 (IP<LL-30)	> 42 (IP<LL-30)	
índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 11	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≥ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20		≤ 20	
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA							ACEPTABLE A MALA					

ANEXO N°9.

Límites de plasticidad.



Nota: La foto muestra la elaboración del ensayo límite líquido para luego elaborar límite plástico y hallar índices de plasticidad.

ANEXO N°10.

Tabla para clasificación de tipo de método.

MÉTODO	A	B	C
CONDICIONES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO	% Ret. Acum. N° 4 $\leq 20\%$	% Ret. Acum. 3/8" $\leq 20\%$	% Ret. Acum. 3/4" $\leq 30\%$
		% Ret. Acum. N° 4 $>20\%$	% Ret. Acum. 3/8" $>20\%$
TIPO DE MATERIAL UTILIZADO	Pasante la malla N° 4	Pasante la malla 3/8"	Pasante la malla 3/4"
N° DE CAPAS (N)	5	5	5
N° DE GOLPES(N)	25	25	56
DIÁMETRO DE MOLDE(CM)	10.16 \pm 0.04	10.16 \pm 0.04	10.16 \pm 0.04
ALTURA DEL MOLDE (CM)	11.64 \pm 0.05	11.64 \pm 0.05	11.64 \pm 0.05
VOLUMEN DEL MOLDE V (CM3)	944 \pm 0.14	944 \pm 0.14	944 \pm 0.14
PESO DEL MARTILLO W (KG)	4.54 \pm 0.01	4.54 \pm 0.01	4.54 \pm 0.01
ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (CM)	45.72 \pm 0.16	45.72 \pm 0.16	45.72 \pm 0.16
DIÁMETRO DEL MARTILLO(CM)	5.08 \pm 0.025	5.08 \pm 0.025	5.08 \pm 0.025
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN (KG/CM) CM3	27.485	27.485	27.363

ANEXO N° 11.

Proctor modificado.



Nota: La foto muestra la elaboración del ensayo Proctor modificado en el momento en el cual se enraza para luego pesar el molde con material húmedo.

ANEXO N°12.

Ensayo CBR.



Nota: La siguiente foto muestra la compactación por capa de material sin mejoramiento del ensayo CBR.

ANEXO N°13.

Ensayo EADES & GRIM.



Nota: La siguiente foto muestra la toma de valores de pH para suelos sin óxido de calcio y luego con adición de óxido de calcio en sus diferentes porcentajes (5%, 8%, 12%).

ANEXO N°14.

Ensayo límites de plasticidad con óxido de calcio.



Nota: La siguiente foto muestra la realización de ensayos de plasticidad aplicando diferentes porcentajes de cal (5%, 8%, 12%).

ANEXO N°15.

Ensayo Proctor modificado añadiendo óxido de calcio.



Nota: La foto muestra la mezcla realizada de suelo natural con óxido de calcio en sus diferentes porcentajes para la elaboración del ensayo Proctor modificado.

ANEXO N°16.

Ensayo CBR añadiendo óxido de calcio.



Nota: La foto muestra la compactación de material natural con óxido de calcio en sus diferentes porcentajes para la elaboración del ensayo CBR.

ANEXO N°17.

Pesado de muestras.



Nota: La foto muestra el pesado de muestras para ensayos de CBR.

ANEXO N° 18.

Ensayo de carga-penetración.



Nota: La presente foto muestra la exposición del suelo compactado a la máquina de penetración para ver la resistencia luego de adicionar óxido de calcio para su mejoramiento.

ANEXO N° 19.

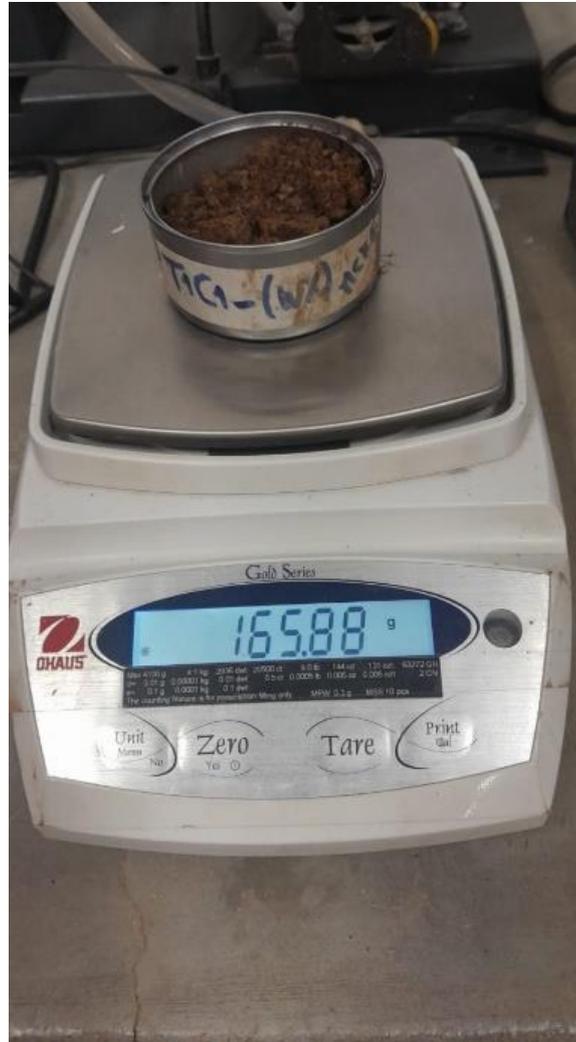
Elaboración de rotura de probetas en máquina de penetración.



Nota: La presente foto muestra la elaboración de ensayos de penetración bajo la supervisión de nuestro asesor Mario Carranza Liza y el encargado de laboratorio Jorge Hoyos Martínez.

ANEXO N°20.

Evidencia de peso de contenido de humedad calicata 1.



Nota: La presente foto muestra el peso del recipiente más la muestra húmeda.

ANEXO N°21.

Evidencia de peso de granulometría calicata 2.



Nota: La presente foto muestra el peso inicial para realizar la granulometría por lavado de la calicata 2.

ANEXO N°22.

Evidencia de peso de limite liquido calicata 1



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda calicata 1.

ANEXO N°23.

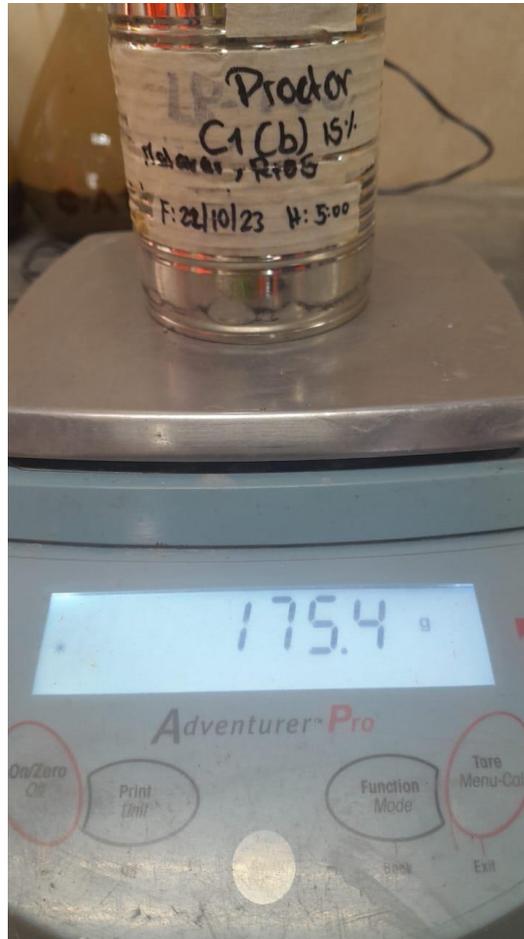
Evidencia de peso de limite liquido calicata 2



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra seca calicata 2.

ANEXO N°24.

Evidencia de peso de Proctor calicata 1.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda con 15% de agua parte b calicata 1.

ANEXO N°25.

Evidencia de peso de molde para Proctor.



Nota: La presente foto muestra el peso del molde para realizar el ensayo de Proctor.

ANEXO N°26.

Evidencia de peso de molde para CBR.



Nota: La presente foto muestra el peso del molde para realizar el ensayo de CBR.

ANEXO N°27.

Evidencia de peso de muestra calicata 3.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda para saber el porcentaje de humedad esta es de la parte b calicata 3.

ANEXO N°28.

Evidencia de peso de muestra calicata 2.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra seca de limite liquido con mejoramiento de óxido de calcio al 8% en calicata 2.

ANEXO N°29.

Evidencia de peso de muestra calicata 2.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda de limite liquido con mejoramiento de óxido de calcio al 12% en calicata 2.

ANEXO N°30.

Evidencia de peso de muestra calicata 2.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra seca del Proctor con mejoramiento de óxido de calcio al 5% en calicata 2.

ANEXO N°31.

Evidencia de peso de muestra calicata 3.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra seca del Proctor con mejoramiento de óxido de calcio al 12% en calicata 3.

ANEXO N°32.

Evidencia de peso de muestra calicata 2



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda para determinar el contenido de humedad del mejoramiento de óxido de calcio al 12% en calicata 2.

ANEXO N°33.

Evidencia de peso de muestra calicata 3.



Nota: La presente foto muestra el peso de la tara más muestra húmeda para determinar el contenido de humedad del mejoramiento de óxido de calcio al 8% en calicata 3.

ANEXO N°34.

Protocolo de contenido de humedad.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CH-LS-UPNC:	
NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127				
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"				
CALICATA:	1, 2, 3	TIPO DE MATERIAL:	C1, limo arenoso; C2 y C3, arcilloso de plasticidad media		
UBICACION:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	C1, marron claro(amarillento); C2 YC3, marron oscuro		
FECHA DE MUESTREO:	20 de Abril del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas		
FECHA DE ENSAYO:	20 de Abril del 2023	REVISADO POR:			

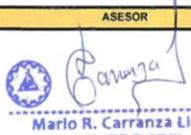
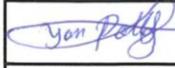
Temperatura de secado 110 °C	Método Horno 110 ± 5 °C
--	-----------------------------------

$$w\% = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} \times 100$$

CONTENIDO DE HUMEDAD (C1)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	identificación de recipiente o tara	gr	T1C1	T2C1	T3C1
B	peso de recipiente	gr	27.53	38.38	39.77
C	recipiente + suelo húmedo	gr	165.88	289.5	286.57
D	recipiente + suelo seco	gr	149.3	257.8	251.7
E	peso del material húmedo (Wmh) C-B	gr	138.350	251.120	246.800
F	peso suelo seco (Ws) D-B	gr	121.77	219.42	211.93
W%	porcentaje de humedad (E-F/F)*100	%	13.615833	14.447179	16.453546
G	promedio porcentaje humedad	%	14.839		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C2)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	identificación de recipiente o tara	gr	T1C2	T2C2	T3C2
B	peso de recipiente	gr	38.360	35.090	35.110
C	recipiente + suelo húmedo	gr	291.320	332.130	312.280
D	recipiente + suelo seco	gr	240.440	270.130	256.320
E	peso del material húmedo (Wmh) C-B	gr	252.960	297.040	277.170
F	peso suelo seco (Ws) D-B	gr	202.080	235.040	221.210
W%	porcentaje de humedad (E-F/F)*100	%	25.178	26.378	25.297
G	promedio porcentaje humedad	%	25.618		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C3)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	identificación de recipiente o tara	gr	T1C3	T2C3	T3C3
B	peso de recipiente	gr	35.140	35.260	35.750
C	recipiente + suelo húmedo	gr	335.610	372.300	366.770
D	recipiente + suelo seco	gr	268.000	298.360	295.100
E	peso del material húmedo (Wmh) C-B	gr	300.470	337.040	331.020
F	peso suelo seco (Ws) D-B	gr	232.860	263.100	259.350
W%	porcentaje de humedad (E-F/F)*100	%	29.035	28.103	27.634
G	promedio porcentaje humedad	%	28.257		

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
		
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL		MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 65922
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°35.

Protocolo de granulometría por lavado CI.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGT-LS-UPNC:	
	NORMA: ASTM D421				
	TESIS: "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"				
CALICATA:	1		TIPO DE MATERIAL:	Limo arenoso	
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO:	23 de Abril del 2023		RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas	
FECHA DE ENSAYO:	23 de Abril del 2023		REVISADO POR:		

Muestra lavada húmeda +tara (Wh + t)	460.75
Muestra seca + tara (Ws +Wt)	311.43
Peso de tara (Wt)	34.24
Muestra seca luego del lavado (Ws)	277.19
peso perdido luego del lavado (Ws* - Ws)	222.81
% de peso perdido pasante malla 200	44.562

Peso muestra seca, Ws*(gr)		500.00			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Malla	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	%RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.76	17.98	3.60	3.60	96.40
N° 10	2.00	29.31	5.86	9.46	90.54
N° 20	0.84	37.04	7.41	16.87	83.13
N° 30	0.59	18.99	3.80	20.66	79.34
N° 40	0.42	21.41	4.28	24.95	75.05
N° 60	0.25	45.07	9.01	33.96	66.04
N° 100	0.15	54.03	10.81	44.77	55.23
N° 200	0.074	53.36	10.67	55.44	44.56
Pérdida	Lavado	222.81	44.56	100.00	0.00
TOTAL		500.00	100.00		

Curva granulométrica

Díámetro de partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	44.56
0.15	55.23
0.3	66.04
0.6	75.05
1.2	79.34
2.5	83.13
5.0	90.54
10.0	96.40

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN	COORDINADOR DEL LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN FECHA:	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ FECHA:	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA:

ANEXO N°36.

Protocolo de granulometría por lavado C2.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGTL-LS-UPNC:	
NORMA:	ASTM D421				
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"				
CALICATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media		
UBICACION:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro		
FECHA DE MUESTREO:	23 de Abril del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas		
FECHA DE ENSAYO:	23 de Abril del 2023	REVISADO POR:			

Muestra lavada húmeda +tara (Wh + t)	506.58
Muestra seca + tara (Ws +Wt)	260.05
Peso de tara (Wt)	36.24
Muestra seca luego del lavado (Ws)	223.81
peso perdido luego del lavado (Ws* - Ws)	276.19
% de peso perdido pasante malla 200	55.238

Peso muestra seca, Ws*(gr)	500.00				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Malla	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	%RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.00	16.82	3.36	3.36	96.64
N° 20	0.84	19.13	3.83	7.19	92.81
N° 30	0.59	14.64	2.93	10.12	89.88
N° 40	0.42	20.06	4.01	14.13	85.87
N° 60	0.25	55.87	11.17	25.30	74.70
N° 100	0.15	49.53	9.91	35.21	64.79
N° 200	0.074	47.76	9.55	44.76	55.24
Pérdida	Lavado	276.19	55.24	100.00	0.00
TOTAL		500.00	100.00		

Curva granulométrica

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN	NOMBRE: JORGEL. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°37.

Protocolo de granulometría por lavado C3.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	AGTL-		
NORMA:	ASTM D421	LS-UPNC:			
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"				
CALICATA:	3	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media		
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro		
FECHA DE MUESTREO:	23 de Abril del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas		
FECHA DE ENSAYO:	23 de Abril del 2023	REVISADO POR:			

Muestra lavada húmeda + tara (Wh + t)	440.1
Muestra seca + tara (Ws +Wt)	228.15
Peso de tara (Wt)	33.42
Muestra seca luego del lavado (Ws)	194.73
peso perdido luego del lavado (Ws* - Ws)	305.27
% de peso perdido pasante malla 200	61.054

Peso muestra seca, Ws*(gr)	500.00
----------------------------	--------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Malla	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	%RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.76	1.45	0.29	0.29	99.71
N° 10	2.00	12.33	2.47	2.76	97.24
N° 20	0.84	16.85	3.37	6.13	93.87
N° 30	0.59	13.62	2.72	8.85	91.15
N° 40	0.42	19.26	3.85	12.70	87.30
N° 60	0.25	40.97	8.19	20.90	79.10
N° 100	0.15	45.44	9.09	29.98	70.02
N° 200	0.074	44.81	8.96	38.95	61.05
Pérdida	Lavado	305.27	61.05	100.00	0.00
TOTAL		500.00	100.00		

Curva granulométrica

Diámetro de partículas (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.074	61.05
0.15	70.02
0.25	79.10
0.42	87.30
0.60	91.15
0.84	93.87
1.50	97.24
4.76	99.71

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN 	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ FECHA:	 Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL C.I.P. 65922 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA:

ANEXO N°38.

