



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Aplicación de grasa orgánica residual ante ciclos de
congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la
calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021**

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

AUTOR:

Quispe Chávez, Cristhian (ORCID: 0000-0002-5909-9872)

ASESOR:

Dr. Benites Zúñiga, José Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, por guiar mi camino y llegar hasta este momento, por darme buena salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mis padres, por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que todo, por su amor.

A mi hermano y a mis hermanas quienes me dieron la fuerza y las ganas de seguir luchando ante cualquier adversidad y así poder lograr este anhelado sueño que he esperado con ansias.

Agradecimiento

A la universidad Cesar Vallejo, por darme la oportunidad de cumplir mis sueños, objetivos, metas y así forjarme un profesional.

A mi asesor de tesis Dr. José Luis Benites Zúñiga, por compartirme sus valiosos conocimientos y experiencias para poder desarrollar adecuadamente este trabajo de investigación y así poder cumplir mi anhelado objetivo.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	33
3.1. Tipo y diseño de investigación	33
3.2. Variables y operacionalización:	34
3.3. Población, muestra y muestreo	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	35
3.5. Procedimientos:	36
3.6. Método de análisis de datos:.....	39
3.7. Aspectos éticos:	39
IV. RESULTADOS	40
V. DISCUSIÓN.....	64
VI. CONCLUSIONES	69
VII. RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS	72
ANEXOS.....	81

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de los ácidos grasos y las características de las grasas de bovino, oveja, porcino y aves.	13
Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.	14
Tabla 3. Simbología de grupo (SUCS).	15
Tabla 4. Símbolo y características del suelo (SUCS).	15
Tabla 5. Clasificación de suelos - AASHTO.	16
Tabla 6. Clasificación según AASHTO y SUCS.	16
Tabla 7. Normas AASHTO, ASTM, MTC aplicables para los suelos.	17
Tabla 8. Tipo de suelo por su tamaño de partículas.	17
Tabla 9. Gradación de suelos.	18
Tabla 10. Características del suelo según el IP.	20
Tabla 11. Métodos del Proctor modificado.	21
Tabla 12. Medida de penetración y presión en el vástago.	22
Tabla 13. Características físico-mecánicas.	24
Tabla 14. Requerimientos agregado grueso.	24
Tabla 15. Requerimientos agregado fino.	25
Tabla 16. Requerimientos de ensayos especiales.	25
Tabla 17. Clasificación de suelos de subrasante.	26
Tabla 18. Categorías de subrasante.	26
Tabla 19. Clasificación de suelo de las calicatas C-01, C-02 y C-03.	38
Tabla 20. Sistema coordinado UTM y parámetros de suelo.	38
Tabla 21. C.B.R. adicionado con 0%, 3%, 6% y 9% grasa orgánica residual. ..	42
Tabla 22. Expansión del suelo de subrasante adicionando 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.	43
Tabla 23. Optimo contenido de humedad del suelo adicionando con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.	45
Tabla 24. Máxima densidad seca del suelo adicionando con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.	46
Tabla 25. Altura de la ascensión capilar del suelo dosificado con respecto al tiempo.	48

Tabla 26.	Altura de la ascensión capilar promedio del suelo dosificado con respecto al tiempo.....	48
Tabla 27.	Resistencia a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica.	50
Tabla 28.	Resistencia a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% grasa orgánica y sometidas a ciclos de congelamiento/descongelamiento.	51
Tabla 29.	Resumen de las resistencias a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica, con y sin ciclos de congelamiento y descongelamiento.	51
Tabla 30.	Prueba de normalidad de la variable resistencia CBR al 95%MDS ..	54
Tabla 31.	Correlación de Pearson y p-valor.....	55
Tabla 32.	Prueba de normalidad de la variable expansión.	55
Tabla 33.	Correlación de Spearman y p-valor	56
Tabla 34.	Prueba de normalidad de la variable O.C.H.....	57
Tabla 35.	Correlación de Pearson y p-valor.....	58
Tabla 36.	Prueba de normalidad de la variable M.D.S.....	58
Tabla 37.	Correlación de Pearson y p-valor.....	59
Tabla 38.	Prueba de normalidad de la variable ascensión capilar	60
Tabla 39.	Correlación de Spearman y p-valor	61
Tabla 40.	Prueba de normalidad de la variable resistencia después de ciclos de cong/descong del suelo de subrasante.	62
Tabla 41.	Correlación de Pearson y p-valor.....	63

Índice de figuras

Figura 1.	Diagrama de ácidos grasos.	12
Figura 2.	Planta de sacrificio de ganado menor, porcino.	13
Figura 3.	Según SUCS se presenta la carta de plasticidad.....	15
Figura 4.	Límites de Atterberg.	18
Figura 5.	Prueba de limite líquido.	19
Figura 6.	Prueba de limite plástico.....	19
Figura 7.	Fórmula del índice de plasticidad.....	20
Figura 8.	Definición en grafica del CBR de laboratorio.	21
Figura 9.	Aparatos para determinar el CBR en laboratorio.	22
Figura 10.	Pavimento rígido.....	23
Figura 11.	Pavimento flexible.	23
Figura 12.	Pavimento semi-rígido.	23
Figura 13.	Pavimento articulado.	24
Figura 14.	Distribución e incremento de esfuerzos de un pavimento flexible.	27
Figura 15.	Ascensión de agua en un tubo capilar.	27
Figura 16.	Altura de la columna de fluido.....	27
Figura 17.	Altura de la columna de fluido.....	28
Figura 18.	Ecuación del cambio del punto de congelación del agua.....	29
Figura 19.	La ecuación de Kelvin.....	29
Figura 20.	Depresión del punto de congelación calculada con la ecuación de Kelvin para un menisco esférico en el equilibrio agua-hielo.	30
Figura 21.	Termodinámica del daño por heladas.....	31
Figura 22.	Protuberancias creadas a partir de ciclos de congelación-descongelación-observatorio de la zona crítica Nivolet, Aosta (Italia).	31
Figura 23.	Los cristales de hielo se formaron en el exterior de una muestra de suelo tomada del permafrost de Alaska.	32
Figura 24.	Cuando las temperaturas bajan, el hielo se congela dentro de las grietas de las rocas.	32
Figura 25.	Calicata 01.	37
Figura 26.	Calicata 02.	37
Figura 27.	Calicata 03.	37

Figura 28.	Mapa de ubicación de la zona de estudio.	40
Figura 29.	Moldes CBR adición de grasa orgánica residual (3%, 6% y 9%).	42
Figura 30.	Ensayo de CBR con la adición de grasa orgánica residual.	42
Figura 31.	C.B.R. adicionado con 0%, 3%, 6% y 9% grasa orgánica residual. ..	42
Figura 32.	Colocación del aparato medidor de expansión.	43
Figura 33.	Lectura de expansión de las dosificaciones 0%, 3%, 6% y 9%.	43
Figura 34.	Expansión del suelo de subrasante adicionando 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.	44
Figura 35.	Suelo dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual. ...	45
Figura 36.	Secado en horno del suelo dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.	45
Figura 37.	Óptimo contenido de humedad del suelo adicionando con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.	45
Figura 38.	Compactación del suelo dosificado.	46
Figura 39.	Lectura del suelo dosificado más molde.	46
Figura 40.	Máxima densidad seca del suelo adicionando con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.	47
Figura 41.	Medida de la altura de la ascensión capilar.	48
Figura 42.	Registro de la lectura de la ascensión capilar.	48
Figura 43.	Control de ascensión capilar del suelo dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.	49
Figura 44.	Ciclos de congelamiento y descongelamiento de las probetas dosificadas.	50
Figura 45.	Ensayo de compresión simple de las probetas dosificadas.	50
Figura 46.	Resumen de las resistencias a la compresión de probetas dosificadas, con y sin ciclos de congelamiento y descongelamiento.	52
Figura 47.	% de CBR al 95% de M.D.S. del suelo dosificado de las investigaciones.	65
Figura 48.	% de O.C.H. del suelo dosificado de las investigaciones.	66
Figura 49.	M.D.S. (gr/cm ³) del suelo dosificado de las investigaciones.	67

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo, evaluar la influencia de la aplicación de grasa orgánica residual ante ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021. La metodología de esta investigación fue de tipo aplicado, enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental, nivel explicativo, la población estuvo conformado por las calicatas de la calle Muña, tres calicatas integran la muestra y el muestreo fue no probabilístico.