Límites de plasticidad C1.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: LP-	
NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111	LS-UPNC	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	1	TIPO DE MATERIAL:	Limo arenoso
UBICACION:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro
FECHA DE MUESTREO:	25 de Abril del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	25 de Abril del 2023	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LIMITE LIQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1C1	T2C1	T3C1	T4C1
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	44.8	43.7	43.9	45.9
C	Suelo seco + recipiente	gr	42.83	42.21	42.58	44.59
D	Peso de recipiente	gr	35.79	35.23	35.31	35.95
E	Peso de agua	gr	1.97	1.49	1.32	1.31
F	Peso suelo seco	gr	7.04	6.98	7.27	8.64
G	Número de golpes	N°	15	24	29	32
H	Contenido de humedad	%	27.98	21.35	18.16	15.16

DETERMINACIÓN LIMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1C1	T2C1	T3C1	T4C1
B	Suelo húmedo + recipiente	gr				
C	Suelo seco + recipiente	gr				
D	Peso de recipiente	gr				
E	Peso de agua	gr				
F	Peso suelo seco	gr				
G	Contenido de humedad	%				
H	Promedio límite plástico	%		NP		

Límite Líquido (C1)

Contenido de humedad (W%) vs N° de golpes

Ecuación de la línea de tendencia: $y = -0.7373x + 39.095$

Límite Líquido:	LL =	20.66
Límite Plástico:	LP =	NP
Índice de Plasticidad :	IP =	NP

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN	NOMBRE: YAN POLL RÍOS CABANILLAS	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
	NOMBRE: YAN POLL RÍOS CABANILLAS	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	NOMBRE: YAN POLL RÍOS CABANILLAS	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°39.

Límites de plasticidad C2.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	LP-
NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111	LS-UPNC:	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	25 de Abril del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	25 de Abril del 2023	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1C2	T2C2	T3C2	T4C2
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	42.2	47.9	47.75	45.98
C	Suelo seco + recipiente	gr	40.71	45.03	44.99	43.49
D	Peso de recipiente	gr	37.55	38.92	38.97	37.9
E	Peso de agua	gr	1.49	2.87	2.76	2.49
F	Peso suelo seco	gr	3.16	6.11	6.02	5.59
G	Número de golpes	N°	18	21	27	34
H	Contenido de humedad	%	47.15	46.97	45.85	44.54

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1C2	T2C2	T3C2	T4C2
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	42.09	42.26	43.17	45.83
C	Suelo seco + recipiente	gr	41.36	41.37	42.4	44.39
D	Peso de recipiente	gr	38.35	37.63	39.13	38.19
E	Peso de agua	gr	0.73	0.89	0.77	1.44
F	Peso suelo seco	gr	3.01	3.74	3.27	6.2
G	Contenido de humedad	%	24.25	23.80	23.55	23.23
H	Promedio límite plástico	%	23.71			

Límite Líquido (C2)

Contenido de humedad (W%) vs N° de golpes

Ecuación: $y = -0.1483x + 49.757$

Limite Líquido:	LL =	46.05
Limite Plástico:	LP =	23.71
Índice de Plasticidad :	IP =	22.34

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		 Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 65922
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN		
	NOMBRE: YAN POLL RÍOS CABANILLAS	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°40.

Límites de plasticidad C3.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	LP-LS-
NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111	UPNC:	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	3	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	27 de Abril del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	27 de Abril del 2023	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1C3	T2C3	T3C3	T4C3
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	52.3	48.6	48.2	52.2
C	Suelo seco + recipiente	gr	47.07	44.78	44.47	47.21
D	Peso de recipiente	gr	35.05	35.75	35.6	35.15
E	Peso de agua	gr	5.23	3.82	3.73	4.99
F	Peso suelo seco	gr	12.02	9.03	8.87	12.06
G	Número de golpes	N°	14	24	30	35
H	Contenido de humedad	%	43.51	42.30	42.05	41.38

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	
A	Identificación de recipiente	N°	T1C3	T2C3	T3C3	T4C3	
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	39.69	45.75	45.74	46.96	
C	Suelo seco + recipiente	gr	38.87	44.42	44.36	45.44	
D	Peso de recipiente	gr	35.32	38.63	38.44	38.88	
E	Peso de agua	gr	0.82	1.33	1.38	1.52	
F	Peso suelo seco	gr	3.55	5.79	5.92	6.56	
G	Contenido de humedad	%	23.10	22.97	23.31	23.17	
H	Promedio límite plástico	%	23.14				

Límite Líquido (C3)

Contenido de humedad (W%) vs N° de golpes

Ecuación: $y = -0.0972x + 44.813$

Límite Líquido:	LL =	42.38
Límite Plástico:	LP =	23.14
Índice de Plasticidad:	IP =	19.25

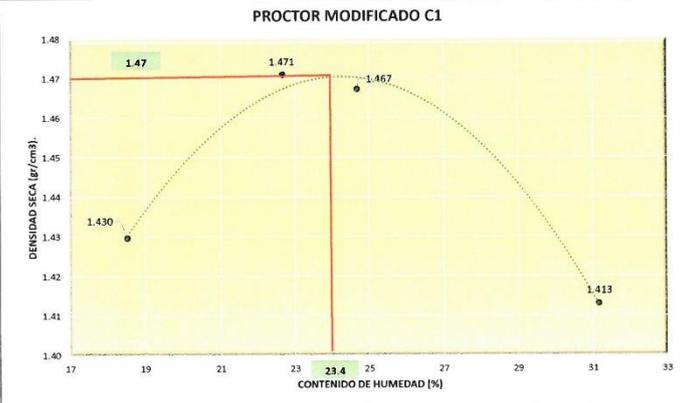
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA:	 NOMBRE: YAN POLL RÍOS CABANILLAS FECHA:	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA:

ANEXO N°41.

Proctor modificado C1.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO						CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			CPM-LS
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141						UPNC:			
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"									
CALICATA:	I			TIPO DE MATERIAL:			Limo arenoso			
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón claro			
FECHA DE MUESTREO:	29 de Abril del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdan, Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:	29 de Abril del 2023			REVISADO POR:						

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	2 (11%)		3 (13%)		5 (15%)		6 (17%)	
A	Peso Molde	gr	3953.0		3953.0		3940.0		3940.0	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5500.0		5600.0		5620.0		5642	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1547.0		1647.0		1680.0		1702.0	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	913.0		913.0		918.3		918.34	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm ³	1.7		1.804		1.829		1.853	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	35.55	38.7	38.76	36.02	36.74	37.8	37.86	36.92
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	173.58	219.98	121.47	174.95	130.43	175.4	101.84	162.28
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	152.5	191	106.28	149.15	111.99	148	155.88	132
K	Peso del Agua (I-J)	gr	21.08	28.98	15.19	25.8	18.44	27.4	35.96	30.28
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	116.95	152.3	67.52	113.13	75.25	110.2	118.02	95.08
M	Contenido de Humedad Óptimo (W _p =(K/L)*100)	%	18.0248	19.02823	22.49704	22.80562	24.50498	24.88388	30.46041	31.84687
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	18.53		22.65		24.68		31.16	
O	Densidad Seca Máxima; D _s	gr/cm ³	1.430		1.471		1.467		1.413	

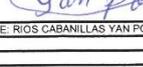
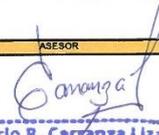


PROCTOR MODIFICADO C1

DENSIDAD SECA (gr/cm³) vs CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 23.4

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.470

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: MALAVER CERDAN KARLA GABRIELA  NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA:	 NOMBRE: ROYAL ROMERO FECHA:	  NOMBRE: ING. MARIO R. CABRANZA LIZA INGENIERO CIVIL FECHA: 07/05/23

ANEXO N°42.

Proctor modificado C2.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA												
PROTOCOLO												
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO						CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPMLLS					
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141						UPN/C					
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"											
CALICATA:	2			TIPO DE MATERIAL:				Arcilloso				
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:				Marrón oscuro				
FECHA DE MUESTREO:	02 de Mayo del 2023			RESPONSABLE:				Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas				
FECHA DE ENSAYO:	02 de Mayo del 2023			REVISADO POR:								

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (9%)		2 (11%)		3 (13%)		5 (15%)		6 (17%)	
A	Peso Molde	gr	3953.0		3953.0		3953.0		3940.0		3940.0	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5720		5820		5870		5900		5880	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1767.0		1867.0		1917		1960.0		1940.0	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	912.95		912.95		912.95		918.34		918.34	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm ³	1.935		2.045		2.100		2.134		2.113	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	38.48	38.71	36.37	36.98	41.65	36.48	35.6	38.8	38.8	36.1
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	112.48	138.8	111.53	138.6	117	179.8	158.8	181.1	180.8	234.7
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	98.87	121.25	96.9	118.9	101.8	150.44	131.01	147.75	146.25	185.68
K	Peso del Agua (I-J)	gr	13.61	17.6	14.63	19.7	15.4	29.36	27.79	33.35	34.55	49.02
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	60.39	82.54	60.53	81.92	59.95	113.96	95.41	108.95	107.45	149.58
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%= (KL)*100)	%	22.53684	21.27453	24.16983	24.04785	25.68807	25.76343	29.12693	30.61037	32.15449	32.77176
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	21.91		24.11		25.73		29.87		32.46	
O	Densidad Seca Máxima, Ds	gr/cm ³	1.588		1.648		1.670		1.670		1.595	

PROCTOR MODIFICADO C2

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 27.100

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.672

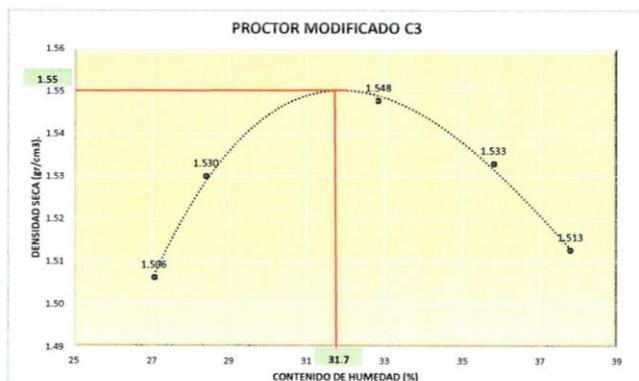
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	 NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL
FECHA:	FECHA:	FECHA:

Proctor modificado C3.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA													
PROTOCOLO													
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO						CÓDIGO DEL DOCUMENTO:					
NORMA:		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141						LPNC: CPM-LS					
PROYECTO:		"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"											
CALICATA:		3		TIPO DE MATERIAL:				Arcilloso					
UBICACIÓN:		El empalme - Catilluc				COLOR DE MATERIAL:				Marrón oscuro			
FECHA DE MUESTREO:		02 de Mayo del 2023				RESPONSABLE:				Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:		02 de Mayo del 2023				REVISADO POR:							

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (9%)		2 (11%)		3 (13%)		4 (15%)		5 (17%)	
A	Peso Molde	gr	3953.0		3953.0		3953.0		3940.0		3941.0	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5700		5810		5830		5876		5855	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1747.0		1857.0		1877.0		1936.0		1914.0	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	912.95		912.95		912.95		918.34		918.34	
F	Densidad húmeda: (D _h =C/D)	gr/cm ³	1.914		2.034		2.056		2.108		2.084	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	38.48	38.71	36.37	36.98	41.65	36.48	40.33	35.78	36.67	35.53
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	107.9	155.70	134.4	116.9	181.41	222.64	184.33	180.48	184.02	240.13
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	93	131	113	99	147.48	175.81	147.13	141.6	143.79	183.78
K	Peso del Agua (I-J)	gr	14.9	24.7	21.4	17.9	33.93	46.83	37.2	38.88	40.23	56.35
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	54.52	92.29	76.63	62.02	105.83	139.33	106.8	105.82	107.12	148.25
M	Contenido de Humedad Óptimo (W _p =(K _L)*100)	%	27.32942	26.76346	27.9264	28.86166	32.06085	33.61085	34.83146	36.74164	37.55601	38.01012
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	27.05		28.39		32.84		35.79		37.78	
O	Densidad Seca Máxima; D _s	gr/cm ³	1.506		1.530		1.548		1.533		1.513	

PROCTOR MODIFICADO C3



ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 31.700

MÁXIMA DENSIDAD SECA, D_s: 1.550

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA		NOMBRE: Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 85927
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	NOMBRE: <i>[Signature]</i>	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

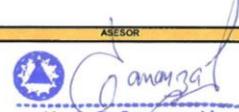
ANEXO N°44.

Ensayo CBR CI

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					CBR-LS-UPNC			
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA:	1		TIPO DE MATERIAL:			Limo arenoso			
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:			Marrón claro			
FECHA DE MUESTREO:	08 de Mayo del 2023		RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:	08 de Mayo del 2023		REVISADO POR:						

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por capa		13		27		56				
Condición de muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7216	7216	8020	8020	7975	7975			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	9823	10500	10929	11700	10837	11810			
Peso Muestra húmeda	gr	2607	3284	2909	3680	2862	3835			
Volumen Muestra húmeda	cm ³	1399.6	1443.2	1548.5	1572.4	1548.5	1564.9			
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.86	2.28	1.88	2.34	1.85	2.45			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	39.10	39.40	39.60	35.40	34.80	34.79	36.70	38.80	39.01
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	113.80	144.40	199.05	120.20	140.20	152.03	148.81	125.86	150.04
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	94.90	120.00	151.03	100.30	116.90	120.50	119.20	118.20	118.82
Peso del Agua	gr	18.90	24.40	48.02	19.90	23.30	31.53	29.61	7.66	31.22
Peso Muestra Seca	gr	55.80	80.60	111.43	64.90	82.10	85.71	80.50	79.40	79.81
Contenido de Humedad ; W%	%	32.07		43.09	29.52		36.79		23.21	
Promedio Contenido de Humedad	%	37.58			33.15			31.17		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.410			1.450		1.500			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.00	1.00	1.103	1.103	1.05	0.94	0.94	0.82	0.82	0.82	0.72
48.00	2.00	1.82	1.82	1.74	1.23	1.23	1.08	0.91	0.91	0.80
72.00	3.00	2.65	2.65	2.53	1.57	1.57	1.38	1.04	1.04	0.92
96.00	4.00	3.164	3.164	3.02	1.738	1.738	1.52	1.192	1.192	1.05

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
 NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°45.

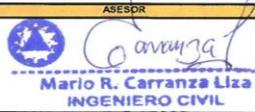
Ensayo CBR C2

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					LS-UPNC CBR-	
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"						
CALICATA:	2		TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso	
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro	
FECHA DE MUESTREO:	08 de Mayo del 2023		RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas	
FECHA DE ENSAYO:	08 de Mayo del 2023		REVISADO POR:				

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7967	7967	8200	8200	8060	8060
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	10793	11700	11393	12548	11475	12656
Peso Muestra húmeda	gr	2826	3733	3193	4348	3415	4596
Volumen Muestra húmeda	cm ³	1400.93	1470.51	1547.09	1612.50	1549.85	1613.55
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.017	2.5	2.064	2.7	2.203	2.8

CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	37.87	38.61	38.02	40.79	37.11	38.23	36.50	36.50	36.48
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	124.08	119.01	304.02	138.21	167.90	270.03	178.80	175.30	187.04
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	107.80	101.00	239.39	112.67	149.67	210.32	148.00	143.20	145.70
Peso del Agua	gr	16.28	18.01	64.63	25.54	18.23	59.71	30.80	32.10	41.34
Peso Muestra Seca	gr	69.03	62.39	201.37	71.88	112.56	172.09	111.50	106.70	109.22
Contenido de Humedad ; W%	%	26.07			25.86			28.85		
Promedio Contenido de Humedad	%	29.08			30.28			33.35		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.600			1.640			1.710		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Dias	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.00	1.00	4.52	4.52	4.24	3.975	3.975	3.40	2.971	2.971	2.54
48.00	2.00	4.76	4.76	4.46	4.4	4.4	3.76	3.67	3.67	3.14
72.00	3.00	5	5	4.69	4.685	4.685	4.01	4.51	4.51	3.85
96.00	4.00	5.046	5.046	4.73	4.744	4.744	4.06	4.62	4.62	3.95

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO  NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	COORDINADOR DE LABORATORIO  NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	ASESOR   NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

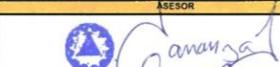
ANEXO N°46.