Los resultados, en cuanto a la resistencia a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica y sometidos a ciclos de congelamiento/descongelamiento fue 7.63 kg/cm², 11.39 kg/cm², 14.87 kg/cm² y 9.62 kg/cm² respectivamente, el CBR (95%.MDS) mejoró de 3.87% a 6.95%, al adicionar grasa orgánica en 3%, 6% y 9%: El O.C.H. disminuyó de 8.30% a 8.21%, 7.85% y 7.48%, la M.D.S. aumentó de 1.38 gr/cm³ a 1.41 gr/cm³, 1.55 gr/cm³ y 1.47 gr/cm³, finalmente la altura de ascensión capilar en 60 minutos disminuyó de 74.0mm a 29.0mm, 26.5mm y 21.0mm respectivamente. Se concluye que la grasa orgánica residual mejora la resistencia de 7.63 kg/cm² a 14.87 kg/cm², incrementó el CBR en un 80%, con una M.D.S. de 1.55 gr/cm³ y un O.C.H. de 7.85%.

Palabras clave: Grasa orgánica, congelamiento/descongelamiento, subrasante, CBR.

Abstract

The objective of this research work is to, evaluate the influence of the application of residual organic fat before freezing / thawing cycles in the subgrade soil of Muña Street, Altoqosqo-Cusco, 2021. The methodology of this research was of an applied type, quantitative approach, quasi-experimental design, explanatory level, the population was made up of the test pits on Muña Street, three test pits make up the sample and the sampling were non-probabilistic.

The results, regarding the compressive strength of specimens dosed at 0%, 3%, 6% and 9% organic fat and subjected to freeze/thaw cycles, was 7.63 kg/cm², 11.39 kg/cm², 14.87 kg /cm² and 9.62 kg/cm² respectively, the CBR (95%. MDS) improved from 3.87% to 6.95%, by adding organic fat in 3%, 6% and 9%: The OCH decreased from 8.30% to 8.21%, 7.85% and 7.48%, the M.D.S. increase from 1.38 gr/cm³ to 1.41 gr/cm³, 1.55 gr/cm³ and 1.47 gr/cm³, finally the height of capillary rise in 60 minutes decreased from 74.0mm to 29.0mm, 26.5mm and 21.0mm respectively. It is concluded that the residual organic fat improves the resistance from 7.63 kg/cm² to 14.87 kg/cm², increased the CBR by 80%, with an M.D.S. of 1.55 gr/cm³ and an O.C.H. of 7.85%.

Keywords: Organic grease, freeze/thaw, subgrade, CBR.

I INTRODUCCIÓN

Por el crecimiento de las ciudades en todo el mundo, la industrialización de grandes empresas y la utilización de los recursos que ofrece la naturaleza, están generando niveles de desperdicios orgánicos con mayor frecuencia y en grandes magnitudes [1]. En Portugal, se considera una producción de aproximadamente 125 mil toneladas de aceites vegetales y grasas, como desperdicios cada año, de lo mencionado anteriormente solo es tratado 3 mil toneladas de desechos [2]. Una buena cantidad de desperdicios orgánicos que simboliza un 60 % del total de los desperdicios domésticos no son recolectados, por lo tanto, no son tratados y de esta manera entran como agentes contaminantes a los suelos, agua y atmósfera debido a sus enormes volúmenes. La necesidad de investigar el uso de residuos, que de otra forma se convierten en sobra, afectan al medio ambiente, y emplearlos para un uso de construcción de carreteras es de esencial importancia para la ingeniería civil y para el medio ambiente.

Los problemas ambientales van incrementando en el Perú, un ejemplo de todo ello son las grasas generadas por las grandes industrias alimenticias, restaurantes y viviendas. Esas grasas de desperdicio son un agente contaminante muy grave, debido a que su estructura posee lípidos, sus tratamientos son elevados, se desechan grandes volúmenes [3]. Su contenido de restos orgánicos en su mayoría grasas puede tener un efecto repelente en el proceso de deterioro de los suelos, especialmente de los suelos limosos. La humedad en el suelo cambia sus propiedades geotécnicas, de manera que, conservar los suelos secos e impermeables es una labor vital para cumplir de mejor modo con la vida útil de los pavimentos en general.

Según la comisión de promoción del Perú para la exportación y el turismo, la denominada ciudad imperial del Cusco, ha sido reconocido como uno de las ciudades más visitadas a nivel mundial. Por lo tanto, está en aumento su economía y su desarrollo, es por ello que sus carreteras y sus calles deben de estar en buen estado y presentables. Al igual que las ciudades en altura Cusco no es ajeno a los fenómenos climáticos de tipo cíclico como es el caso de las heladas, es decir por

las madrugadas la temperatura es muy baja y durante el día la temperatura es alta, así de esta manera se van generando los ciclos de congelamiento y descongelamiento a lo largo de ese periodo.

De lo mencionado se obtiene el problema general: ¿De qué manera la aplicación de grasa orgánica residual influye ante ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?, por otro lado, los problemas específicos son 5: i) ¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?; ii) ¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en el óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?; iii) ¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la máxima densidad seca del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?; iv) ¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la ascensión capilar en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021? y v) ¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?.

La justificación de la presente investigación se da en términos ambientales puesto que se trata de convertir un resto que es un agente contaminante, en un aditivo útil para la construcción de carreteras y calles, las vías de tránsito, son muy importantes para las personas para que puedan movilizarse y de esta forma también transportar sus bienes, de esta manera alcanzar un crecimiento, integración y progreso en todo ámbito dentro de una ciudad. Como se sabe las vías de transporte que se encuentran en un buen estado, estructural y funcionalmente es sinónimo de que un país se desarrolle económicamente. Por lo tanto, el análisis de los factores que intervienen, así como los ciclos de congelamiento y descongelamiento de una subrasante se debe priorizar y darle importancia, así de esta forma se reducirán los costos en los mantenimientos, también van a disminuir los trabajos rutinarios que provocan congestiones en las vías del Cusco.

La justificación desde el punto de vista técnica se da, porque permitirá indagar la aplicación de nuevos materiales para la ingeniería civil, construyendo infraestructuras viales, así como la pavimentación de carreteras y calles. Se justifica también desde el punto de vista social porque se pueden lograr atractivos efectos en la disminución del costo de las obras al usar un material de desperdicio cuyo costo es usualmente nulo y así poder realizar más proyectos en beneficio de la población dándole calidad de vida y más que todo más oportunidades de trabajo.

De esta manera, la presente investigación tiene como objetivo general: Evaluar la influencia de la aplicación de grasa orgánica residual ante ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021. Por otro lado, los objetivos específicos son 5: i) Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021; ii) Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en el óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021; iii) Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la máxima densidad seca del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021; iv) Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la ascensión capilar en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021 y v) Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Como hipótesis general se tiene: La aplicación de grasa orgánica residual influye significativamente ante ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021. Asimismo, las hipótesis específicas son 5: i) La aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021; ii) La aplicación de grasa orgánica residual influye en el óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021; iii) La aplicación de grasa orgánica residual influye en la máxima densidad

seca del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021; iv) La aplicación de grasa orgánica residual tiene un efecto significativo en la ascensión capilar en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021 y v) La aplicación de grasa orgánica residual influye significativamente en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

II MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales en esta investigación se tienen a: Santa Cruz (2018), tuvo como objetivo determinar los efectos de aceite quemado en las propiedades mecánicas y físicas del suelo cohesivo para la sub rasante de la trocha carrozable Pitucuna, Satipo, Junín 2018. Fue un estudio de tipo aplicado, explicativo, las variables han sido manipulados en el laboratorio por el investigador es por ello que su diseño es experimental, las trochas carrozables ubicados en los tramos de Santo Domingo-Chamiriari-Rio Negro conforman la población de esta investigación, fue no probabilístico, intencional o dirigido el tipo de muestreo, la recolección de datos se realizó mediante la observación. Como resultados se tiene que la muestra de suelo en estudio según SUCS, es de tipo arcilla inorgánica de baja y mediana plasticidad (CL) y según AASHTO es A-4(6), su M.D.S. (densidad seca) fue de 1.89gr/cm³, su humedad óptima (O.C.H) fue 12.25% y CBR=10.00% por lo que según la norma CE 010 (pavimentos urbanos) le corresponde un suelo de subrasante regular. Para mejorar el suelo de subrasante se empleó el aceite quemado en las dosificaciones de 5%, 10% y 15% y se obtuvo los siguientes resultados: Por lo general las dosificaciones incrementaron el CBR y su compactación del suelo cohesivo, considerando a la dosis del 10% de aceite quemado como el más óptimo que dio mayores porcentajes en el mejoramiento del suelo cohesivo ya sea en sus propiedades mecánicas y físicas, así como la densidad y CBR. Su densidad subió en 0.27gr/cm³, el CBR se ha mejorado en 6% llegando de esta manera a una buena subrasante de acuerdo al manual de carreteras. En conclusión, se ha determinado como la dosificación optima a la adición del 10% de aceite quemado en el suelo de subrasante, al cual se acepta como la dosis que mejores resultados dio en los ensayos y de esta manera mejoró el suelo cohesivo en cuanto a sus propiedades, principalmente se obtuvo una mejor compactación con una buena densificación para su CBR [4].

Jalanoca (2021), tuvo como objetivo determinar cómo influye el aceite residual en las propiedades del suelo de subrasante de la carretera Platería Perka, Puno 2021. En cuanto a su metodología fue de tipo aplicado, diseño cuasiexperimental, nivel explicativo y enfoque cuantitativa. Su muestreo fue no probabilístico y su población lo componen las subrasantes de la carretera Platería Perka. Los resultados

obtenidos, primero para encontrar los parámetros del suelo ha realizado el ensayo en laboratorio del Proctor modificado usando específicamente el método "A" esto aplicándolo en la muestra de suelo M-01 extraído de la calicata. Obtuvo un O.C.H.(humedad optima) para el suelo natural sin dosificación de 8.64%, ya que este valor es reducido con la adición de aceite residual con las dosificaciones que varían de 1.5% al 4.5% de aceite residual, disminuyendo a 8.58%, 8.50%, 8.13% y 7.79% el O.C.H., ya que ha disminuido en -10.91% en comparación a la muestra patrón, por otro lado su máxima densidad seca (M.D.S.) fue, 2.060 gr/cm³ para la dosis 1.5%; 2.077 gr/cm³ para la dosis 2.5%; 2.086 gr/cm³ para la dosis 3.5%; y 2.006gr/cm³ para la dosis 4.5%, a continuación se muestran los resultados del CBR realizado al suelo extraído de la calicata considerado el más crítico que según el estudio de suelo fue GP-GC es decir grava pobremente gradada con arena y arcilla, presento un CBR al 100% MDS de este suelo natural un 40.20%, al adicionar aceite residual en las dosificaciones de 1.5% al 4.5% a la muestra de suelo M-01, obtuvo los valores de CBR al 100%MDS de 55.50%, 74.40%, 83.50% y 69.40% respectivamente. Se aprecia que el CBR incrementó con las dosificaciones del 1.5% al 3.5% de aceite residual y por otro lado el CBR disminuyó con la dosificación de 4.5%. Se concluye que la incorporación de aceite residual en el suelo natural seco influye en el O.C.H., también mejora el proceso de compactación del suelo de subrasante aumentando la M.D.S. del suelo dosificado en 1.5% al 3.5% de aceite residual, y con la dosificación del 4.5% de aceite residual disminuye su M.D.S. Por lo tanto, se ha determinado como la dosificación optima a la adición de 1.5% al 3.5% de aceite residual en el suelo de subrasante [5].

Seguidamente se tienen los antecedentes internacionales, así como: Patín (2018), tuvo como objetivo determinar el porcentaje óptimo requerido del aceite quemado para la estabilización del suelo arenoso. La investigación fue de tipo aplicado, enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental ya que las variables han sido manipuladas agregando el aceite quemado en el suelo arenoso. Tuvo como resultado un tipo de suelo arena limosa, mezclas de arena y limo (SM) según el SUCS, a continuación, se presenta la máxima densidad seca (M.D.S.) con un valor de 1,528.25kg/m³, luego el óptimo contenido de humedad tuvo un valor de 7.88%, luego también se obtuvo un CBR al 95% de MDS de 13.35%. Después, al

adicionar aceite quemado en el suelo limo arenoso resultó, que con la dosificación del 5% en el suelo arenoso el valor de CBR incrementó de 13.35% a 20.18%, la M.D.S. también incrementó de 1,528.25kg/m² a 1,745.00kg/m³. En conclusión, se ha determinado como la dosificación óptima a la adición del 5% de aceite quemado como estabilizador, así también como mejorador de sus propiedades del suelo arena limosa [6].

Moncayo (2018), tuvo como objetivo analizar el actuar mecánico del MH, sometido a la acción del aceite de motor usado. Su método de estudio fue científico, de tipo aplicado, diseño experimental ya que ha manipulado sus variables en el laboratorio para determinar la influencia del AMU en el suelo fino, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, así también su muestreo fue no probabilístico. Como resultados se ha obtenido que primero se ha realizado la clasificación del suelo obteniendo un suelo limo de alta plasticidad (MH) según el SUCS, a continuación, obtuvo el valor de la máxima densidad seca de 1.51gr/cm³, también el valor del O.C.H. (humedad óptima) de 25% y finalmente el valor de índice de resistencia del suelo CBR de 4.7%. Luego al adicionar el aceite de motor usado en las dosificaciones de 4%, 8%, 12% y 16%, se han obtenido los valores del CBR de 3%, 3.45%, 3.95% y 7.10% respectivamente, se puede apreciar que para las dosificaciones de 4%, 8% y 12% la resistencia CBR ha disminuido en comparación a la resistencia de CBR del suelo natural sin ninguna dosificación, pero con la dosificación del 16% la resistencia CBR ha incrementado con respecto al suelo patrón. Se concluye como la dosificación óptima a la adición del 16% de aceite quemado de motor en el suelo limoso de alta plasticidad ya que, es el que mejor resultado dio en el valor del CBR. Por lo que no sería apropiado usar en la construcción y se recomienda realizar otras investigaciones usando el aceite de motor quemado como dosificación en otros tipos de suelo [7].

Los artículos de esta investigación son: según Zhou, et al (2021), tuvieron como objetivo determinar los efectos de la congelación-descongelación ciclos (ciclo número y baja temperatura de congelación) sobre las respuestas dinámicas del suelo de subrasante congelado. Los resultados de la prueba indican que el nivel de la curva para el módulo de cizallamiento dinámico (relación de amortiguación)

primero disminuye (aumenta) y luego permanece aproximadamente estable en un rango de deformación pequeño al aumentar la congelación-descongelación ciclos. Los números para el módulo de cizallamiento dinámico (relación de amortiguación) son diferentes en las tres bajas temperaturas de congelación. En conclusión, los resultados de la comparación muestran una buena concordancia entre los datos experimentales y la curva predicha determinada a partir de este modelo teórico propuesto. Esta investigación proporciona una referencia útil e importante para evaluar la degeneración de las propiedades de ingeniería para el suelo de subrasante congelado expuesto a congelación-descongelación ciclos [8].

Del Castillo (2020), tuvo como objetivo evaluar el comportamiento geotécnico de un suelo fino de subrasante adicionado con aceite de motor usado. Se tiene como metodología, un enfoque cuantitativo, nivel exploratorio porque realizó los ensayos geotécnicos en suelos adicionados con aceite, aplicó los conocimientos ya existentes como formulas y ecuaciones matemáticas es por eso que es de tipo aplicado y también manipulo sus variables en laboratorio por ello su diseño es experimental. Como resultado obtuvo, según SUCS fue un limo de alta plasticidad (MH), según el ensayo de Proctor modificado obtuvo M.D.S. (máxima densidad seca) de 4.4gr/cm³, su O.C.H. (humedad optima) fue de 25%. Al adicionar aceite de motor usado en las dosificaciones de 4% luego 8% después 12% y finalmente 16%, obtuvo como resultados que a continuación se presentan: para el proceso de compactación ha disminuido el O.C.H. de la siguiente manera, para la dosificación del 4% disminuyó un 8%, para la dosificación de 8% disminuyó un 31.20%, para la dosificación de 12% disminuyó un 44.40% y por último para la dosificación de 16% disminuyó un 60%. Por otra parte, la M.D.S. aumentó al adicionar el aceite de motor usado en las dosificaciones de 4%, 8%, 12% y 16% en 4%, 4.5%, 5.7% y 7% respectivamente. En conclusión, la adición de aceite de motor usado en el suelo, limo de alta plasticidad aumentó de una manera muy ligera en cuanto a su densidad seca hasta 7%, y por otro lado se obtuvo un decremento en cuanto a su O.C.H. hasta un 60% porque el aceite de motor usado reemplaza al agua optima que se adicionó al suelo [9].