Ensayo CBR C3.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS			
	NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					UPN/C			
	PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA:	3		TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso				
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro				
FECHA DE MUESTREO:	09 de Mayo del 2023		RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán, Yan Poli Ríos Cabanillas				
FECHA DE ENSAYO:	09 de Mayo del 2023		REVISADO POR:							

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por capa		13		27		56				
Condición de muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7764	7764	7985	7985	7800	7800			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	10341	11120	10975	12000	11006	11423			
Peso Muestra húmeda	gr	2577	3356	2990	4015	3206	3623			
Volumen Muestra húmeda	cm ³	1399.55	1460.77	1548.47	1651.09	1548.47	1623.95			
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.841	2.297	1.931	2.432	2.070	2.231			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	39.10	39.40	39.67	35.40	34.80	34.83	38.80	38.70	39.00
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	154.90	147.10	152.24	163.40	179.80	158.05	174.60	157.20	129.07
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	138.50	117.70	123.39	127.80	156.80	123.32	143.80	124.70	102.60
Peso del Agua	gr	16.40	29.40	28.85	35.60	23.00	34.73	30.80	32.50	26.47
Peso Muestra Seca	gr	99.40	78.30	83.72	92.40	122.00	88.49	105.00	86.00	63.60
Contenido de Humedad ; W%	%	27.02		34.46	28.69		39.25	33.56		41.62
Promedio Contenido de Humedad	%	30.74			33.97			37.59		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.450			1.500			1.550		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.00	1.00	4.07	4.07	3.84	0.171"	4.3434	3.63	3.29	3.29	2.79
48.00	2.00	4.27	4.27	4.03	0.194"	4.9276	4.12	3.72	3.72	3.16
72.00	3.00	4.33	4.33	4.09	0.279"	7.0866	5.92	4.82	4.82	4.09
96.00	4.00	4.44	4.44	4.19	0.293"	7.4422	6.22	5.474	5.474	4.65

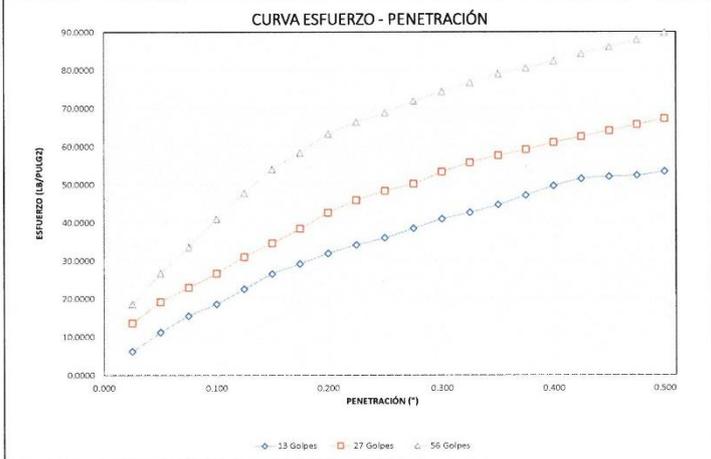
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO  NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	COORDINADOR DE LABORATORIO  NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	ASESOR   NOMBRE: ING MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°47.

CBR CI.

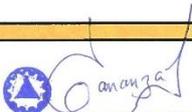
	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM:
	NORMA:	MTCE 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429	LS-UPNC
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	1	TIPO DE MATERIAL:	Limo arenoso
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro
FECHA DE MUESTREO:	11 de Mayo del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	11 de Mayo del 2023	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pf	kg	kg/cm ²	Lb/pf	kg	kg/cm ²	Lb/pf
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	25.4000	1.3093	6.1933	55.8800	2.8804	13.6252	76.2000	3.9278	18.5798
1.270	0.050	45.7200	2.3567	11.1479	78.7400	4.0588	19.1991	109.2200	5.6299	26.6310
1.905	0.075	63.5000	3.2732	15.4832	93.9800	4.8443	22.9151	137.1600	7.0701	33.4436
2.540	0.100	76.2000	3.9278	18.5798	109.2200	5.6299	26.6310	167.6400	8.6412	40.8755
3.175	0.125	92.4560	4.7658	22.5435	127.0000	6.5464	30.9663	195.5800	10.0814	47.6881
3.810	0.150	108.7120	5.6037	26.5072	141.7320	7.3058	34.5584	220.9800	11.3907	53.8814
4.445	0.175	119.3800	6.1536	29.1083	157.4800	8.1175	38.3982	238.7600	12.3072	58.2167
5.080	0.200	130.5560	6.7297	31.8334	174.4980	8.9947	42.5477	259.0800	13.3546	63.1713
5.715	0.225	139.7000	7.2010	34.0629	187.9600	9.6887	45.8301	271.7800	14.0093	66.2679
6.350	0.250	147.3200	7.5938	35.9209	198.1200	10.2124	48.3074	281.9400	14.5330	68.7452
6.985	0.275	157.4800	8.1175	38.3982	205.7400	10.6052	50.1654	294.6400	15.1876	71.8418
7.620	0.300	167.6400	8.6412	40.8755	218.4400	11.2598	53.2621	304.8000	15.7113	74.3191
8.255	0.325	174.4980	8.9947	42.5477	228.6000	11.7835	55.7394	314.9600	16.2351	76.7964
8.890	0.350	182.8800	9.4268	44.5915	236.2200	12.1763	57.5973	323.8500	16.6933	78.9641
9.525	0.375	193.0400	9.9505	47.0688	242.5700	12.6036	59.1456	330.2000	17.0206	80.5124
10.160	0.400	203.2000	10.4742	49.5461	250.1900	12.8964	61.0036	337.8200	17.4134	82.3704
10.795	0.425	210.8200	10.8670	51.4041	256.5400	13.2237	62.5519	345.4400	17.8062	84.2284
11.430	0.450	213.1060	10.9848	51.9615	262.8900	13.5510	64.1003	353.0600	18.1990	86.0863
12.065	0.475	214.3760	11.0503	52.2711	269.2400	13.8784	66.6486	360.6800	18.5918	87.9443
12.700	0.500	218.4400	11.2598	53.2621	275.5900	14.2057	67.1969	368.3000	18.9845	89.8023



ESFUERZO (kg/pulg²) vs PENETRACIÓN (")

Legend: 13 Golpes (blue diamonds), 27 Golpes (orange squares), 56 Golpes (grey triangles)

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO  NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN	COORDINADOR DE LABORATORIO  NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	ASESOR   NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL
 NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°48.

CBR C2.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR				CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM.			
NORMA:		MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429				LS-1/PNC:			
PROYECTO:		"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"							
CALICATA:		2		TIPO DE MATERIAL:		Arcilloso			
UBICACIÓN:		El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:		Marrón oscuro			
FECHA DE MUESTREO:		11 de Mayo del 2023		RESPONSABLE:		Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:		11 de Mayo del 2023		REVISADO POR:					

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pf	kg	kg/cm ²	Lb/pf	kg	kg/cm ²	Lb/pf
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	7.6200	0.3928	1.8580	10.1600	0.5237	2.4773	10.6680	0.5499	2.6012
1.270	0.050	8.8900	0.4582	2.1676	16.5100	0.8510	4.0256	17.7800	0.9165	4.3353
1.905	0.075	12.7000	0.6546	3.0966	20.3200	1.0474	4.9546	25.4000	1.3093	6.1933
2.540	0.100	17.7800	0.9165	4.3353	25.4000	1.3093	6.1933	30.4800	1.5711	7.4319
3.175	0.125	20.3200	1.0474	4.9546	29.2100	1.5057	7.1223	36.8300	1.8985	8.9802
3.810	0.150	22.8600	1.1784	5.5739	33.0200	1.7021	8.0512	41.9100	2.1603	10.2189
4.445	0.175	22.8600	1.1784	5.5739	36.8300	1.8985	8.9802	46.9900	2.4222	11.4575
5.080	0.200	22.8600	1.1784	5.5739	40.6400	2.0948	9.9092	50.8000	2.6186	12.3865
5.715	0.225	24.1300	1.2438	5.8836	41.9100	2.1603	10.2189	55.8800	2.8804	13.6252
6.350	0.250	24.3840	1.2569	5.9455	43.1800	2.2258	10.5285	58.4200	3.0113	14.2445
6.985	0.275	25.4000	1.3093	6.1933	45.7200	2.3567	11.1479	60.9600	3.1423	14.8638
7.620	0.300	25.4000	1.3093	6.1933	46.9900	2.4222	11.4575	63.5000	3.2732	15.4832
8.255	0.325	25.4000	1.3093	6.1933	50.2920	2.5924	12.2627	66.0400	3.4041	16.1025
8.890	0.350	26.4160	1.3616	6.4410	50.8000	2.6186	12.3865	66.0400	3.4041	16.1025
9.525	0.375	26.6700	1.3747	6.5029	52.0700	2.6840	12.6962	67.3100	3.4696	16.4121
10.160	0.400	27.9400	1.4402	6.8126	53.3400	2.7495	13.0058	67.3100	3.4696	16.4121
10.795	0.425	27.9400	1.4402	6.8126	54.6100	2.8149	13.3155	68.5800	3.5351	16.7218
11.430	0.450	27.9400	1.4402	6.8126	55.8800	2.8804	13.6252	69.8500	3.6005	17.0315
12.065	0.475	28.7020	1.4795	6.9984	55.8800	2.8804	13.6252	71.1200	3.6660	17.3411
12.700	0.500	29.2100	1.5057	7.1223	56.3880	2.9066	13.7490	71.1200	3.6660	17.3411

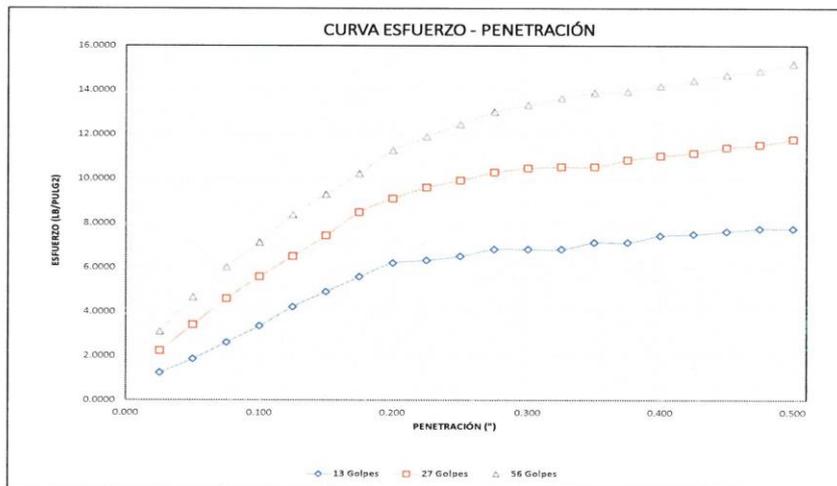
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN	COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL
 NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°49.

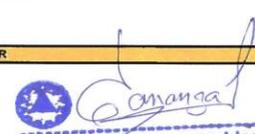
CBR C3

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		US-UPNC:
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	3	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	15 de Mayo del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	15 de Mayo del 2023	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga kg	Esfuerzo		Carga kg	Esfuerzo		Carga kg	Esfuerzo	
			kg/cm²	Lb/pl²		kg/cm²	Lb/pl²		kg/cm²	Lb/pl²
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	5.0800	0.2619	1.2386	9.1440	0.4713	2.2296	12.7000	0.6546	3.0966
1.270	0.050	7.6200	0.3928	1.8579	13.9700	0.7201	3.4063	19.0500	0.9820	4.6449
1.905	0.075	10.6680	0.5499	2.6010	18.7960	0.9689	4.5830	24.6380	1.2700	6.0075
2.540	0.100	13.7160	0.7070	3.3442	22.8600	1.1784	5.5739	29.2100	1.5057	7.1223
3.175	0.125	17.2720	0.8903	4.2112	26.6700	1.3747	6.5029	34.2900	1.7675	8.3609
3.810	0.150	20.0660	1.0343	4.8924	30.4800	1.5711	7.4319	38.1000	1.9639	9.2899
4.445	0.175	22.8600	1.1784	5.5737	34.7980	1.7937	8.4848	41.9100	2.1603	10.2189
5.080	0.200	25.4000	1.3093	6.1930	37.3380	1.9246	9.1041	46.2280	2.3829	11.2717
5.715	0.225	25.9080	1.3355	6.3168	39.3700	2.0294	9.5996	48.7680	2.5138	11.8911
6.350	0.250	26.6700	1.3747	6.5026	40.6400	2.0948	9.9092	51.0540	2.6316	12.4485
6.985	0.275	27.9400	1.4402	6.8123	42.1640	2.1734	10.2808	53.3400	2.7495	13.0058
7.620	0.300	27.9400	1.4402	6.8123	42.9260	2.2127	10.4666	54.6100	2.8149	13.3155
8.255	0.325	27.9400	1.4402	6.8123	43.1800	2.2258	10.5285	55.8800	2.8804	13.6252
8.890	0.350	29.2100	1.5057	7.1219	43.1800	2.2258	10.5285	56.8960	2.9328	13.8729
9.525	0.375	29.2100	1.5057	7.1219	44.4500	2.2912	10.8382	57.1500	2.9459	13.9348
10.160	0.400	30.4800	1.5711	7.4315	45.2120	2.3305	11.0240	58.1660	2.9982	14.1826
10.795	0.425	30.7340	1.5842	7.4935	45.7200	2.3567	11.1479	59.1820	3.0506	14.4303
11.430	0.450	31.2420	1.6104	7.6173	46.7360	2.4091	11.3956	60.1980	3.1030	14.6780
12.065	0.475	31.7500	1.6366	7.7412	47.2440	2.4353	11.5195	60.9600	3.1423	14.8638
12.700	0.500	31.7500	1.6366	7.7412	48.2600	2.4876	11.7672	62.2300	3.2077	15.1735



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
	FECHA:	FECHA:
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL		

ANEXO N°50.

Límites de plasticidad C2-5% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		
NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	25 de Mayo del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	25 de Mayo del 2023	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 5%						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	48.18	38.6	45.3	43
C	Suelo seco + recipiente	gr	44.65	35.72	42.34	40.45
D	Peso de recipiente	gr	28.96	21.96	27.99	26.55
E	Peso de agua	gr	3.53	2.88	2.96	2.55
F	Peso suelo seco	gr	15.69	13.76	14.35	13.9
G	Número de golpes	N°	16	22	26	34
H	Contenido de humedad	%	22.50	20.93	20.63	18.35

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr				
C	Suelo seco + recipiente	gr				
D	Peso de recipiente	gr				
E	Peso de agua	gr				
F	Peso suelo seco	gr				
G	Contenido de humedad	%				
H	Promedio límite plástico	%				NP

LÍMITE LÍQUIDO

Contenido de humedad (W%) vs N° de golpes

$y = -0.224x + 26.091$

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Límite Líquido:	LL =	20.49
Límite Plástico:	LP =	NP
Índice de Plasticidad :	IP =	NP

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN		
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°51.

Límites de plasticidad C2-8% óxido de calcio.

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	LIMITES DE PLASTICIDAD	
	NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	25 de Mayo del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Rios Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	25 de Mayo del 2023	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 8%						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	56.1	52	55.35	54.45
C	Suelo seco + recipiente	gr	53	49.68	52.08	51.4
D	Peso de recipiente	gr	39.1	39.05	36.4	35.91
E	Peso de agua	gr	3.1	2.32	3.27	3.05
F	Peso suelo seco	gr	13.9	10.63	15.68	15.49
G	Número de golpes	N°	16	20	26	31
H	Contenido de humedad	%	22.30	21.83	20.85	19.69

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr				
C	Suelo seco + recipiente	gr				
D	Peso de recipiente	gr				
E	Peso de agua	gr				
F	Peso suelo seco	gr				
G	Contenido de humedad	%				
H	Promedio límite plástico	%	NP			

LÍMITE LÍQUIDO

Contenido de humedad (W%) vs N° de golpes

Ecuación: $y = -0.1735x + 25.202$

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Límite Líquido:	LL =	20.86
Límite Plástico:	LP =	NP
Índice de Plasticidad :	IP =	NP

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 80927
 NOMBRE: RIOS CABANILLAS YAN POLL	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°52.