Tamut y Kalita (2022), el objetivo de esta investigación fue demostrar la influencia de los ciclos de congelación-descongelación en las propiedades de resistencia del suelo de subrasante afectado por las heladas estabilizado con cemento y reforzado con agujas de pino chir. En este trabajo de investigación, se ha estudiado la mejora de las propiedades de resistencia del suelo de la subrasante que se encuentra en Tawang, Arunachal Pradesh, India, mediante la adición de cemento como agente aglutinante y agujas de pino chir (CPN) como material de refuerzo. Los porcentajes de cemento variaron en 2, 4 y 6% y las proporciones de CPN variaron en 0,5, 1, 1,5 y 2% del peso seco del suelo. Los resultados de la prueba de compactación Proctor estándar muestran que el contenido óptimo de humedad (OMC) disminuyó y la densidad seca máxima (MDD) aumentó, con el aumento en el porcentaje de cemento, pero se observó una disminución tanto en OMC como en MDD con el aumento de fibras de CPN. La prueba California Bearing Ratio (CBR) se realizó en muestras de mezclas de suelo en tres categorías, a saber, muestras sin remojar, muestras empapadas y muestras después de haber sido sometidas a 4 ciclos de congelación-descongelación. Para condiciones no empapadas y empapadas, una mejora en la resistencia fue confirmada por un aumento en el valor de CBR para la muestra de prueba que contiene suelo, cemento y CPN. Sin embargo, el resultado que se observó fue una reducción de la resistencia después de los ciclos de congelación-descongelación de todas las mezclas de suelo. Además, para evaluar el comportamiento de resistencia del suelo afectado por las heladas, se realizó una serie de pruebas de compresión no confinada (UCS) en muestras curadas con diferentes mezclas de suelo y muestras similares después de someterlas a 0, 3, 7, 14 y 28 de congelación-descongelación, ciclos. En conclusión, para las muestras curadas, se observaron mejoras significativas en la resistencia con los períodos de curado y aumento en el porcentaje de cemento y contenido de CPN. Se encontró que la dosis óptima de los mezcladores que dan un mejor rendimiento es S + 6% C + 1,5% CPN. Los efectos debilitantes de los ciclos de congelación-descongelación se confirman comparando las pérdidas de resistencia con respecto a las muestras curadas [10].

Mahedi, Cetina y Cetin (2019), tuvieron como objetivo mostrar el rendimiento de congelación-descongelación del material de cambio de fase (PCM) incorporado al

suelo de la subrasante del pavimento. Los materiales de cambio de fase (PCM) pueden almacenar y liberar grandes cantidades de energía en forma de calor latente durante sus cambios de fase, lo que podría utilizarse para controlar el impacto de congelación-descongelación en los sistemas de cimentación de pavimento. Se evaluaron suelos de loess sin tratar y tratados con cenizas volantes Clase C enmendados con tres dosis diferentes de líquido a base de parafina, y PCM micro encapsulados utilizando pruebas de compresión no confinada, cambio de volumen y levantamiento de escarcha. Los resultados de esta investigación apoyan el uso de PCM para controlar el efecto de congelación-descongelación en el suelo de la subrasante. Se proporcionan más recomendaciones sobre la selección de PCM, PCM de tipo compuesto, método de incorporación y estabilidad química [11].

Tian, et al (2019), tuvieron como objetivo analizar el comportamiento cíclico de materiales de grano grueso expuesto a congelar-descongelar ciclos: Evidencia experimental y modelo de evolución. En este estudio, se realizó una serie de pruebas cíclicas triaxiales para investigar las características de los MCG considerando los efectos del número de FT ciclos (N_{FT}), presiones de confinamiento (σ_3), dinámica amplitud de tensión (σ_d^-) y contenido de finos (FC). Los resultados de pruebas representativas de deformación axial acumulativa (ϵ_{acc}), módulo resiliente (M_r), dinámica luego se presentan y discuten el módulo de corte (G_d) y la relación de amortiguamiento (D). En conclusión, se proponen y validan modelos empíricos para predecir la evolución de ϵ_{acc} y M_r para CGM bajo la carga cíclica. Además, se establecieron los modelos de evolución de G_d y D , que pueden utilizarse para calcular la respuesta de MCG bajo diversos factores de influencia. En general, este estudio proporciona más información sobre los comportamientos cíclicos de los MCG en regiones congelados [12].

Kravchenko, et al (2018), tuvieron como objetivo evaluar el rendimiento de arcilla tierra reforzado con fibras sometidas a ciclos de congelación-descongelación. Las muestras experimentales se realizaron agregando varios contenidos de basalto y fibras de polipropileno (0, 0.25, 0.5, 0.75% del peso seco de la tierra) en arcilla tierra. Los ciclos de congelación-descongelación se realizaron

en un sistema cerrado (0, 2, 5, 8, 10, 15 ciclos). Se emplearon fibras de refuerzo de sección transversal circular. Como resultado se observó una disminución en la resistencia de las muestras de prueba con un aumento en el ciclo de congelación-descongelación, mediante la realización de experimentos de compresión triaxial. La mayor disminución en la resistencia de la arcilla se observó en muestras después de 15 ciclos de congelación-descongelación, pero se observó que el uso de fibras ayuda a prevenir una disminución en la resistencia de la arcilla sometida al ciclo de congelación-descongelación. Después de 15 ciclos de congelación-descongelación, la resistencia de todas las muestras reforzadas con fibra y no reforzadas disminuye aproximadamente entre un 30% y un 35%. Al reforzar 0,75% con fibras de polipropileno, la resistencia aumenta en un 70%. La inclusión de 0,75% de fibra de basalto aumenta la resistencia en un 41,2% antes de congelación y en un 27,1% después del 15º ciclo. En conclusión, el módulo elástico de todas las muestras disminuye con el aumento de los ciclos de congelación-descongelación, sin embargo, las muestras que fueron reforzadas con fibra mostraron un aumento en el módulo elástico en comparación con las muestras no reforzadas antes y después de la congelación-descongelación [13].

Las teorías para esta investigación se tienen a, la grasa en biología y química, está compuesto por ácidos grasos o triglicéridos y tri éster de glicerol que son un tipo de lípido, cuya estructura posee carbono e hidrogeno, normalmente en solventes orgánicos son solubles y la mayor parte insolubles en agua, también las grasas a temperatura ambiente son sólidas; como por ejemplo tenemos la manteca de cerdo, manteca vegetal, crema y mantequilla [14]. A continuación, se presenta la clasificación de la grasa: i) Grasas saturadas, a temperatura ambiente son sólidas, llamados también "grasas sólidas", lo podemos encontrar generalmente en alimentos de origen animal, como la leche, el queso y la carne [15]; ii) Grasas insaturadas, a temperatura ambiente lo encontramos en estado líquido, este tipo de grasa lo encontramos más que todo en aceites de origen vegetal, las grasas monoinsaturadas y las grasas poliinsaturadas son tipos de grasas insaturadas [16].

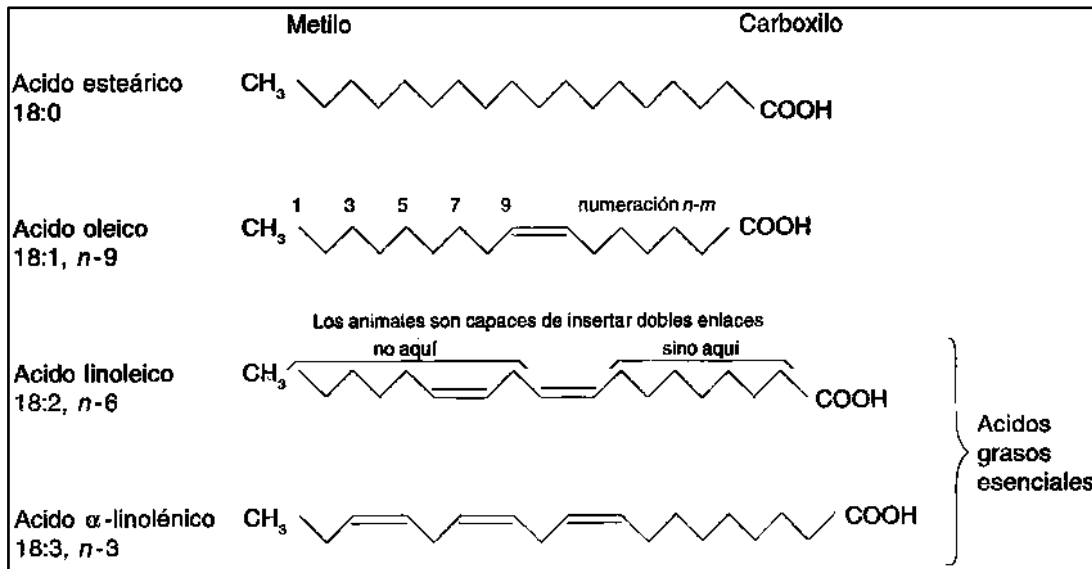


Figura 1. Diagrama de ácidos grasos.

Fuente: Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos. (Estudio FAO Alimentación y Nutrición - 57).