Límites de plasticidad C2 – 12% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		
NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	26 de Mayo del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	26 de Mayo del 2023	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 12%						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	51.7	53.8	49.7	57.8
C	Suelo seco + recipiente	gr	48.79	51.2	47.37	55.1
D	Peso de recipiente	gr	36.6	39.3	35.1	40.4
E	Peso de agua	gr	2.91	2.6	2.33	2.7
F	Peso suelo seco	gr	12.19	11.9	12.27	14.7
G	Número de golpes	N°	19	22	27	34
H	Contenido de humedad	%	23.87	21.85	18.99	18.37

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr				
C	Suelo seco + recipiente	gr				
D	Peso de recipiente	gr				
E	Peso de agua	gr				
F	Peso suelo seco	gr				
G	Contenido de humedad	%				
H	Promedio límite plástico	%				NP

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Límite Líquido:	LL =	20.95
Límite Plástico:	LP =	NP
Índice de Plasticidad :	IP =	NP

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		 Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 89872
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN		
	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

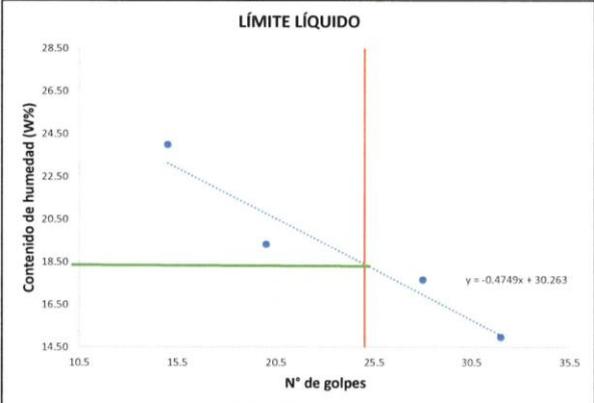
Límites de plasticidad C3-5% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	PROTÓCOLO		
	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD	
	NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	3	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	27 de Mayo del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	27 de Mayo del 2023	REVISADO POR:	

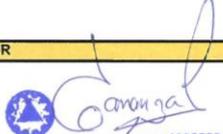
DETERMINACIÓN LIMITE LIQUIDO (LL) 5%						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	41.4	32.5	38	42.9
C	Suelo seco + recipiente	gr	39	30.8	36.5	40.7
D	Peso de recipiente	gr	29	22	28	26
E	Peso de agua	gr	2.4	1.7	1.5	2.2
F	Peso suelo seco	gr	10	8.8	8.5	14.7
G	Número de golpes	N°	15	20	28	32
H	Contenido de humedad	%	24.00	19.32	17.65	14.97

DETERMINACIÓN LIMITE PLASTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr				
C	Suelo seco + recipiente	gr				
D	Peso de recipiente	gr				
E	Peso de agua	gr				
F	Peso suelo seco	gr				
G	Contenido de humedad	%				
H	Promedio límite plástico	%			NP	

LÍMITE LÍQUIDO



CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Límite Líquido:	LL =	18.39
Límite Plástico:	LP =	NP
Índice de Plasticidad :	IP =	NP

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN		
	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°54.

Límites de plasticidad C3-8% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		
NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	3	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	27 de Mayo del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	27 de Mayo del 2023	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 8%						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	52.6	52.9	51.3	53.7
C	Suelo seco + recipiente	gr	49.9	50.87	48.98	52
D	Peso de recipiente	gr	36	39.1	36.4	39.8
E	Peso de agua	gr	2.7	2.03	2.32	1.7
F	Peso suelo seco	gr	13.9	11.77	12.58	12.2
G	Número de golpes	N°	15	26	22	34
H	Contenido de humedad	%	19.42	17.25	18.44	13.93

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr				
C	Suelo seco + recipiente	gr				
D	Peso de recipiente	gr				
E	Peso de agua	gr				
F	Peso suelo seco	gr				
G	Contenido de humedad	%				
H	Promedio límite plástico	%				NP

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Límite Líquido:	LL =	17.04
Límite Plástico:	LP =	NP
Índice de Plasticidad :	IP =	NP

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN		
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°55.

Límites de plasticidad C3-12% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO		
	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD	
	NORMA:	ASTM D4318/NTP E339.130 - NTP E111	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	3	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso de plasticidad media
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	29 de Mayo del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Rios Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	29 de Mayo del 2023	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL) 12%						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	58.1	58.6	62.8	55.7
C	Suelo seco + recipiente	gr	54.6	55.6	59.4	52.9
D	Peso de recipiente	gr	36.5	39.4	40.3	35
E	Peso de agua	gr	3.5	3	3.4	2.8
F	Peso suelo seco	gr	18.1	16.2	19.1	17.9
G	Número de golpes	N°	15	20	28	34
H	Contenido de humedad	%	19.34	18.52	17.80	15.64

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	T1	T2	T3	T4
B	Suelo húmedo + recipiente	gr				
C	Suelo seco + recipiente	gr				
D	Peso de recipiente	gr				
E	Peso de agua	gr				
F	Peso suelo seco	gr				
G	Contenido de humedad	%				
H	Promedio límite plástico	%				NP

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Límite Líquido:	LL =	17.69
Límite Plástico:	LP =	NP
Índice de Plasticidad :	IP =	NP

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	 Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 65972
 NOMBRE: RIOS CABANILLAS YAN POLL		
FECHA:	FECHA:	FECHA:

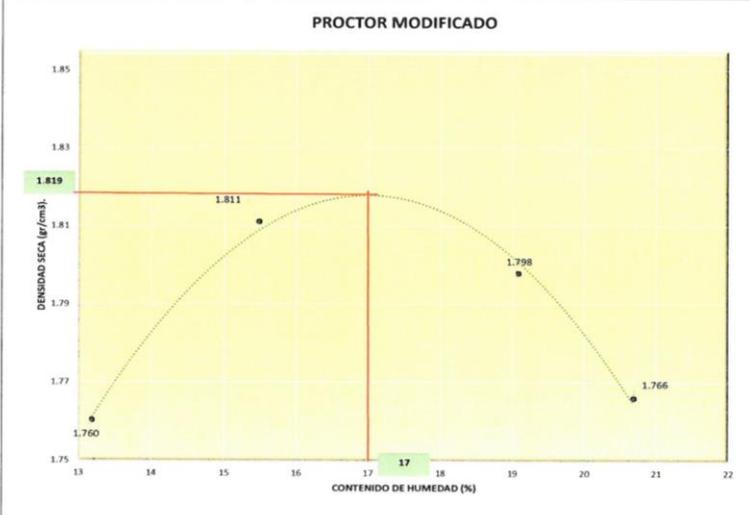
ANEXO N°56.

Proctor modificado C2-5% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CP14-15			
NORMA	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141					UFNC: _____			
PROYECTO	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA	2			TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso		
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro		
FECHA DE MUESTREO:	31 de Mayo del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas		
FECHA DE ENSAYO:	31 de Mayo del 2023			REVISADO POR:					

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - 5% CAL						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)	2 (13%)	3 (15%)	5 (17%)
A	Peso Molde	gr	3820.0	3820.0	3820.0	3820.0
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5630	5720	5765	5756
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1810.0	1900.0	1945.0	1936.0
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	908.4	908.4	908.4	908.4
F	Densidad húmeda, (Dh=C/D)	gr/cm ³	1.993	2.092	2.141	2.131
G	Recipiente	N°	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	36.8	36.1	38.5	37.8
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	111.1	73.6	110.9	164.1
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	102.3	69.3	101	147.5
K	Peso del Agua (I-J)	gr	8.8	4.3	9.9	16.6
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	65.5	33.2	62.5	109.7
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	13.43511	12.95181	15.84	15.13218
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	13.19	15.49	18.63014	19.55193
O	Densidad Seca Máxima: Ds	gr/cm ³	1.760	1.811	20.65637	20.70447

PROCTOR MODIFICADO



ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 17.0

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.819

RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR		
NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA			NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ			NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA		
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL			FECHA:			INGENIERO CIVIL		
FECHA:			FECHA:			FECHA:		

ANEXO N°57.

Proctor modificado C2-8% óxido de calcio.

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
	PROTOCOLO										
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM-LS-				
	NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141					UPNC: _____				
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"										
CALICATA:	2			TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso				
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro				
FECHA DE MUESTREO:	31 de Mayo del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas				
FECHA DE ENSAYO:	31 de Mayo del 2023			REVISADO POR:							

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO- 8% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4040.000		4040.000		4040.000		4040.000	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5864.000		5940.000		5985.000		5960.000	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1824.000		1900.000		1945.000		1920.000	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	912.950		912.950		912.950		912.950	
F	Densidad húmeda, (Dh=C/D)	gr/cm ³	1.998		2.081		2.130		2.103	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	37.2	38	39.5	36.4	38.4	35.2	35.5	35.4
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	138.3	167.8	136.1	143.3	109.1	154.6	135.4	161
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	127	153	124	130	98	137	119	141
K	Peso del Agua (I-J)	gr	11.3	14.8	12.1	13.3	11.1	17.6	16.4	20
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	89.8	115	84.5	93.6	59.6	101.8	83.5	105.6
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	12.58352	12.86957	14.31953	14.2094	18.62416	17.2888	19.64072	18.93939
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	12.73		14.26		17.96		19.29	
O	Densidad Seca Máxima, D _s	gr/cm ³	1.772		1.821		1.806		1.763	

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

15.8

MÁXIMA DENSIDAD SECA, D_s

1.835

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA: _____	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ FECHA: _____	 NOMBRE: ING. MARIO B. CABRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 90927 FECHA: _____

ANEXO N°58.

Proctor modificado C2-12% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					CODIGO DEL DOCUMENTO:			CPM-LS-
NORMA:		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141					LUPM:			
PROYECTO:		"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA:	2				TIPO DE MATERIAL:		Arcilloso			
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc				COLOR DE MATERIAL:		Marrón oscuro			
FECHA DE MUESTREO:	01 de Junio del 2023				RESPONSABLE:		Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:	01 de Junio del 2023				REVISADO POR:					

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - 12% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4040.000		4040.000		4040.000		4040.000	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5830.000		5850.000		5900.000		5920.000	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1790.000		1810.000		1860.000		1880.000	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	912.950		912.950		912.950		918.340	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm ³	1.961		1.983		2.037		2.047	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	37.34	38.11	39.4	36.3	38.4	35.2	35.5	35.5
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	116.1	92.58	153.3	140.8	85.9	142.5	126.3	133
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	107	86	139	128	79	127	112	117
K	Peso del Agua (L-J)	gr	9.1	6.58	14.3	12.8	6.9	15.5	14.3	16
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	69.66	47.89	99.6	91.7	40.6	91.8	76.5	81.5
M	Contenido de Humedad Óptimo (W _p =(K/L)*100)	%	13.06345	13.73982	14.35743	13.95856	16.99507	16.88453	18.69281	19.6319
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	13.40		14.16		16.94		19.16	
O	Densidad Seca Máxima; D _s	gr/cm ³	1.729		1.737		1.742		1.718	

PROCTOR MODIFICADO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 15.9

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.745

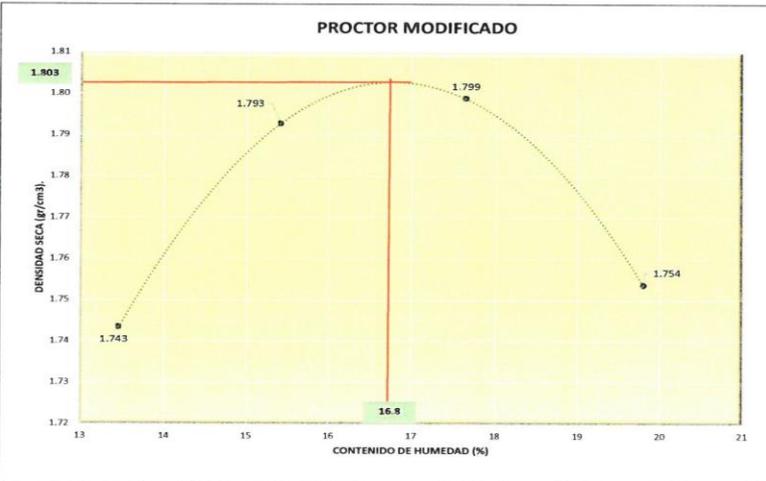
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA:	COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ FECHA:	ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA:

ANEXO N°59.

Proctor modificado C3-5% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					CODIGO DEL DOCUMENTO: CPM-LS-			
NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 839.141					LUPNC: _____			
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA:	3			TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso		
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro		
FECHA DE MUESTREO:	02 de Junio del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas		
FECHA DE ENSAYO:	02 de Junio del 2023			REVISADO POR:					

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - 5% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		5 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4040.000		4040.000		4040.000		4040.000	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5846.000		5929.000		5972.000		5958.000	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1806.000		1889.000		1932.000		1918.000	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	912.950		912.950		912.950		912.950	
F	Densidad húmeda; (Dh=C/D)	gr/cm ³	1.978		2.069		2.116		2.101	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	36	39.2	37.6	39	37.5	39	36.1	39.2
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	123.02	163.1	126.4	164.4	130.7	158.2	110.6	143.9
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	113	148	115	147	116.77	140.26	98	127
K	Peso del Agua (I-J)	gr	10.02	15.14	11.4	17.4	13.93	17.94	12.6	16.9
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	77	108.8	77.4	108	79.27	101.26	61.9	87.8
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	13.01299	13.91544	14.72868	16.11111	17.57285	17.71677	20.35541	19.24829
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	13.46		15.42		17.64		19.80	
O	Densidad Seca Máxima; D _s	gr/cm ³	1.743		1.793		1.799		1.754	



PROCTOR MODIFICADO

DENSIDAD SECA (gr/cm³) vs CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 16.8

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.803

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°60.

Proctor modificado C3-8% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO		COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO				CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPMA-15-			
NORMA		MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.141				UPNC			
PROYECTO		"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"							
CALICATA		3		TIPO DE MATERIAL:		Arcilloso			
UBICACIÓN:		El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:		Marrón oscuro			
FECHA DE MUESTREO:		02 de Junio del 2023		RESPONSABLE:		Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:		02 de Junio del 2023		REVISADO POR:					

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO - 8% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4040.000		3820.000		4040.000		4040.000	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5880.000		5730.000		5970.000		5960.000	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1840.000		1910.000		1930.000		1920.000	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	912.950		908.400		912.950		912.950	
F	Densidad húmeda (D _h =C/D)	gr/cm ³	2.015		2.103		2.114		2.103	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	37.2	38	35.5	28.8	38.3	35	35.5	38.8
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	116.7	147.1	98.9	123.8	104.6	160.7	136.8	185.7
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	106.9	134.1	89.8	111	95	142.1	120	163.1
K	Peso del Agua (I-J)	gr	9.8	13	9.1	12.8	9.6	18.6	16.8	22.6
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	69.7	96.1	54.3	82.2	56.7	107.1	84.5	124.3
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	14.06026	13.52758	16.75875	15.57178	16.93122	17.36695	19.88166	18.18182
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	13.79		16.17		17.15		19.03	
O	Densidad Seca Máxima, D _s	gr/cm ³	1.771		1.810		1.805		1.767	

PROCTOR MODIFICADO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 16.3

MÁXIMA DENSIDAD SECA D_s: 1.809

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA Yan Poll	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°61.

Proctor modificado C3-12% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			CPSA-LS
	NORMA:	MTC E 115 / ASTM D421 / NTP 339.341					UPN:			
	PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA:	3			TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso			
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro			
FECHA DE MUESTREO:	05 de Junio del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:	05 de Junio del 2023			REVISADO POR:						

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO- 12% CAL										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4040.000		4040.000		4040.000		4040.000	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5860.000		5930.000		5957.000		5967.000	
C	Peso Muestra Húmeda (B-A)	gr	1820.000		1890.000		1917.000		1927.000	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm ³	912.950		912.950		912.950		918.340	
F	Densidad húmeda: (Dh=C/D)	gr/cm ³	1.994		2.070		2.100		2.098	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.38	28.56	27.15	26.81	28.95	21.35	27.47	26.58
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	99.96	138.97	86.13	117.58	101.91	122.27	112.11	145.11
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	91	126	78	105	91	107	98	125
K	Peso del Agua (I-J)	gr	8.96	12.97	8.13	12.58	10.91	15.27	14.11	20.11
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	63.62	97.44	50.85	78.19	62.05	85.65	70.53	98.42
M	Contenido de Humedad Óptimo (W%=(K/L)*100)	%	14.08362	13.31076	15.9882	16.08901	17.58259	17.82837	20.00567	20.43284
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	13.70		16.04		17.71		20.22	
O	Densidad Seca Máxima: Ds	gr/cm ³	1.753		1.784		1.784		1.745	

PROCTOR MODIFICADO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 16.7

MÁXIMA DENSIDAD SECA Ds: 1.787

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDAN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL FECHA:	COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ FECHA:	ASESOR NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA:

ANEXO N°62.

Ensayo CBR C2-5% óxido de calcio.

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
	PROTOCOLO									
	ENSAYO: CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS-UPNC				
	NORMA: MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"				
CALCATA	2		TIPO DE MATERIAL:				Arcilloso			
UBICACION	El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:				Marrón oscuro			
FECHA DE MUESTREO:	06 de Junio del 2023		RESPONSABLE:				Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:	06 de Junio del 2023		REVISADO POR:							

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR- 5% CAL											
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3			
N° Golpes		5			5			5			
N° Golpes por capa		13			27			56			
Condición de muestra		Antes		Despu.	Antes		Despu.	Antes		Despu.	
Peso Molde	gr	8189		8189	7985		7985	7799		7799	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12169		12300	12160		12240	12111		12280	
Peso Muestra húmeda	gr	3980		4111	4175		4295	4312		4481	
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2173.0		2175.4	2114.0		2115.1	2120.0		2120.4	
Densidad húmeda, Dh	gr/cm ³	1.832		1.9	1.975		2.0	2.034		2.1	
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C	
Peso Recipiente	gr	35.90	26.50	36.21	36.60	37.30	38.00	39.40	39.30	39.56	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	140.86	94.69	173.30	179.00	168.20	173.98	153.00	147.10	252.15	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	136.53	87.86	158.23	168.90	156.90	158.48	140.92	140.20	228.70	
Peso del Agua	gr	4.33	6.83	15.07	10.10	11.30	15.50	12.08	6.90	23.45	
Peso Muestra Seca	gr	100.63	61.36	122.02	132.30	119.60	120.48	101.52	100.90	189.14	
Contenido de Humedad, W%	%	7.72			12.35			8.54			9.37
Promedio Contenido de Humedad	%	10.03			10.70			10.88			
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.700			1.820			1.860			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03			
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	
0.00	0.00	0"	0	0.000	0"	0	0.000	0	0	0.000	
24.00	1.00	0.004"	0.1016	0.085	0.0015"	0.0381	0.033	0.01	0.01	0.009	
48.00	2.00	0.005"	0.127	0.108	0.0022"	0.05588	0.048	0.02	0.02	0.017	
72.00	3.00	0.0052"	0.13208	0.110	0.0023"	0.05842	0.050	0.022	0.022	0.019	
96.00	4.00	0.0053"	0.13462	0.112	0.0023"	0.05842	0.050	0.022	0.022	0.019	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	 NOMBRE: JORGE HOYOS MARTÍNEZ	 NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA
 NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL		
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1893 / ASTM D4429							C.B.R.L-UPNC		
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"									
CALCATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso							
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro						
FECHA DE MUESTREO:	10 de Junio del 2023		RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas						
FECHA DE ENSAYO:	10 de Junio del 2023		REVISADO POR:							

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - 8% CAL										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Golpes		5			5			5		
N° Golpes por capa		13			27			56		
Condición de muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.	
Peso Molde	gr	7500	7500	8140	8140	7900	7900			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11530	11589	12199	12202	12130	12361			
Peso Muestra húmeda	gr	4030	4089	4059	4062	4230	4461			
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2078.61	2080.84	2101.29	2102.63	2101.29	2102.21			
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.939	2.0	1.932	1.9	2.013	2.1			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	21.10	26.80	27.00	35.70	38.60	27.00	36.30	37.20	26.00
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	135.50	133.70	113.00	195.00	189.90	120.00	182.40	202.80	88.00
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	120.98	125.90	94.37	190.74	180.60	100.15	168.10	196.20	77.62
Peso del Agua	gr	14.52	7.80	18.63	4.26	9.30	19.85	14.30	6.60	10.38
Peso Muestra Seca	gr	99.88	99.10	67.37	155.04	142.00	73.15	131.80	159.00	51.62
Contenido de Humedad; W%	%	11.20		27.65	4.65		27.14	7.50		20.11
Promedio Contenido de Humedad	%	19.43			15.89			13.80		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.743			1.846			1.873		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
Horas	Días	Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
		Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.00	1.00	0.0034	0.08636	0.08	0.0016	0.04064	0.04	0.0015	0.0381	0.03
48.00	2.00	0.0042	0.10668	0.09	0.002	0.0508	0.04	0.0017	0.04318	0.04
72.00	3.00	0.0048	0.12192	0.11	0.0024	0.06096	0.05	0.0019	0.04826	0.04
96.00	4.00	0.0048	0.12192	0.11	0.0029	0.07365	0.06	0.002	0.0508	0.04

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<i>Karla Malaver Cerdán</i>	<i>Jorge L. Hoyos Martínez</i>	<i>Yan Poll Ríos Cabanillas</i>
NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°64.

Ensayo CBR C2-12% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA:		MTC E 132 / ASTM D1885 / ASTM D4429					CBR/LS/UPN/		
PROYECTO:		"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"							
CALCATA	2		TIPO DE MATERIAL:						
UBICACION	El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:						
FECHA DE MUESTREO:	10 de Junio del 2023		RESPONSABLE:						
FECHA DE ENSAYO:	10 de Junio del 2023		REVISADO POR:						
								Arcilloso Marrón oscuro Karla Malaver Cerdán, Yan Poll Ríos Cabanillas	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - 12% CAL										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por capa		13		27		56				
Condición de muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.			
Peso Molde	gr	7740	7740	8300	8300	7840	7840			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12000	12161	12792	12809	12400	12429			
Peso Muestra húmeda	gr	4260	4421	4492	4509	4560	4589			
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2268.24	2276.12	2268.24	2271.97	2268.24	2269.99			
Densidad húmeda, Dh	gr/cm ³	1.878	1.942	1.980	1.985	2.010	2.022			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	26.98	27.57	27.00	27.92	27.63	27.70	37.83	38.30	37.80
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	141.56	171.41	140.96	150.19	116.62	158.22	193.62	213.29	171.98
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	128.86	153.34	122.10	135.30	104.95	138.10	179.90	186.99	151.50
Peso del Agua	gr	12.70	18.07	18.86	14.89	11.67	20.12	13.72	26.30	20.48
Peso Muestra Seca	gr	101.88	125.77	95.10	107.38	77.32	110.40	142.07	148.69	113.70
Contenido de Humedad ; W%	%	13.42		19.83	14.48		18.22	13.67		18.01
Promedio Contenido de Humedad	%	16.62			16.35			15.84		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.656			1.730			1.789		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03			
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	
0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24.00	1.00	0.016	0.4064	0.38	0.008	0.2032	0.17	0.003	0.0762	0.06	
48.00	2.00	0.017	0.4318	0.41	0.008	0.2032	0.17	0.0034	0.08636	0.07	
72.00	3.00	0.017	0.4318	0.41	0.008	0.2032	0.17	0.0038	0.09652	0.08	
96.00	4.00	0.0171	0.43434	0.41	0.0081	0.20574	0.17	0.0038	0.09652	0.08	

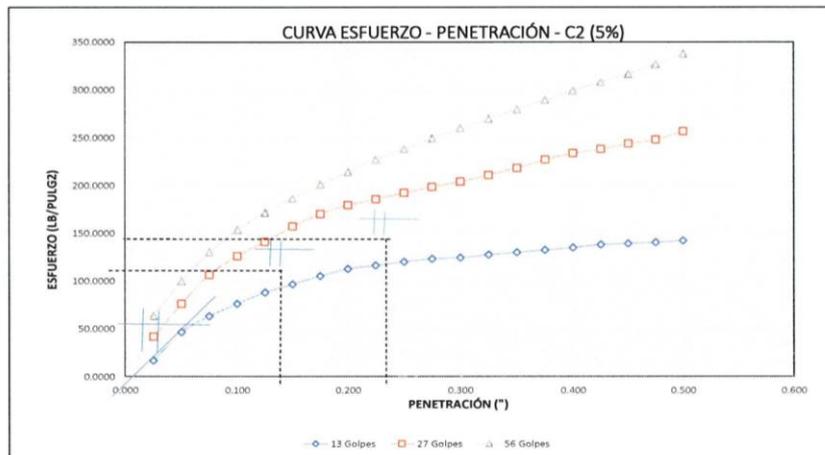
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: MALAVER CERDAN KARLA GABRIELA NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTÍNEZ	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP° 69927
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°65.

Ensayo CBR C3-5% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		IS-UPNC:
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	10 de Junio del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	10 de Junio del 2023	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN 5% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²	kg	kg/cm ²	Lb/pl ²
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	68.5800	3.5351	16.7210	171.4500	8.8376	41.8025	259.0800	13.3546	63.1682
1.270	0.050	190.5000	9.8196	46.4472	312.4200	16.1041	76.1734	408.9400	21.0794	99.7066
1.905	0.075	259.0800	13.3546	63.1682	436.8800	22.5196	106.5189	533.4000	27.4948	130.0521
2.540	0.100	312.4200	16.1041	76.1734	518.1600	26.7093	126.3363	629.9200	32.4701	153.5853
3.175	0.125	360.6800	18.5918	87.9400	579.1200	29.8515	141.1994	703.5800	36.2670	171.5449
3.810	0.150	396.2400	20.4247	96.6101	645.1600	33.2557	157.3011	764.5400	39.4093	186.4080
4.445	0.175	431.8000	22.2577	105.2803	698.5000	36.0052	170.3063	825.5000	42.5515	201.2711
5.080	0.200	462.2800	23.8289	112.7118	736.6000	37.9691	179.5958	878.8400	45.3010	214.2763
5.715	0.225	477.5200	24.6144	116.4276	762.0000	39.2784	185.7887	932.1800	48.0505	227.2815
6.350	0.250	492.7600	25.4000	120.1434	789.9400	40.7186	192.6010	977.9000	50.4072	238.4288
6.985	0.275	505.4600	26.0546	123.2398	815.3400	42.0278	198.7939	1023.6200	52.7639	249.5762
7.620	0.300	510.5400	26.3165	124.4784	838.2000	43.2062	204.3676	1066.8000	54.9897	260.1042
8.255	0.325	523.2400	26.9711	127.5749	866.1400	44.6464	211.1798	1107.4400	57.0845	270.0129
8.890	0.350	533.4000	27.4948	130.0521	896.6200	46.2175	218.6114	1148.0800	59.1794	279.9217
9.525	0.375	543.5600	28.0186	132.5293	932.1800	48.0505	227.2815	1188.7200	61.2742	289.8304
10.160	0.400	553.7200	28.5423	135.0065	960.1200	49.4907	234.0938	1229.3600	63.3691	299.7391
10.795	0.425	566.4200	29.1969	138.1029	977.9000	50.4072	238.4288	1264.9200	65.2021	308.4093
11.430	0.450	571.5000	29.4588	139.3415	1000.7600	51.5856	244.0025	1300.4800	67.0351	317.0794
12.065	0.475	576.5800	29.7206	140.5801	1018.5400	52.5021	248.3376	1342.3900	69.1954	327.2978
12.700	0.500	584.2000	30.1134	142.4380	1054.1000	54.3351	257.0077	1386.8400	71.4866	338.1355



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
	FECHA:	FECHA:
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	FECHA:	FECHA:

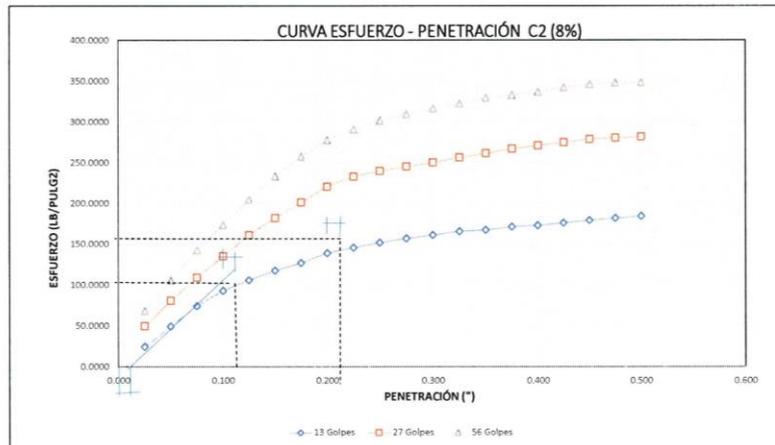
323

ANEXO N°66.

Ensayo CBR C3-8% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	CPM-
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429	LS-UPNC	
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	13 de Junio del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	13 de Junio del 2023	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN 8% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga kg	Esfuerzo kg/cm²	Lb/pf	Carga kg	Esfuerzo kg/cm²	Lb/pf	Carga kg	Esfuerzo kg/cm²	Lb/pf
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	101.6000	5.2371	24.7718	203.2000	10.4742	49.5437	279.4000	14.4021	68.1225
1.270	0.050	203.2000	10.4742	49.5437	330.2000	17.0206	80.5084	431.8000	22.2577	105.2803
1.905	0.075	304.8000	15.7113	74.3155	447.0400	23.0433	108.9960	584.2000	30.1134	142.4380
2.540	0.100	381.0000	19.6392	92.8944	553.7200	28.5423	135.0065	711.2000	36.6598	173.4028
3.175	0.125	434.3400	22.3887	105.8996	660.4000	34.0412	161.0169	838.2000	43.2062	204.3676
3.810	0.150	482.6000	24.8763	117.6662	746.7600	38.4928	182.0729	955.0400	49.2289	232.8552
4.445	0.175	520.7000	26.8402	126.9556	825.5000	42.5515	201.2711	1054.1000	54.3351	257.0077
5.080	0.200	568.9600	29.3278	138.7222	904.2400	46.6103	220.4693	1137.9200	58.6557	277.4445
5.715	0.225	596.9000	30.7680	145.5345	955.0400	49.2289	232.8552	1191.2600	61.4052	290.4497
6.350	0.250	622.3000	32.0773	151.7274	982.9800	50.6691	239.6674	1234.4400	63.6309	300.9777
6.985	0.275	642.6200	33.1247	156.6818	1005.8400	51.8474	245.2411	1267.4600	65.3330	309.0286
7.620	0.300	660.4000	34.0412	161.0169	1026.1600	52.8948	250.1955	1295.4000	66.7732	315.8408
8.255	0.325	678.1800	34.9577	165.3520	1051.5600	54.2041	256.3884	1320.8000	68.0825	322.0338
8.890	0.350	685.8000	35.3505	167.2098	1071.8800	55.2515	261.3428	1348.7400	69.5227	328.8460
9.525	0.375	701.0400	36.1361	170.9256	1094.7400	56.4299	266.9164	1363.9800	70.3082	332.5618
10.160	0.400	708.6600	36.5289	172.7835	1112.5200	57.3464	271.2515	1379.2200	71.0938	336.2776
10.795	0.425	721.3600	37.1835	175.8800	1127.7600	58.1320	274.9673	1402.0800	72.2722	341.8512
11.430	0.450	734.0600	37.8381	178.9765	1143.0000	58.9175	278.6831	1417.3200	73.0577	345.5670
12.065	0.475	744.2200	38.3619	181.4536	1150.6200	59.3103	280.5410	1424.9400	73.4505	347.4249
12.700	0.500	754.3800	38.8856	183.9308	1155.7000	59.5722	281.7795	1427.4800	73.5814	348.0442



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN		Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

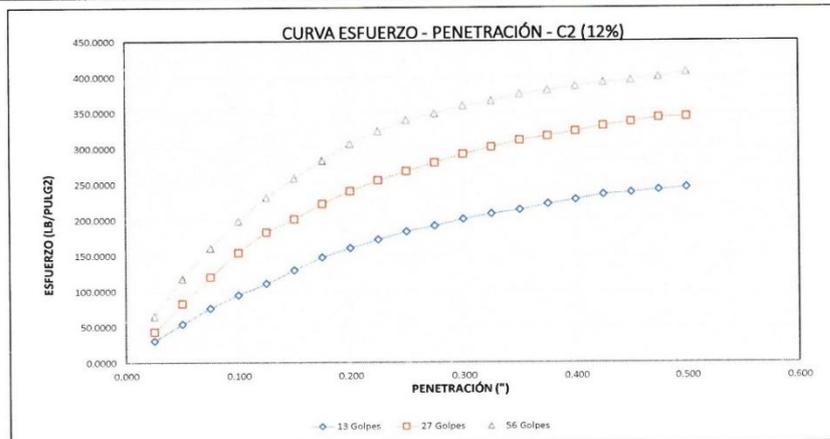
1/2023

ANEXO N°67.