Acerca de las grasas orgánicas, se pueden indicar que son uno de los nutrientes básicos del ser humano y se utilizan predominantemente en la industria de procesamiento de alimentos (conservación). La Composición química de la grasa orgánica son los glicéridos compuestos por tres grupos de -OH que sirven para unir las cadenas de los ácidos grasos con átomos de carbono unidos por enlaces -O-. El punto de fusión de las grasas es muy alto con respecto a los aceites esto se debe a que las cadenas de los ácidos grasos más extensos y son susceptibles a las fuerzas de van der Waals que atraen partes de la molécula entre sí [17].

Tabla 1. Composición de los ácidos grasos y las características de las grasas de bovino, oveja, porcino y aves.

Ácido graso	Bovino	Oveja	Porcino	Ave
Palmitico 16:0*	29%	25%	28%	-
Esteárico 18:0	20%	25%	13%	-
Oleico 18:1	42%	39%		46%
Linoleico 18:2	2%	5%	12%	-
% Saturados	50%	47%	39%	30%
% Insaturados	42%	41%	45%	45%
% Poliinsaturados	4%	8%	1%	21%
Punto de fusión	Bovino	Oveja	Porcino	Ave
General	104-122°F (40-50°C)	111-124°F (44-51°C)	82-118°F (28-48°C)	88-91°F (31-33°C)
Grasa dorsal	90-111°F (32-44°C)	90-115°F (32-46,11°C)	86-104°F (30-40 °C)	
Grasa renal	104-122°F (40-50°C)	111-124°F (44-51°C)	111-118°F (44-48°C)	

*16:0 - número de carbonos en la cadena de ácido graso: número de enlaces dobles insaturados. Por ejemplo, el ácido graso está compuesto de 16 carbonos y no tiene enlaces dobles insaturados.

Fuente: A.C. Knipe and W.E. Watts.

Acerca de los mataderos, son un conjunto de procedimientos que se deben realizar para convertir un animal sano en carne, es decir en productos cárneos consumibles de muy buena calidad, para así poder satisfacer las necesidades de los consumidores. Es decir, se trabaja con materia orgánica que sirve como alimento a los seres vivos [18].



Figura 2. Planta de sacrificio de ganado menor, porcino.

Fuente: García y Buxadé, 2006.

Acerca del suelo, es la parte superficial de la corteza terrestre, constituidas por minerales y partículas orgánicas producto del proceso de meteorización ocasionado por el viento, agua y procesos de desintegración orgánica de manera lenta y gradual, los suelos cambian su estructura a excepción con las originadas por desastres naturales [19]. El suelo está compuesto por sólidos (minerales y materia orgánica), líquido y gases. Existen los siguientes tipos de suelos: a) Suelos granulares, este tipo de suelo no tiene cohesión debido a su gran tamaño y está compuesto por partículas o agregados, una de las características más importantes es que posee una alta capacidad de soporte y su elevado permeabilidad, bajo cargas externas y ayuda a drenar con facilidad; b) Gravas, la grava se encuentra naturalmente en todo el mundo como resultado de procesos geológicos sedimentarios y erosivos, también se produce comercialmente en grandes cantidades como piedra triturada. Casi la mitad de toda la producción de grava se utiliza como agregado para hormigón. Según el sistema unificado SUCCS, el tamaño de partícula de una grava es mayor a 2 mm; c) Arenas, llamado también agregado de grano fino, se obtiene de la desintegración natural o artificial de rocas. Su tamaño varía entre 2 mm y 0,05 mm y para AASTHO, entre 4,75 mm, según el SUCS, el máximo diámetro es de 0,075 mm; d) Suelos cohesivos, según el SUCCS, es menor a 0.08 mm el tamaño de sus partículas; e) Limos, este suelo está formado por partículas de grano fino de poca o nula plasticidad. De acuerdo a la normativa AASTHO, el diámetro de partícula esta entre 0.05 mm y 0.002 mm, para el SUCS, el diámetro de partícula es menor a 0.075 mm; f) Arcillas, su estructura está compuesto por partículas sólidas con un diámetro inferior a 0,002mm [20].

Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.

Tipo	Denominación	Tamaño de las partículas	
Suelos Granulares	Grava	75 mm. - 4.75 mm.	
	Arena	Arena gruesa: 4.75 mm. - 2.00 mm.	
		Arena media: 2.00 mm. - 0.425 mm.	
		Arena fina: 0.425 mm. - 0.075 mm.	
Suelos Cohesivos	Material fino	Limo	0.075 mm. - 0.005 mm.
		Arcilla	Menor a 0.005 mm.

Fuente: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimento-sección suelos y pavimentos.

Tabla 3. Simbología de grupo (SUCS).

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido alto (<50)	H

Fuente: Manual de carreteras del MTC.

Tabla 4. Símbolo y características del suelo (SUCS).

Símbolo	Características generales		
GW	Grava (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
GP		Con finos (Finos>12%)	Pobrementemente graduadas
GM	Arenas (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Componente limoso
GC		Con finos (Finos>12%)	Componente arcilloso
SW	Limos	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
SP		Con finos (Finos>12%)	Pobrementemente graduadas
SM	Arcillas	Limpias (Finos<5%)	Componente limoso
SC		Con finos (Finos>12%)	Componente arcilloso
ML	Suelos orgánicos	Baja plasticidad (LL < 50)	
MH		Alta plasticidad (LL > 50)	
CL	Turba	Baja plasticidad (LL < 50)	
CH		Alta plasticidad (LL > 50)	
OL	Suelos altamente orgánicos		
OH	Suelos altamente orgánicos		

Fuente: Manual de carreteras del MTC.

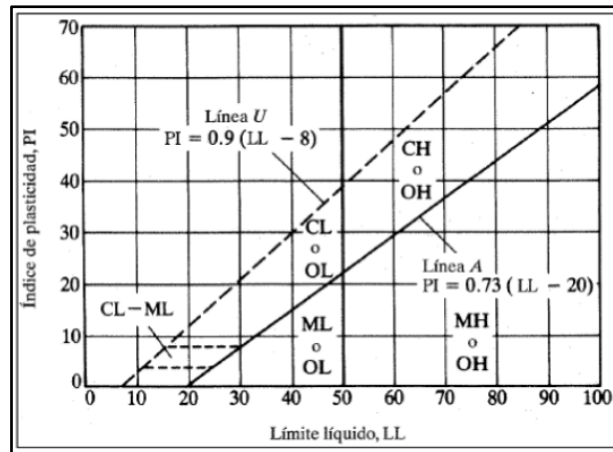


Figura 3. Según SUCS se presenta la carta de plasticidad.

Fuente: Das (2006); Principios de ingeniería de cimentaciones 5ta edición.

Tabla 5. Clasificación de suelos - AASHTO.

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08mm							Suelos finos más de 35% pasa po el tamiz de 0.08 mm				
Grupo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Simbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Analisis granulométrico												
%% que pasa por el tamiz												
2 mm	máx.50											
0.5 mm	máx.30	máx.50	máx.50									
0.08 mm	máx.15	máx.25	máx.10	máx.3 5	máx.3 5	máx.3 5	máx.3 5	mín.3 5	mín.3 5	mín.3 5	mín.35	mín.35
Limites Atterberg				máx.4 0	min.4 0	máx.4 0	min.4 0	máx.4 0	máx.4 0	máx.4 0	min.40	min.40
Límite de liquidez índice de plasticidad	máx.6	máx.6		máx.1 0	máx.1 0	min.1 0	min.1 0	máx.1 0	máx.1 0	min.1 0	min.10 IP<LL-30	min.10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx.4	máx.4	máx.8	máx.1 2	máx.1 6	máx.20	máx.20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcilloso		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: MTC; Manual de carreteras de bajo volumen de tránsito, 2008.

Tabla 6. Clasificación según AASHTO y SUCS.

Clasificación de Suelos AASHTO	Clasificación de Suelos SUCS
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de carreteras del MTC.

Tabla 7. Normas AASHTO, ASTM, MTC aplicables para los suelos.

Normatividad			Descripción del ensayo
AASHTO	ASTM	MTC	
	ASTM D420	MTC E 101	Guía para el muestreo de suelos y rocas.
	ASTM D 2216	MTC E 108	Contenido de humedad de los suelos.
AASHTO T 88	ASTM D 422	MTC E 107	Análisis granulométrico de los suelos por tamizado.
	ASTM D 1557	MTC E 115	Relaciones Humedad Densidad
AASHTO T 89	ASTM D 4318	MTC E 110	Limite liquido
AASHTO T 90	ASTM D 4318	MTC E 111	Limite plástico e Índice de plasticidad

Fuente: AASHTO-ASTM-MTC.