Ensayo CBR C3-12% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	CPM-
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429	LS-UPNC	
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	2	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	13 de Junio del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	13 de Junio del 2023	REVISADO POR:	

CARGA - PENETRACIÓN 12% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pf	kg	kg/cm ²	Lb/pf	kg	kg/cm ²	Lb/pf
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	127.0000	6.5464	30.9648	177.8000	9.1649	43.3507	266.7000	13.7474	65.0260
1.270	0.050	223.5200	11.5216	54.4980	340.3600	17.5443	82.9856	482.6000	24.8763	117.6662
1.905	0.075	314.9600	16.2351	76.7927	492.7600	25.4000	120.1434	660.4000	34.0412	161.0169
2.540	0.100	391.1600	20.1629	95.3715	632.4600	32.6010	154.2046	815.3400	42.0278	198.7939
3.175	0.125	457.2000	23.5670	111.4732	749.3000	38.6237	182.6922	949.9600	48.9670	231.6166
3.810	0.150	533.4000	27.4948	130.0521	825.5000	42.5515	201.2711	1059.1800	54.5969	258.2463
4.445	0.175	607.0600	31.2918	148.0117	911.8600	47.0031	222.3272	1160.7800	59.8340	283.0181
5.080	0.200	660.4000	34.0412	161.0169	985.5200	50.8000	240.2867	1257.3000	64.8093	306.5514
5.715	0.225	708.6600	36.5289	172.7835	1046.4800	53.9423	255.1498	1328.4200	68.4753	323.8916
6.350	0.250	754.3800	38.8856	183.9308	1099.8200	56.6918	268.1550	1391.9200	71.7485	339.3740
6.985	0.275	787.4000	40.5876	191.9817	1148.0800	59.1794	279.9217	1430.0200	73.7124	348.6635
7.620	0.300	825.5000	42.5515	201.2711	1196.3400	61.6670	291.6883	1473.2000	75.9381	359.1915
8.255	0.325	855.9800	44.1227	208.7026	1236.9800	63.7619	301.5970	1501.1400	77.3784	366.0038
8.890	0.350	878.8400	45.3010	214.2763	1275.0800	65.7258	310.8864	1539.2400	79.3423	375.2932
9.525	0.375	911.8600	47.0031	222.3272	1300.4800	67.0351	317.0794	1562.1000	80.5206	380.8669
10.160	0.400	937.2600	48.3124	228.5201	1328.4200	68.4753	323.8916	1587.5000	81.8299	387.0598
10.795	0.425	966.4700	49.8180	235.6420	1358.9000	70.0464	331.3232	1607.8200	82.8773	392.0142
11.430	0.450	977.9000	50.4072	238.4288	1381.7600	71.2247	336.8969	1620.5200	83.5320	395.1107
12.065	0.475	993.1400	51.1928	242.1446	1404.6200	72.4031	342.4705	1638.3000	84.4485	399.4457
12.700	0.500	1005.8400	51.8474	245.2411	1409.7000	72.6649	343.7091	1666.2400	85.8887	406.2580



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN		Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL
<i>[Signature]</i>		
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

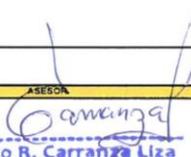
ANEXO N°68.

Ensayo CBR C2-5% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			CBR
NORMA:		MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					L.B. UPNC			
PROYECTO:		"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA	3		TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso				
UBICACION:	El empalme - Catilluc		COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro				
FECHA DE MUESTREO:	15 de Junio del 2023		RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Foll Ríos Cabanillas				
FECHA DE ENSAYO:	15 de Junio del 2023		REVISADO POR:							

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR- 5% CAL										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Golpes		5			5			5		
N° Golpes por capa		13			27			56		
Condición de muestra		Antes		Despu.	Antes		Despu.	Antes		Despu.
Peso Moide	gr	7186		7186	7233		7233	8026		8026
Peso Muestra húmeda + Moide	gr	11380		11460	11568		11600	12575		12660
Peso Muestra húmeda	gr	4194		4274	4335		4367	4549		4634
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2279.5		2292.1	2305.1		2307.7	2271.9		2273.5
Densidad húmeda, Dh	gr/cm ³	1.840		1.9	1.881		1.9	2.002		2.0
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C
Peso Recipiente	gr	37.00	38.40	36.21	36.00	37.90	38.02	39.20	35.40	39.53
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	123.80	116.80	130.87	126.20	154.70	133.73	155.10	122.30	212.78
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	118.90	110.20	114.60	120.99	149.00	119.00	146.00	112.50	193.50
Peso del Agua	gr	4.90	6.60	16.27	5.21	5.70	14.73	9.10	9.80	19.28
Peso Muestra Seca	gr	81.90	71.80	78.39	84.99	111.10	80.98	106.80	77.10	153.97
Contenido de Humedad ; W%	%	7.59		20.76	5.63		18.19	10.62		12.52
Promedio Contenido de Humedad	%	14.17			11.91			11.57		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.710			1.780			1.810		

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
24.00	1.00	0.027"	0.686	0.546	0.005"	0.127	0.101	0.075	0.075	0.060
48.00	2.00	0.0272"	0.691	0.551	0.0055"	0.140	0.111	0.09	0.090	0.072
72.00	3.00	0.0272"	0.691	0.551	0.0056"	0.142	0.113	0.09	0.090	0.072
96.00	4.00	0.0272"	0.691	0.551	0.0056"	0.142	0.113	0.09	0.090	0.072

OBSERVACIONES:		
 RESPONSABLE DEL ENSAYO NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	 COORDINADOR DE LABORATORIO NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	  ASESOR NOMBRE: ING MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°69.

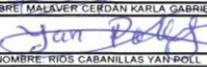
Ensayo CBR C2-8% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-LS				
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					UPN/C:				
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"									
CALICATA:	3		TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso				
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro			
FECHA DE MUESTREO:	19 de Junio del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas			
FECHA DE ENSAYO:	19 de Junio del 2023			REVISADO POR:						

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - 8% CAL									
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3			
N° Golpes		5		5		5			
N° Golpes por capa		13		27		56			
Condición de muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.		
Peso Molde	gr	8189	8189	7985	7985	7799	7799		
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12300	12340	12085	12160	11960	11980		
Peso Muestra húmeda	gr	4111	4151	4100	4175	4161	4181		
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2173.00	2174.61	2114.00	2115.29	2120.00	2120.92		
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.892	1.9	1.939	2.0	1.963	2.0		

CONTENIDO DE HUMEDAD													
Ensayo	N°	1 - A	1 - B	1 - C	2 - A	2 - B	2 - C	3 - A	3 - B	3 - C			
Peso Recipiente	gr	37.00	35.00	37.08	36.00	37.90	35.11	39.20	35.40	35.61			
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	102.00	170.00	113.98	110.70	144.10	121.40	168.90	211.40	103.40			
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	98.16	152.90	105.80	104.81	133.60	112.00	155.90	205.20	95.10			
Peso del Agua	gr	3.84	17.10	8.18	5.89	10.50	9.40	13.00	6.20	8.30			
Peso Muestra Seca	gr	61.16	117.90	68.72	68.61	95.70	76.89	116.70	169.80	59.49			
Contenido de Humedad ; W%	%	10.39			11.90			9.77		12.23		7.40	13.95
Promedio Contenido de Humedad	%	11.15			11.00					10.67			
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.714			1.767					1.828			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento		Lectura	Hinchamiento	
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0"	0	0.000	0"	0	0.000	0"	0	0.000
24.00	1.00	0.003"	0.0762	0.064	0.0023"	0.05842	0.050	0.001"	0.0254	0.022
48.00	2.00	0.0032"	0.08128	0.068	0.0025"	0.0635	0.054	0.0016"	0.04064	0.035
72.00	3.00	0.0035"	0.0889	0.074	0.0028"	0.07112	0.061	0.002"	0.0508	0.043
96.00	4.00	0.0035"	0.0889	0.074	0.0028"	0.07112	0.061	0.002"	0.0508	0.043

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: MALAVER CERDAN KARLA GABRIELA	 NOMBRE: JORGE L. ROYOS MARTINEZ	 NOMBRE: ING. MARIO R. GARRANZA LIZA
 NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°70.

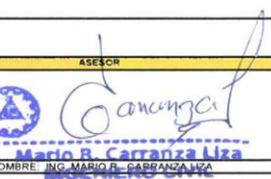
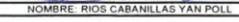
Ensayo CBR C2-12% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CBR-			
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					LS-UPN0			
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA:	3			TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso		
UBICACION:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro		
FECHA DE MUESTREO:	23 de Junio del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas		
FECHA DE ENSAYO:	23 de Junio del 2023			REVISADO POR:					

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR - 12% CAL							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por capa		13		27		56	
Condición de muestra		Antes	Despu.	Antes	Despu.	Antes	Despu.
Peso Molde	gr	7900	7900	8140	8140	7500	7500
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11999	12012	12387	12667	11611	11876
Peso Muestra húmeda	gr	4099	4112	4247	4527	4111	4376
Volumen Muestra húmeda	cm ³	2162.99	2164.00	2162.99	2164.55	2023.81	2027.06
Densidad húmeda, Dh	gr/cm ³	1.895	1.900	1.963	2.061	2.031	2.159

CONTENIDO DE HUMEDAD											
Ensayo	N°	3 - A	3 - B	3 - C	2 - A	2 - B	2 - C	1 - A	1 - B	1 - C	
Peso Recipiente	gr	39.70	35.30	34.99	38.00	35.00	39.41	36.00	35.00	35.44	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	206.00	224.00	142.93	140.10	132.20	154.90	124.70	133.30	125.81	
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	189.00	200.60	123.90	130.30	120.00	136.80	113.00	123.20	110.20	
Peso del Agua	gr	17.00	23.40	19.03	9.80	12.20	18.10	11.70	10.10	15.61	
Peso Muestra Seca	gr	149.30	165.30	88.91	92.30	85.00	97.39	77.00	88.20	74.76	
Contenido de Humedad ; W%	%	12.77			21.40			12.49			18.59
Promedio Contenido de Humedad	%	17.09			15.54			17.10			
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm ³	1.680			1.746			1.792			

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
		Lectura	Hinchamiento	%	Lectura	Hinchamiento	%	Lectura	Hinchamiento	%
Horas	Días	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%	Deforma.	mm	%
0.00	0.00	0"	0	0.000	0	0	0.000	0"	0	0.000
24.00	1.00	0.0045"	0.1143	0.103	0.06	0.06	0.050	0.0015"	0.0381	0.032
48.00	2.00	0.0047"	0.11938	0.108	0.07	0.07	0.059	0.0019"	0.04826	0.040
72.00	3.00	0.007"	0.1778	0.160	0.08	0.08	0.067	0.0022"	0.05588	0.047
96.00	4.00	0.007"	0.1778	0.160	0.086	0.086	0.072	0.0022"	0.05588	0.047

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: MALAVER CERDÁN KARLA GABRIELA	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	 NOMBRE: ING. MARIO R. CABRANZA LIZA
 NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	FECHA:	FECHA:

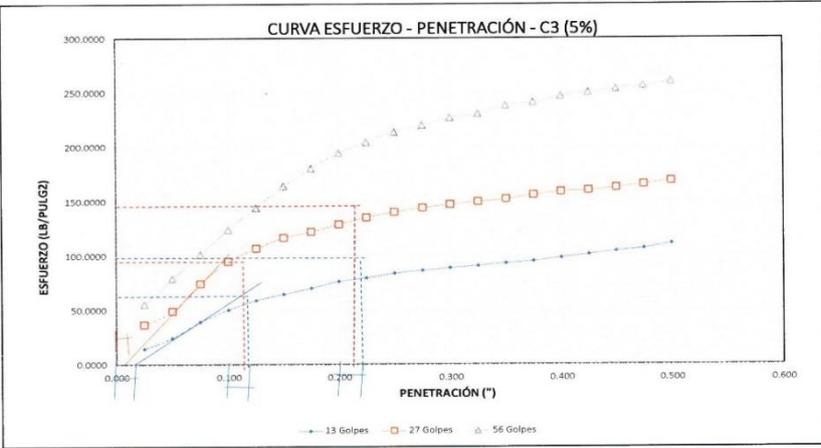
ANEXO N°71.

Ensayo CBR C3-5% óxido de calcio.

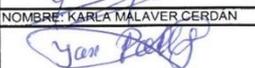
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA										
PROTOCOLO										
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR					CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
NORMA:		MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429					LS-UPNC:			
PROYECTO:		"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"								
CALICATA:		3			TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso		
UBICACIÓN:		El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro		
FECHA DE MUESTREO:		19 de Junio del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas		
FECHA DE ENSAYO:		19 de Junio del 2023			REVISADO POR:					

CARGA - PENETRACIÓN 5% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm ²	Lb/pf	kg	kg/cm ²	Lb/pf	kg	kg/cm ²	Lb/pf
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	60.9600	3.1423	14.8631	152.4000	7.8557	37.1577	228.6000	11.7835	55.7366
1.270	0.050	101.6000	5.2371	24.7718	203.2000	10.4742	49.5437	325.1200	16.7588	79.2698
1.905	0.075	162.5600	8.3794	39.6349	307.3400	15.8423	74.9348	416.5600	21.4722	101.5645
2.540	0.100	208.2800	10.7361	50.7822	391.1600	20.1629	95.3715	510.5400	26.3165	124.4784
3.175	0.125	243.8400	12.5691	59.4524	439.4200	22.6505	107.1382	591.8200	30.5062	144.2959
3.810	0.150	266.7000	13.7474	65.0260	480.0600	24.7454	117.0469	673.1000	34.6959	164.1134
4.445	0.175	289.5600	14.9258	70.5997	502.9200	25.9237	122.6205	739.1400	38.1000	180.2150
5.080	0.200	314.9600	16.2351	76.7927	530.8600	27.3639	129.4328	797.5600	41.1113	194.4588
5.715	0.225	327.6600	16.8897	79.8891	556.2600	28.6732	135.6258	838.2000	43.2062	204.3676
6.350	0.250	345.4400	17.8062	84.2242	576.5800	29.7206	140.5801	876.3000	45.1701	213.6570
6.985	0.275	355.6000	18.3299	86.7014	591.8200	30.5062	144.2959	901.7000	46.4794	219.8500
7.620	0.300	365.7800	18.8536	89.1786	604.5200	31.1608	147.3924	929.6400	47.9196	226.6622
8.255	0.325	373.3800	19.2464	91.0365	614.6800	31.6845	149.8696	944.8800	48.7052	230.3780
8.890	0.350	383.5400	19.7701	93.5137	624.8400	32.2082	152.3467	975.3600	50.2763	237.8095
9.525	0.375	391.1600	20.1629	95.3715	640.0800	32.9938	156.0625	988.0600	50.9309	240.9060
10.160	0.400	403.8600	20.8175	98.4680	652.7800	33.6485	159.1590	1010.9200	52.1093	246.4797
10.795	0.425	416.5600	21.4722	101.5645	657.8600	33.9103	160.3976	1026.1600	52.8948	250.1955
11.430	0.450	429.2600	22.1268	104.6610	668.0200	34.4340	162.8748	1038.8600	53.5495	253.2919
12.065	0.475	439.4200	22.6505	107.1382	680.7200	35.0887	165.9712	1051.5600	54.2041	256.3884
12.700	0.500	457.2000	23.5670	111.4732	693.4200	35.7433	169.0677	1066.8000	54.9897	260.1042

CURVA ESFUERZO - PENETRACIÓN - C3 (5%)



—●— 13 Golpes —■— 27 Golpes —△— 56 Golpes

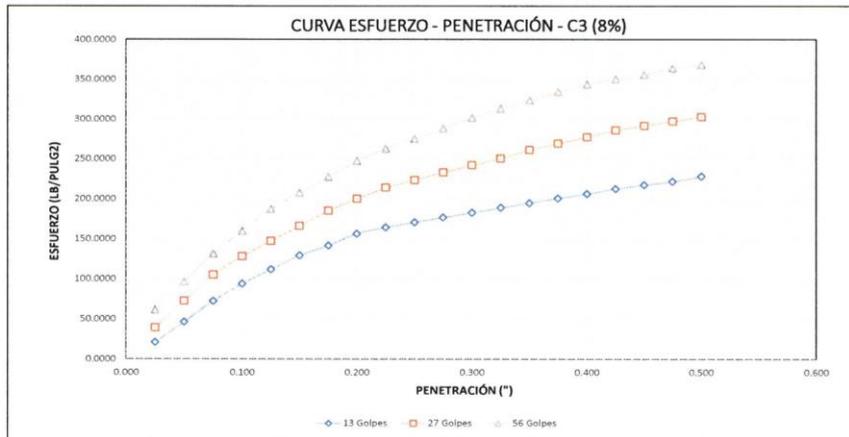
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN	 NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA
 NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°72.