La granulometría, estudia las propiedades físicas de las partículas de granos similares a gravas, arenas roca triturada y otros. Es decir, estudia las características de su superficie, su forma y tamaño del suelo de manera individual ya que sus leyes son de naturaleza geométrica, es conocido también como la gradación de los suelos que nos permite identificar con que propiedades está participando los granos de suelo según el tamaño [21].

Tabla 8. Tipo de suelo por su tamaño de partículas.

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm – 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm – 0.05 mm
Limo	0.05 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MTC, 2008).

Tabla 9. Gradación de suelos.

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	-	-	-	-	-
37,5 mm (1½")	100	-	-	-	-	-
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100	-	-	-	-
9,5 mm (3/8")	45-82	65-100	50-85	60-100	-	-
4,75 mm (N° 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N° 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N° 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: MTC; EG-2013.

Límites de consistencia, se realizan en suelos finos que se encuentran de manera natural y que se encuentran en distintas fases y esto dependerá de la cantidad de agua que presentan es decir que un suelo se encuentra en fase sólida, semisólida, plástico y líquido. El método para poder medir la humedad es el de Atterberg, esto consiste en determinar los distintos cambios de un estado a otro según la norma AASHTO [22].



Figura 4. Límites de Atterberg.

Fuente: Trabajos de infraestructura forestal UF0700, p. 154.

Acerca del límite líquido (LL), es cuando el terreno se comporta como un componente flexible, dicho de otra manera, el límite líquido se presenta cuando la masa de suelo pasa de un estado semilíquido a plástico [23].



Figura 5. Prueba de limite líquido.

Límite plástico (LP), es la resistencia que presenta el suelo antes del corte o agrietamiento, para ello se realizan pequeños rollos de forma cilíndrica de cierta medida ya sea en centímetros o pulgadas esto de acuerdo a la ASTM, se mide su diámetro cuando logra agrietarse para saber su resistencia al corte. El procedimiento consiste en frotar el suelo con la mano en una placa de vidrio de manera repetitivo hasta formar rollitos cilíndricos de 1/8 de pulgada (3.2mm) de diámetro, al realizar de manera constante y repetitivo pierde su humedad hasta el punto de llegar al agrietamiento, en ese instante esa humedad determina el limite plástico. Se repite el procedimiento hasta reunir una muestra de 6 gr. como mínimo [24].



Figura 6. Prueba de limite plástico.

Índice de plasticidad (IP), se determina al realizar la sustracción entre el LL Y LP, ya que esto indica la cantidad de agua como contenido de humedad en la cual un determinado suelo permanece plástico antes de convertirse en líquido. Como

recomendación se debe de tener en cuenta la presencia de la arcilla que es un suelo cohesivo con respecto a su humedad, ya que es un elemento de alto riesgo en la construcción de carreteras, específicamente en el suelo de sub rasante, esto se debe a su alta sensibilidad al agua [25].

$$IP = LL - LP$$

Figura 7. Fórmula del índice de plasticidad.

Tabla 10. Características del suelo según el IP.

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	Media	suelos arcillosos
10 > IP > 4	Baja	suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plastico	suelos exentos de arcilla

Fuente: MTC; Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Contenido de humedad, se refiere a que las rocas, suelos, maderas, entre otros contienen una determinada cantidad de agua en su estructura, ya que esto se puede medir mediante un análisis gravimétrico o volumétrico que consiste en relacionar la masa de agua con respecto a la masa de la materia prima [26].

Proctor modificado, para que un suelo alcance un índice de resistencia óptima se debe de realizar una adecuada compactación, para ello se debe de tomar en cuenta los parámetros del suelo, así como la densidad y la humedad. Este ensayo permite realizar una compactación con una energía establecida o controlada, es decir la compactación es un proceso mecánico mediante la cual las partículas del suelo son obligadas a que estén unidas eliminando los espacios vacíos ocupados por el oxígeno, que esto es un proceso fundamental. El tipo o la clasificación del suelo se realiza para determinar cuál de ellos utilizar ya sea el Proctor modificado o Proctor estándar, el primero se usa en suelos granulares y la segunda en suelos fino, el límite o la frontera de la curva de compactación que le corresponde al Proctor

estándar varia de 85% al 97% del mayor o máximo perteneciente a la prueba modificada [27].

Tabla 11. Métodos del Proctor modificado.

Descripción	Método A	Método B	Método C
Diámetro de molde	4" (1016mm)	4" (1016mm)	6" (152.4mm)
Volumen de molde	0.033p3 (944cm ³)	0.033p3 (944cm ³)	(2124cm ³)
Peso de pisón	10lb (4.45kg)	10lb (4.45kg)	10lb (4.45kg)
Altura de caída de pisón	18plg (304.8mm)	18plg (304.8mm)	18plg (304.8mm)
Numero de golpe por capa	25	25	56
Numero de Capa	5	5	5
Energía de compactación	56,000pie lb/p3	56,000pie lb/p3	56,000pie lb/p3
Compactación	2700KN-m/m ³	2700KN-m/m ³	2700KN-m/m ³
Material	Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm)	Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm)	Se emplea el que pasa por el tamiz ¾ pulg (19,0 mm)
Uso	Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm)	Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm)	Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz ¾ pulg (19,0 mm)

Fuente: ASTM D1557.

Acerca del CBR (California Bearing Ratio) de laboratorio, en 1929 fue propuesto este método por los ingenieros T. E. Stanton y O. J. Porter del departamento de carreteras de California. Este método clasifica el suelo y lo determina que el suelo será utilizado como un material de subrasante o base, este método fue utilizado en la construcción de carreteras durante la segunda guerra mundial [28]. Así mismo el CBR se define como uno de los ensayos que ayuda a determinar la calidad de este material, en español el CBR es conocido como relación de soporte California [29].

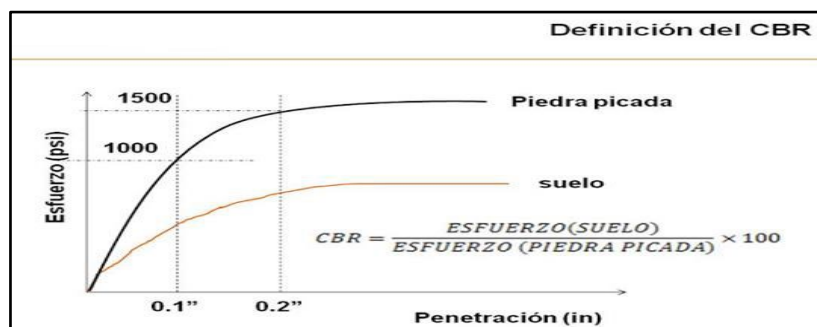


Figura 8. Definición en grafica del CBR de laboratorio.

Fuente: (Sánchez, 2012).

De acuerdo a las normas, el índice de resistencia CBR, determina la presión requerida para que un pistón comprima o penetre una determinada muestra de suelo con velocidad permanente de 1.27mm/min a 0.1" y 0.2" de profundidad. Es uno de los ensayos que nos permite obtener la capacidad portante del suelo en carreteras. Para el caso específico de suelos de sub rasante o afirmados el índice de resistencia CBR debe de ser mayor o igual al 6%, caso contrario de debe de estabilizar para que las propiedades del suelo mejoren o reemplazarlos con otro tipo de suelo que cumpla con la resistencia requerida. Por otro lado, mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad controlada [30]. La ASTM-D 1883 se usa para los ensayos de CBR de laboratorio, ASTM-D 4429-93 para los ensayos de CBR in situ [31].

Tabla 12. Medida de penetración y presión en el vástago.

Penetración		Presión en el vástago	
Centímetro	Pulgada	kg/cm ²	lb/pulg ²
0.25	0.1	70	1,000
0.5	0.2	105	1,500
0.75	0.3	133	1,900
1	0.4	161	2,300
1.25	0.5	182	2,600

Fuente: ASTM 1883.

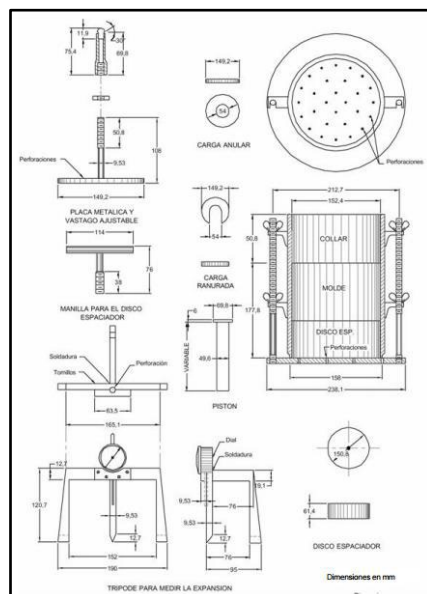


Figura 9. Aparatos para determinar el CBR en laboratorio.

Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2007).

Acerca del pavimento, se puede mencionar lo siguiente: según AASHTO está compuesto por capas granulares y asfaltos de diferentes espesores y calidades que se encuentran por encima de la capa de subrasante. Las capas que componen el pavimento ya sea flexible o rígido, son los responsables de soportar y contrarrestar las cargas provenientes del flujo vehicular, también transfieren las cargas a las capas inferiores así de esta forma las cargas van disipándose de capa en capa, también hay otros factores que el pavimento debe de soportar así como los factores ambientales como por ejemplo los ciclos de congelamiento y descongelamiento y las precipitaciones pluviales, con las cuales hay una fuerte interacción en los pavimentos [32].

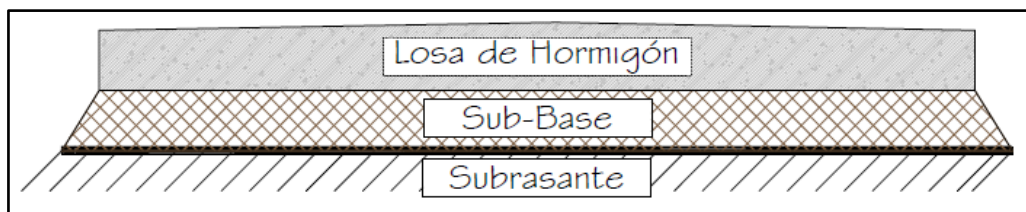


Figura 10. Pavimento rígido.

Fuente: (Armijos, 2009).

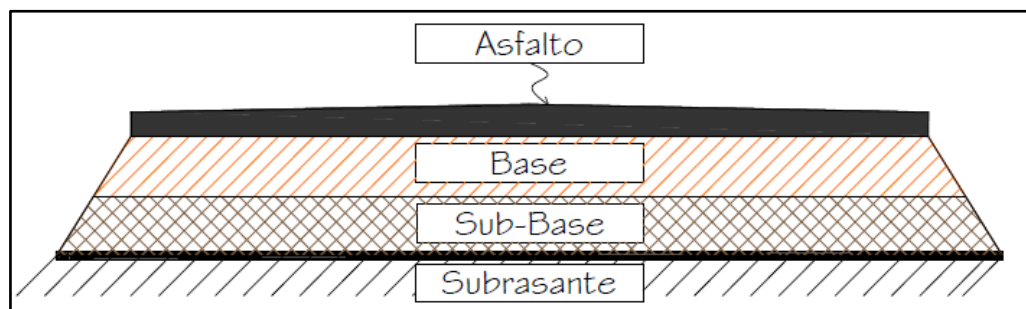


Figura 11. Pavimento flexible.

Fuente: (Armijos, 2009).

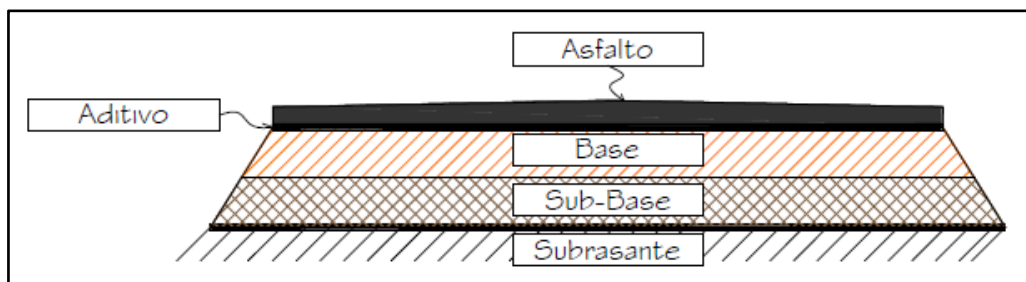


Figura 12. Pavimento semirrígido.

Fuente: (Armijos, 2009).

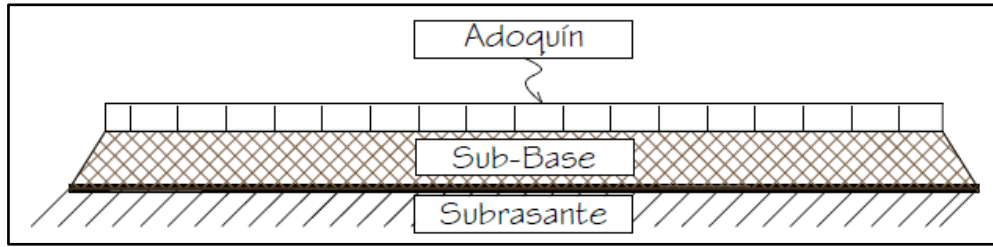


Figura 13. Pavimento articulado.

Fuente: (Armijos, 2009).

Acerca de la base de la estructura de un pavimento, esta capa está ubicada por debajo de la carpeta asfáltica, su finalidad es soportar las cargas externas que actúan sobre este, absorberlos y los demás esfuerzos transmitirlos a las capas inferiores. Está compuesto exclusivamente por materiales granulares, como agregados (material natural), o material triturado (artificial) [33].

Tabla 13. Características físico-mecánicas.

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Trafico en ejes equivalentes (<10 ⁶)	Min. 80%
	Trafico en ejes equivalentes (>10 ⁶)	Min. 100%

(1) Referido al 100% de la máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm)

Fuente: (EG, 2013).

Tabla 14. Requerimientos agregado grueso.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	> 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: (EG, 2013)

Tabla 15. Requerimientos agregado fino.

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		< 3.000 msnm	> 3.000 msnm
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx.	2% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	35% máx.	45% máx.
Sales Solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	-	15%

Fuente: (EG, 2013).

Acerca de la subbase de la estructura o capas de un pavimento, esta capa se encuentra por debajo de la base y por encima de la subrasante, al igual que las otras capas su función es disipar una parte de la carga ocasionado por el flujo vehicular y el resto transmitirlo a la siguiente capa que se encuentra por debajo de este.

Tabla 16. Requerimientos de ensayos especiales.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	> 3.000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50% máx.	50% máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40% min.	40% min.
Limite Liquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sale Solubles	MTC E 219	-	-	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	D 4791	-	20% máx.	20% máx.

(1) Referido al 100% de la máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm)

Fuente: (EG, 2013).

La subrasante de la estructura de un pavimento, llamado también capa de fundación o terreno, está formado por suelo o material natural, que en ocasiones debe de ser mejorado, cuando no cumplen con las normativas establecidos ya que

sobre esta capa se encuentran apoyados toda la estructura de un pavimento, para alcanzar los parámetros mínimos que indica la norma esta capa debe ser compactada. Un dato muy importante es que el espesor de las demás capas de la estructura de un pavimento depende de la calidad de la subrasante, es por ello que esta capa debe de cumplir con los requisitos mínimos de la normativa y los parámetros [34].

Tabla 17. *Clasificación de suelos de subrasante.*

Categoría de subrasante	Descripción	CBR
Subrasante excelente	Son aquellos que no se ven afectadas por congelamientos ni humedades, son las arenas, gravas angulosas limpias, bien graduadas.	$CBR \geq 17\%$
Subrasante bueno	Son aquellos que cuando están húmedos tienen la capacidad de soportar cargas, se refieren a la arena con grava, arenas y libres de materiales plásticos.	$8\% < CBR < 17\%$
Subrasante regular	Bajo condiciones adversas de humedad son moderadamente estables, se refieren a las arenas eólicas, arenas gravosas y arenas limosas que presentan limos y arcillas de manera moderada.	$3\% < CBR < 8\%$
Subrasante pobre	Se refieren a los suelos plásticos y blandos húmedos, es decir son los limos y las arcillas. Las arenas eólicas y los limos gruesos pueden mostrar pobres capacidades de soporte en lugares donde es un factor la penetración de las heladas.	$CBR \leq 3\%$

Fuente: Norma técnica CE. 010 pavimentos urbanos.

Tabla 18. *Categorías de subrasante.*

Categoría de Subrasante	CBR
Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
Subrasante pobre	$3\% \leq CBR < 6\%$
Subrasante regular	$6\% \leq CBR < 10\%$
Subrasante buena	$10\% \leq CBR < 20\%$
Subrasante Muy buena	$20\% \leq CBR < 30\%$
Subrasante excelente	$CBR \geq 30\%$

Fuente: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos-sección suelos y pavimentos (MTC, 2013).