Ensayo CBR C3-8% óxido de calcio.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPM-
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		IS-UPNC:
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"		
CALICATA:	3	TIPO DE MATERIAL:	Arcilloso
UBICACION:	El empalme - Catilluc	COLOR DE MATERIAL:	Marrón oscuro
FECHA DE MUESTREO:	23 de Junio del 2023	RESPONSABLE:	Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas
FECHA DE ENSAYO:	23 de Junio del 2023	REVISADO POR:	

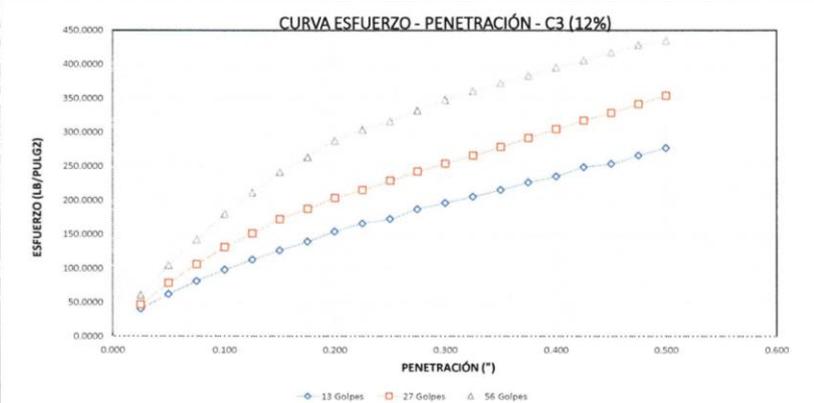
CARGA - PENETRACIÓN 8% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
mm	Pulg	kg	kg/cm²	Lb/pf²	kg	kg/cm²	Lb/pf²	kg	kg/cm²	Lb/pf²
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	88.9000	4.5825	21.6753	162.5600	8.3794	39.6349	254.0000	13.0928	61.9296
1.270	0.050	193.0400	9.9505	47.0665	299.7200	15.4495	73.0769	398.7800	20.5557	97.2294
1.905	0.075	299.7200	15.4495	73.0769	434.3400	22.3887	105.8996	541.0200	27.8876	131.9100
2.540	0.100	388.6200	20.0320	94.7522	528.3200	27.2330	128.8135	657.8600	33.9103	160.3976
3.175	0.125	462.2800	23.8289	112.7118	607.0600	31.2918	148.0117	769.6200	39.6711	187.6466
3.810	0.150	533.4000	27.4948	130.0521	683.2600	35.2196	166.5905	853.4400	43.9918	208.0834
4.445	0.175	584.2000	30.1134	142.4380	762.0000	39.2784	185.7887	934.7200	48.1814	227.9008
5.080	0.200	645.1600	33.2557	157.3011	822.9600	42.4206	200.6518	1016.0000	52.3711	247.7183
5.715	0.225	676.9100	34.8923	165.0423	880.1100	45.3665	214.5860	1079.5000	55.6443	263.2007
6.350	0.250	702.3100	36.2015	171.2353	919.4800	47.3959	224.1850	1130.3000	58.2629	275.5866
6.985	0.275	727.7100	37.5108	177.4282	958.8500	49.4253	233.7841	1183.6400	61.0214	288.5918
7.620	0.300	751.8400	38.7546	183.3115	995.6800	51.3237	242.7639	1236.9800	63.7619	301.5970
8.255	0.325	777.2400	40.0639	189.5045	1031.2400	53.1567	251.4341	1285.2400	66.2495	313.3636
8.890	0.350	801.3700	41.3077	195.3878	1074.4200	55.3825	261.9621	1328.4200	68.4753	323.8916
9.525	0.375	825.5000	42.5515	201.2711	1107.4400	57.0845	270.0129	1371.6000	70.7010	334.4197
10.160	0.400	848.3600	43.7299	206.8448	1140.4600	58.7866	278.0638	1409.7000	72.6649	343.7091
10.795	0.425	873.7600	45.0392	213.0377	1176.0200	60.6196	286.7339	1437.6400	74.1052	350.5214
11.430	0.450	894.0800	46.0866	217.9921	1198.8800	61.7979	292.3076	1460.5000	75.2835	356.0950
12.065	0.475	911.8600	47.0031	222.3272	1221.7400	62.9763	297.8812	1493.5200	76.9856	364.1459
12.700	0.500	937.2600	48.3124	228.5201	1244.6000	64.1546	303.4549	1511.3000	77.9021	368.4809



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDAN		
<i>[Signature]</i>		<i>[Signature]</i>
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL	NOMBRE: JORGE L. HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZAVILA
FECHA:	FECHA:	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA											
PROTOCOLO											
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR						CÓDIGO DEL DOCUMENTO:				CPM:
NORMA:	MTC E 132 / ASTM D1883 / ASTM D4429						LS-UPN:				
PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO AL 5%, 8% Y 12% PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC KM 01+000-KM 06+000, CAJAMARCA - 2023"										
CALICATA:	3			TIPO DE MATERIAL:			Arcilloso				
UBICACIÓN:	El empalme - Catilluc			COLOR DE MATERIAL:			Marrón oscuro				
FECHA DE MUESTREO:	27 de Junio del 2023			RESPONSABLE:			Karla Malaver Cerdán; Yan Poll Ríos Cabanillas				
FECHA DE ENSAYO:	27 de Junio del 2023			REVISADO POR:							

CARGA - PENETRACIÓN 12% CAL										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
		kg	kg/cm²	Lb/pf	kg	kg/cm²	Lb/pf	kg	kg/cm²	Lb/pf
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.635	0.025	165.1000	8.5103	40.2542	190.5000	9.8196	46.4472	248.9200	12.8309	60.6910
1.270	0.050	254.0000	13.0928	61.9296	320.0400	16.4969	78.0313	426.7200	21.9959	104.0417
1.905	0.075	332.7400	17.1515	81.1277	434.3400	22.3887	105.8996	581.6600	29.9825	141.8187
2.540	0.100	401.3200	20.6866	97.8487	535.9400	27.6258	130.6714	736.6000	37.9691	179.5958
3.175	0.125	462.2800	23.8289	112.7118	619.7600	31.9464	151.1082	866.1400	44.6464	211.1798
3.810	0.150	518.1600	26.7093	126.3363	706.1200	36.3979	172.1642	990.6000	51.0619	241.5253
4.445	0.175	571.5000	29.4588	139.3415	767.0800	39.5402	187.0273	1079.5000	55.6443	263.2007
5.080	0.200	632.4600	32.6010	154.2046	833.1200	42.9443	203.1290	1181.1000	60.8814	287.9725
5.715	0.225	680.7200	35.0887	165.9712	881.3800	45.4320	214.8956	1244.6000	64.1546	303.4549
6.350	0.250	708.6600	36.5289	172.7835	937.2600	48.3124	228.5201	1297.9400	66.9041	316.4601
6.985	0.275	767.0800	39.5402	187.0273	993.1400	51.1928	242.1446	1363.9800	70.3082	332.5618
7.620	0.300	805.1800	41.5041	196.3167	1041.4000	53.6804	253.9112	1427.4800	73.5814	348.0442
8.255	0.325	843.2800	43.4680	205.6062	1089.6600	56.1680	265.6779	1480.8200	76.3309	361.0494
8.890	0.350	883.9200	45.5629	215.5149	1143.0000	58.9175	278.6831	1529.0800	78.8186	372.8160
9.525	0.375	929.6400	47.9196	226.6622	1196.3400	61.6670	291.6883	1574.8000	81.1753	383.9633
10.160	0.400	965.2000	49.7526	235.3324	1249.6800	64.4165	304.6935	1623.0600	83.6629	395.7300
10.795	0.425	1021.0800	52.6330	248.9569	1303.0200	67.1660	317.6987	1666.2400	85.8887	406.2580
11.430	0.450	1041.4000	53.6804	253.9112	1348.7400	69.5227	328.8460	1714.5000	88.3763	418.0246
12.065	0.475	1092.2000	56.2990	266.2971	1402.0800	72.2722	341.8512	1760.2200	90.7330	429.1719
12.700	0.500	1137.9200	58.6557	277.4445	1452.8800	74.8907	354.2371	1785.6200	92.0423	435.3649



ESFUERZO (LB/PULGZ)

PENETRACIÓN (")

13 Golpes (blue diamonds), 27 Golpes (orange squares), 56 Golpes (grey triangles)

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: KARLA MALAVER CERDÁN	[Signature]	[Signature] Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL
NOMBRE: RÍOS CABANILLAS YAN POLL		
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANEXO N°74.

Ensayo EADES & GRIM.

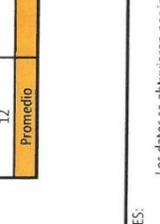
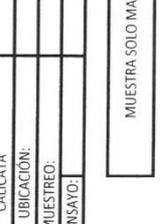
LABORATORIO DE QUÍMICA - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">ENSAYO: EADES & GRIM</td> <td style="width: 50%;">CÓDIGO DEL DOCUMENTO: EADES & GRIM-IQ-LPNC:</td> </tr> <tr> <td>NORMA: ASTM D-6276</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROYECTO: MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC, CAJAMARCA - 2023</td> <td></td> </tr> </table>	ENSAYO: EADES & GRIM	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: EADES & GRIM-IQ-LPNC:	NORMA: ASTM D-6276		PROYECTO: MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC, CAJAMARCA - 2023		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PROTÓCOLO</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE MATERIAL: LIMO ARENOSO</td> </tr> <tr> <td>UBICACIÓN: CARRETERA EMPAL-CATILLUC</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE MUESTREO: 10/04/2023</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE ENSAYO: 10/04/2023</td> </tr> <tr> <td>RESPONSABLE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN</td> </tr> <tr> <td>REVISADO POR: MARUJA DEL SOCORRO REQUEIME CHUQUIMANGO</td> </tr> </table>	PROTÓCOLO	TIPO DE MATERIAL: LIMO ARENOSO	UBICACIÓN: CARRETERA EMPAL-CATILLUC	FECHA DE MUESTREO: 10/04/2023	FECHA DE ENSAYO: 10/04/2023	RESPONSABLE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN	REVISADO POR: MARUJA DEL SOCORRO REQUEIME CHUQUIMANGO																																																																																																																					
ENSAYO: EADES & GRIM	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: EADES & GRIM-IQ-LPNC:																																																																																																																																		
NORMA: ASTM D-6276																																																																																																																																			
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC, CAJAMARCA - 2023																																																																																																																																			
PROTÓCOLO																																																																																																																																			
TIPO DE MATERIAL: LIMO ARENOSO																																																																																																																																			
UBICACIÓN: CARRETERA EMPAL-CATILLUC																																																																																																																																			
FECHA DE MUESTREO: 10/04/2023																																																																																																																																			
FECHA DE ENSAYO: 10/04/2023																																																																																																																																			
RESPONSABLE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN																																																																																																																																			
REVISADO POR: MARUJA DEL SOCORRO REQUEIME CHUQUIMANGO																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">MUESTRA SOLO MATERIAL</th> </tr> <tr> <th>Tiempo (s)</th> <th>pH</th> </tr> <tr><td>0</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>1</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>2</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>3</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>4</td><td>5.23</td></tr> <tr><td>5</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>6</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>7</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>8</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>9</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>10</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>11</td><td>5.22</td></tr> <tr><td>12</td><td>5.22</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center;">5.22</td> </tr> </table>	MUESTRA SOLO MATERIAL		Tiempo (s)	pH	0	5.23	1	5.23	2	5.23	3	5.23	4	5.23	5	5.22	6	5.22	7	5.22	8	5.22	9	5.22	10	5.22	11	5.22	12	5.22	Promedio	5.22	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">MUESTRA AL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO</th> </tr> <tr> <th>Tiempo (s)</th> <th>pH</th> </tr> <tr><td>0</td><td>12.07</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.09</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.11</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.12</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.14</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.14</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.16</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.17</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.18</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.18</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.19</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.20</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.21</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center;">12.15</td> </tr> </table>	MUESTRA AL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO		Tiempo (s)	pH	0	12.07	1	12.09	2	12.11	3	12.12	4	12.14	5	12.14	6	12.16	7	12.17	8	12.18	9	12.18	10	12.19	11	12.20	12	12.21	Promedio	12.15	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">MUESTRA AL 8% DE ÓXIDO DE CALCIO</th> </tr> <tr> <th>Tiempo (s)</th> <th>pH</th> </tr> <tr><td>0</td><td>12.68</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.68</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.69</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.69</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.7</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.71</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.71</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.71</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.72</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.72</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.72</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.72</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.73</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center;">12.71</td> </tr> </table>	MUESTRA AL 8% DE ÓXIDO DE CALCIO		Tiempo (s)	pH	0	12.68	1	12.68	2	12.69	3	12.69	4	12.7	5	12.71	6	12.71	7	12.71	8	12.72	9	12.72	10	12.72	11	12.72	12	12.73	Promedio	12.71	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">MUESTRA AL 12% DE ÓXIDO DE CALCIO</th> </tr> <tr> <th>Tiempo (s)</th> <th>pH</th> </tr> <tr><td>0</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.45</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.47</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.48</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.51</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.52</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.53</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.54</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.54</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.55</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.56</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.56</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;">Promedio</td> <td style="text-align: center;">12.51</td> </tr> </table>	MUESTRA AL 12% DE ÓXIDO DE CALCIO		Tiempo (s)	pH	0	12.42	1	12.45	2	12.47	3	12.48	4	12.5	5	12.51	6	12.52	7	12.53	8	12.54	9	12.54	10	12.55	11	12.56	12	12.56	Promedio	12.51
MUESTRA SOLO MATERIAL																																																																																																																																			
Tiempo (s)	pH																																																																																																																																		
0	5.23																																																																																																																																		
1	5.23																																																																																																																																		
2	5.23																																																																																																																																		
3	5.23																																																																																																																																		
4	5.23																																																																																																																																		
5	5.22																																																																																																																																		
6	5.22																																																																																																																																		
7	5.22																																																																																																																																		
8	5.22																																																																																																																																		
9	5.22																																																																																																																																		
10	5.22																																																																																																																																		
11	5.22																																																																																																																																		
12	5.22																																																																																																																																		
Promedio	5.22																																																																																																																																		
MUESTRA AL 5% DE ÓXIDO DE CALCIO																																																																																																																																			
Tiempo (s)	pH																																																																																																																																		
0	12.07																																																																																																																																		
1	12.09																																																																																																																																		
2	12.11																																																																																																																																		
3	12.12																																																																																																																																		
4	12.14																																																																																																																																		
5	12.14																																																																																																																																		
6	12.16																																																																																																																																		
7	12.17																																																																																																																																		
8	12.18																																																																																																																																		
9	12.18																																																																																																																																		
10	12.19																																																																																																																																		
11	12.20																																																																																																																																		
12	12.21																																																																																																																																		
Promedio	12.15																																																																																																																																		
MUESTRA AL 8% DE ÓXIDO DE CALCIO																																																																																																																																			
Tiempo (s)	pH																																																																																																																																		
0	12.68																																																																																																																																		
1	12.68																																																																																																																																		
2	12.69																																																																																																																																		
3	12.69																																																																																																																																		
4	12.7																																																																																																																																		
5	12.71																																																																																																																																		
6	12.71																																																																																																																																		
7	12.71																																																																																																																																		
8	12.72																																																																																																																																		
9	12.72																																																																																																																																		
10	12.72																																																																																																																																		
11	12.72																																																																																																																																		
12	12.73																																																																																																																																		
Promedio	12.71																																																																																																																																		
MUESTRA AL 12% DE ÓXIDO DE CALCIO																																																																																																																																			
Tiempo (s)	pH																																																																																																																																		
0	12.42																																																																																																																																		
1	12.45																																																																																																																																		
2	12.47																																																																																																																																		
3	12.48																																																																																																																																		
4	12.5																																																																																																																																		
5	12.51																																																																																																																																		
6	12.52																																																																																																																																		
7	12.53																																																																																																																																		
8	12.54																																																																																																																																		
9	12.54																																																																																																																																		
10	12.55																																																																																																																																		
11	12.56																																																																																																																																		
12	12.56																																																																																																																																		
Promedio	12.51																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">RESPONSABLE DEL ENSAYO</td> <td style="width: 50%;">ASESOR</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  NOMBRE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN FECHA: 18-07-2023 </td> <td style="text-align: center;">  NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 08-08-2023 </td> </tr> </table>		RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASESOR	 NOMBRE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN FECHA: 18-07-2023	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 08-08-2023																																																																																																																														
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASESOR																																																																																																																																		
 NOMBRE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN FECHA: 18-07-2023	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 08-08-2023																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">COORDINADOR DE LABORATORIO</td> <td style="width: 50%;">LABORATORIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;"> EADES & GRIM </td> </tr> </table>		COORDINADOR DE LABORATORIO	LABORATORIO		EADES & GRIM																																																																																																																														
COORDINADOR DE LABORATORIO	LABORATORIO																																																																																																																																		
	EADES & GRIM																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">OBSERVACIONES:</td> <td style="width: 50%;">Los datos se obtuvieron por instrumentos sin certificado de calibración, ya que dichos instrumentos son utilizados netamente para temas académicos.</td> </tr> </table>		OBSERVACIONES:	Los datos se obtuvieron por instrumentos sin certificado de calibración, ya que dichos instrumentos son utilizados netamente para temas académicos.																																																																																																																																
OBSERVACIONES:	Los datos se obtuvieron por instrumentos sin certificado de calibración, ya que dichos instrumentos son utilizados netamente para temas académicos.																																																																																																																																		