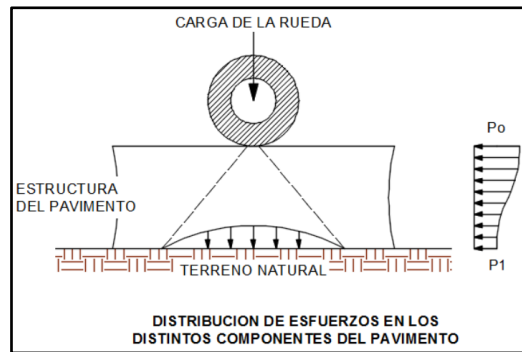


Figura 14. Distribución e incremento de los esfuerzos de un pavimento flexible.

Fuente: (MTC, 2013).

Ascensión capilar, se define como la humedad existente en el suelo afectando a las estructuras por los poros o espacios entre las partículas o tubos capilares [35]. Un claro ejemplo es cuando se observa una comparación entre dos fluidos, el mercurio y el agua, sumergiendo un tubo capilar en ellos [36]. En la parte superior del tubo el fluido forma un menisco dependiendo del tipo de fluido, cóncavo (mercurio) o uno convexo (agua) [37].

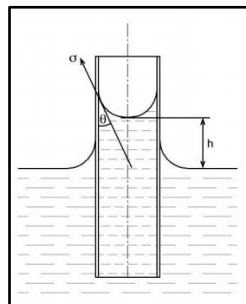


Figura 15. Ascensión de agua en un tubo capilar.

Fuente: (García Soledad, 2012).

Según García Soledad, para encontrar la altura de la columna de fluido se plantea la siguiente ecuación:

$$\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)$$

Figura 16. Altura de la columna de fluido.

Fuente: (García Soledad, 2012).

De la ecuación anterior despejamos h y se obtiene lo siguiente:

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)}{r \cdot \rho \cdot g}$$

Figura 17. Altura de la columna de fluido.

Fuente: (García Soledad, 2012).

Acerca de los ciclos de congelación-descongelación, es cuando la temperatura desciende por debajo de cero, se desarrollan ciclos de congelación-descongelación y la presión ejercida por los cristales de hielo en los poros del material puede tener efectos perturbadores. A primera vista, uno esperaría que cuanto mayor sea el tamaño de los poros, mayor será la fuerza, de modo que las piedras caracterizadas por poros grandes y alta porosidad total estarán más expuestas al riesgo. Sin embargo, las cosas son diferentes y la mayoría de las areniscas europeas son bastante inmunes al daño de las heladas a pesar de su baja resistencia mecánica y su estructura de poros gruesos. Se ha evaluado que la presión máxima esperada en la piedra arenisca es unas 10 veces menor que en una piedra caliza pobre. Las piedras pobres no resistentes a las heladas se caracterizan por una distribución del tamaño de los poros que alcanza principalmente un pico en el rango de 0,1 a 0,5 μ m, lo cual es raro en los cálculos buenos [38]. El problema del daño causado por las heladas a los materiales porosos depende de varios factores: distribución del tamaño de los poros, combinación geométrica de poros capilares y efecto Kelvin para el agua y el hielo. En climas no húmedos, los poros pequeños tienen la mayor probabilidad de llenarse de agua a intermedios de $HR r \ll 0.1\mu$ m, Kelvin la ley provoca una disminución del punto de congelación para un menisco curvo. Es bien sabido que las heladas no siempre ocurren a $T = 0^\circ \text{C}$; cuanto menor sea el radio del menisco, menor será el punto de congelación. Cuando un material poroso se congela, se forman cristales de hielo macroscópicos en los poros más grandes y el agua se extrae de los capilares y los poros más finos donde el agua superenfriada permanece más tiempo. Así, en principio, se espera que se formen cristales grandes en las cavidades más grandes, mientras que los capilares y los poros más pequeños se comportan como un reservorio de agua superenfriada que puede desplazarse (ya sea en la fase líquida o por la tensión de equilibrio más baja del hielo) y alimentar el cristal de hielo que ya se han formado. Es posible calcular el cambio del punto de congelación del agua que llena los microporos con menisco curvo en el caso de geometría de poro simple, y la esfera es la más

simple. Además, existe alguna evidencia de que la interfaz líquido-sólido en un capilar es esférica, al menos cuando el capilar no es demasiado pequeño. La ecuación de Laplace es válida no solo para líquidos en equilibrio con su vapor sino también para sólidos en equilibrio con su fase líquida, es decir:

$$\Pi_{sl} = -\frac{2\sigma_{sl}}{r} \cos \theta$$

Figura 18. Ecuación del cambio del punto de congelación del agua.

Fuente: (Laplace).

donde las etiquetas *s* y *l* se refieren a estas dos fases y $\sigma_{sl} = 17,2 \text{ erg cm}^{-2}$. Procediendo como antes con la derivación de la ecuación de Kelvin, es posible calcular cuánto se apartará la temperatura de congelación del nivel habitual cuando se trata de formas de hielo particulares, como cristales de hielo de los que se componen los copos de nieve. Existen varias ecuaciones con pequeñas correcciones empíricas [39].

$$\Delta T_f = T_f \frac{2\sigma_{sl}M}{r\rho_s\Delta H} = T_f \frac{2\sigma_{sl}V_s}{r\Delta H} = T_f \frac{2\sigma_{sl}}{r\rho_sL_f}$$

Figura 19. La ecuación de Kelvin.

Fuente: (Kelvin).

donde *M* es la masa molar de la sustancia, ρ_s es la densidad del sólido, $\Delta H L_f = \Delta H / M$ es el calor latente de fusión. Para agua pura, $\Delta H = 18 (80 - 0.5 \Delta T_f)$ cal mol⁻¹, donde $0.5 \Delta T_f = \int (c_w - c_i) dT$, donde c_w y c_i son los calores específicos del agua y hielo, respectivamente y $p = \text{constante}$. Los experimentos de laboratorio sobre congelación en microporos muestran que los datos observados se encuentran entre dos curvas calculadas con la ecuación de Kelvin, una calculada con la tensión superficial σ_{sl} característica de la interfaz sólido-líquido y la otra con σ_{sv} , es decir, el sólido-vapor, interfaz (Fig. 20). Una posible interpretación de esto es que, a temperaturas meteorológicas habituales, el hielo siempre está cubierto con una película de agua, de modo que, en realidad, la interfaz sólido-gas es el efecto combinado de dos interfaces, es decir, interfaces

sólido-líquido más líquido-gas, y el espesor de la película líquida entre las dos interfaces puede cambiar los valores observados de la tensión superficial global.

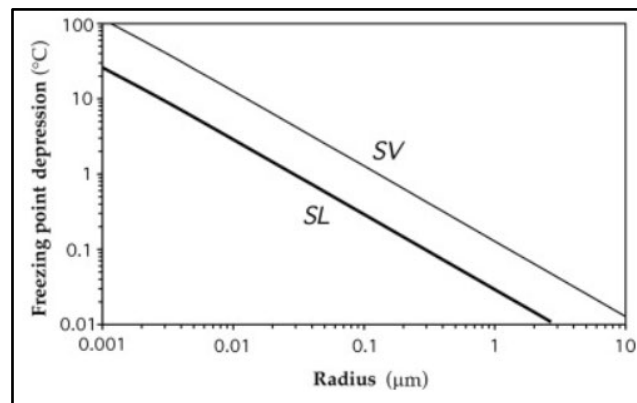


Figura 20. Depresión del punto de congelación calculada con la ecuación de Kelvin para un menisco esférico en el equilibrio agua-hielo.

Fuente: (Kelvin).

Se puede observar que en esta ecuación el signo de ΔT_f está vinculado al signo de r y uno podría esperar encontrar hielo simétricamente caliente a $+40^\circ\text{C}$ de la misma manera que el agua sobre enfriada se encuentra a -40°C . Sin embargo, los cristales de hielo son convexos y el agua en los poros se caracteriza por un menisco cóncavo en la interfaz aire-agua, pero la interfaz material-agua es convexa y predomina en el caso de la formación de hielo, actuando como un núcleo de congelación; por ejemplo, el método para determinar el tamaño de los poros de los materiales se basa en el sobre enfriamiento. Volviendo al problema del daño por heladas a los monumentos, Everett (1961) señaló que el daño por heladas está asociado no solo con la existencia de poros pequeños en el rango ya mencionado, sino también cuando los poros de tamaño crítico están asociados con poros más grandes. En su estudio detallado sobre la termodinámica del daño por heladas, encontró que la combinación geométrica de cavidades de diferente tamaño juega un papel fundamental y que, durante la congelación, el exceso de presión P_E que se ejerce en un gran poro de radio r_p , conectado a un suministro de agua super enfriada a la presión de referencia por un capilar o poros finos de radio r_{fp} , es proporcional a la