ANEXO N°75.

Ensayo EADES & GRIM.

LABORATORIO DE QUIMICA - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		PROTOCOLO	
ENSAYO: EADES & GRIM		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: EADES &	
NORMA: ASTM D-6276		GRIMLO-UPN: GRIMLO-UPN	
PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE SUELO ARCILLOSO CON ÓXIDO DE CALCIO PARA EL TRATAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA EL EMPALME-CATILLUC, CAJAMARCA - 2023"			
CALCATA	2	TIPO DE MATERIAL: ARCILLOSO	
UBICACIÓN: CARRETERA EMPAL-CATILLUC		COLOR DE MATERIAL: MARRON OSCURO	
FECHA DE MUESTREO: 10/04/2023		RESPONSABLE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN	
FECHA DE ENSAYO: 10/04/2023		REVISADO POR: MARIA DEL SOCORRO REQUELME CHUQUIMANGO	

MUESTRA SOLO MATERIAL	MUESTRA AL 5% DE OXIDO DE CALCIO	MUESTRA AL 8% DE OXIDO DE CALCIO	MUESTRA AL 12% DE OXIDO DE CALCIO																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>6.53</td></tr> <tr><td>1</td><td>6.61</td></tr> <tr><td>2</td><td>6.68</td></tr> <tr><td>3</td><td>6.74</td></tr> <tr><td>4</td><td>6.79</td></tr> <tr><td>5</td><td>6.84</td></tr> <tr><td>6</td><td>6.89</td></tr> <tr><td>7</td><td>6.92</td></tr> <tr><td>8</td><td>6.96</td></tr> <tr><td>9</td><td>6.99</td></tr> <tr><td>10</td><td>7.02</td></tr> <tr><td>11</td><td>7.05</td></tr> <tr><td>12</td><td>7.008</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>6.85</td></tr> </table>	Tiempo (s)	pH	0	6.53	1	6.61	2	6.68	3	6.74	4	6.79	5	6.84	6	6.89	7	6.92	8	6.96	9	6.99	10	7.02	11	7.05	12	7.008	Promedio	6.85	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.36</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.39</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.43</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.45</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.46</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.46</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.42</td></tr> </table>	Tiempo (s)	pH	0	12.36	1	12.38	2	12.39	3	12.4	4	12.41	5	12.42	6	12.42	7	12.43	8	12.44	9	12.44	10	12.45	11	12.46	12	12.46	Promedio	12.42	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.29</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.32</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.33</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.35</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.39</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.43</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.44</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.38</td></tr> </table>	Tiempo (s)	pH	0	12.29	1	12.32	2	12.33	3	12.35	4	12.38	5	12.38	6	12.39	7	12.4	8	12.41	9	12.42	10	12.43	11	12.44	12	12.44	Promedio	12.38	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Tiempo (s)</th><th>pH</th></tr> <tr><td>0</td><td>12.29</td></tr> <tr><td>1</td><td>12.31</td></tr> <tr><td>2</td><td>12.33</td></tr> <tr><td>3</td><td>12.34</td></tr> <tr><td>4</td><td>12.35</td></tr> <tr><td>5</td><td>12.36</td></tr> <tr><td>6</td><td>12.38</td></tr> <tr><td>7</td><td>12.39</td></tr> <tr><td>8</td><td>12.4</td></tr> <tr><td>9</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>10</td><td>12.41</td></tr> <tr><td>11</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>12</td><td>12.43</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>12.37</td></tr> </table>	Tiempo (s)	pH	0	12.29	1	12.31	2	12.33	3	12.34	4	12.35	5	12.36	6	12.38	7	12.39	8	12.4	9	12.41	10	12.41	11	12.42	12	12.43	Promedio	12.37
Tiempo (s)	pH																																																																																																																										
0	6.53																																																																																																																										
1	6.61																																																																																																																										
2	6.68																																																																																																																										
3	6.74																																																																																																																										
4	6.79																																																																																																																										
5	6.84																																																																																																																										
6	6.89																																																																																																																										
7	6.92																																																																																																																										
8	6.96																																																																																																																										
9	6.99																																																																																																																										
10	7.02																																																																																																																										
11	7.05																																																																																																																										
12	7.008																																																																																																																										
Promedio	6.85																																																																																																																										
Tiempo (s)	pH																																																																																																																										
0	12.36																																																																																																																										
1	12.38																																																																																																																										
2	12.39																																																																																																																										
3	12.4																																																																																																																										
4	12.41																																																																																																																										
5	12.42																																																																																																																										
6	12.42																																																																																																																										
7	12.43																																																																																																																										
8	12.44																																																																																																																										
9	12.44																																																																																																																										
10	12.45																																																																																																																										
11	12.46																																																																																																																										
12	12.46																																																																																																																										
Promedio	12.42																																																																																																																										
Tiempo (s)	pH																																																																																																																										
0	12.29																																																																																																																										
1	12.32																																																																																																																										
2	12.33																																																																																																																										
3	12.35																																																																																																																										
4	12.38																																																																																																																										
5	12.38																																																																																																																										
6	12.39																																																																																																																										
7	12.4																																																																																																																										
8	12.41																																																																																																																										
9	12.42																																																																																																																										
10	12.43																																																																																																																										
11	12.44																																																																																																																										
12	12.44																																																																																																																										
Promedio	12.38																																																																																																																										
Tiempo (s)	pH																																																																																																																										
0	12.29																																																																																																																										
1	12.31																																																																																																																										
2	12.33																																																																																																																										
3	12.34																																																																																																																										
4	12.35																																																																																																																										
5	12.36																																																																																																																										
6	12.38																																																																																																																										
7	12.39																																																																																																																										
8	12.4																																																																																																																										
9	12.41																																																																																																																										
10	12.41																																																																																																																										
11	12.42																																																																																																																										
12	12.43																																																																																																																										
Promedio	12.37																																																																																																																										

OBSERVACIONES:	Los datos se obtuvieron por instrumentos sin certificado de calibración, ya que dichos instrumentos son utilizados netamente para temas academicos.
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO
 NOMBRE: KARLA GABRIELA MALAVER CERDAN FECHA: 18-04-2023	 NOMBRE: MARIA DEL SOCORRO REQUELME CHUQUIMANGO FECHA: 18/04/2023
	ASESOR
	 NOMBRE: ING. MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 08-08-2023

ANEXO N°77.

ubicación de canteras

Cantera La Tuna Blanca

Acceso: A 4.20 km del final del tramo en la Carretera Santa Cruz - Chiclayo.

Descripción: es una cantera de matriz rocosa tipo caliza y brechas de suelo compacto de textura "gravo-areno-arcillosa" del tipo GP-GM.]

Clasificación SUCS: GP - GM

Área de la Cantera	48,287.60 m2.
Potencia Útil:	121,322.60 m3
Clasificación AASHTO:	A-1-a (0)
Clasificación SUCS:	GP - GM
Abrasión Los Ángeles:	38.30 %
Descripción:	Material granular Agregado
Usos:	Material de afirmado, sub base, base, T.S.B, piedra grande, mediana y obras de concreto
Tratamiento:	Zarandeado
Acceso:	Directo
Explotación:	Tractor de (Rendimiento 45 m3/h -

Cantera Quebrada Onda

Acceso: A 14.50 km del Empalme- por la Carretera Cajamarca Hualgayoc.

Descripción: Es una cantera también de matriz rocosa tipo caliza y brechas de suelo compacto de textura "gravo arenosas" tipo GP.

Clasificación SUCS: GP

Explotación : Con equipo convencional

Tratamiento : Chancadora, Zarandeado

Área de la Cantera	112,567.33 m2.
Potencia Útil:	282,825.42 m3
Clasificación AASHTO:	A-1-a
Clasificación SUCS:	GP
Abrasión Los Ángeles:	26.
Descripción:	Material granular (Agregado grueso, afirmado y piedra Chancada)
Usos:	Material de afirmado, sub base, base,
Tratamiento:	Chancadora, Zarandeado
Acceso:	Directo
Explotación:	Tractor, de (Rendimiento 45 m3/h

ANEXO N°78.

Análisis estadístico (Software SPSS27)

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Editor de datos window. The title bar indicates the file is '*ANOVA C2(DATOS).sav [ConjuntoDatos0]'. The menu bar includes Archivo, Editar, Ver, Datos, Transformar, Analizar, Gráficos, Utilidades, Ampliaciones, Ventana, and Ayuda. The toolbar contains various icons for file operations and data manipulation. The main data grid shows the following data:

	suelo	cbr	var							
1	1,00	,66								
2	1,00	,68								
3	2,00	11,00								
4	2,00	11,30								
5	3,00	13,00								
6	3,00	15,00								
7	4,00	16,80								
8	4,00	17,20								
9										
10										
11										
12										

The status bar at the bottom indicates 'IBM SPSS Statistics Processor está listo' and 'Unicode:ACTIVADO'.

ANEXO N°79.

Análisis estadístico (Software SPSS27) para CBR 100%

ANOVA					
CBR (100% del 0.1")					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	302.767	3	100.922	189.953	0.000
Dentro de grupos	2.125	4	0.531		
Total	304.892	7			

Nota: el cuadro muestra el análisis estadístico ANOVA para CBR (100% a 0.1”) donde la variación es significativa.

ANEXO N°80.

Análisis estadístico (Software SPSS27) para CBR 100%

Comparaciones múltiples CBR (100% de 0.1")						
Variable dependiente:						
HSD Tukey						
(I) suelo		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0% CAL	5% CAL	-10,48000*	0.72890	0.000	-13.4473	-7.5127
	8% CAL	-13,33000*	0.72890	0.000	-16.2973	-10.3627
	12% CAL	-16,33000*	0.72890	0.000	-19.2973	-13.3627
5% CAL	0% CAL	10,48000*	0.72890	0.000	7.5127	13.4473
	8% CAL	-2.85000	0.72890	0.057	-5.8173	0.1173
	12% CAL	-5,85000*	0.72890	0.005	-8.8173	-2.8827
8% CAL	0% CAL	13,33000*	0.72890	0.000	10.3627	16.2973
	5% CAL	2.85000	0.72890	0.057	-0.1173	5.8173
	12% CAL	-8% CAL000*	0.72890	0.048	-5.9673	-0.0327
12% CAL	0% CAL	16,33000*	0.72890	0.000	13.3627	19.2973
	5% CAL	5,85000*	0.72890	0.005	2.8827	8.8173
	8% CAL	8% CAL000*	0.72890	0.048	0.0327	5.9673

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: el cuadro muestra el análisis estadístico post hoc para CBR (100% a 0.1”) donde la variación es significativa.

ANEXO N°81.

Análisis estadístico (Software SPSS27)

	suelo	cbr	var							
1	1,00	,49								
2	1,00	,43								
3	2,00	8,20								
4	2,00	6,20								
5	3,00	10,10								
6	3,00	9,80								
7	4,00	9,54								
8	4,00	10,90								
9										
10										
11										
12										

ANEXO N°82.

Análisis estadístico (Software SPSS27) para CBR 95%

ANOVA					
CBR (95% de 0.1")					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	123.751	3	41.250	55.526	0.001
Dentro de grupos	2.972	4	0.743		
Total	126.722	7			

Nota: el cuadro muestra el análisis estadístico ANOVA para CBR (95% a 0.1") donde la variación es significativa.

ANEXO N°83.

Análisis estadístico (Software SPSS27) para CBR 95%

Comparaciones múltiples CBR (95% de 0.1")						
Variable dependiente:						
HSD Tukey						
(I) suelo		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0% CAL	5% CAL	-6,74000*	0.86192	0.005	-10.2487	-3.2313
	8% CAL	-9,49000*	0.86192	0.001	-12.9987	-5.9813
	12% CAL	-9,76000*	0.86192	0.001	-13.2687	-6.2513
5% CAL	0% CAL	6,74000*	0.86192	0.005	3.2313	10.2487
	8% CAL	-2.75000	0.86192	0.105	-6.2587	0.7587
	12% CAL	-3.02000	0.86192	0.080	-6.5287	0.4887
8% CAL	0% CAL	9,49000*	0.86192	0.001	5.9813	12.9987
	5% CAL	2.75000	0.86192	0.105	-0.7587	6.2587
	12% CAL	-0.27000	0.86192	0.988	-3.7787	3.2387
12% CAL	0% CAL	9,76000*	0.86192	0.001	6.2513	13.2687
	5% CAL	3.02000	0.86192	0.080	-0.4887	6.5287
	8% CAL	0.27000	0.86192	0.988	-3.2387	3.7787

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: el cuadro muestra el análisis estadístico post hoc para CBR (95% a 0.1") donde la variación es significativa.

ANEXO N°84.

Matriz de Consistencia.

Formulación de problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿De qué manera influye el óxido de calcio en el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, en la provincia de San Miguel?	OBJETIVO GENERAL			TIPO DE INVESTIGACIÓN
	Determinar la influencia del oxido de calcio en el suelo a nivel de la Subrasante en la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, en la provincia de San Miguel.			La investigación tiene un alcance descriptivo con diseño experimental
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS			POBLACIÓN Y MUESTRA
	Analizar las propiedades físicas y mecánicas que influyen en la capacidad portante del suelo a nivel de subrasante en la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, e provincia de San Miguel.	La capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso se incrementa en 5%, 8% y 12%, a medida que se incorpora el óxido de calcio.	VARIABLES INDEPENDIENTES Oxido de calcio	La población de la siguiente investigación constas del tramo de la carretera Empalme - Catilluc., mientras que la muestra consta del análisis de la subrasante mediante 3 calicatas.
	Establecer una dosificación de las bolsas de polietileno con adición del 5%, 8% y 12% para el mejoramiento de la subrasante en la carretera en el tramo Empalme – Catilluc, en la provincia de San Miguel.		VARIABLES DEPENDIENTES Mejoramiento de suelo a nivel de subrasante.	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. La técnica de recolección de datos se hará mediante ensayos empleando equipos del laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte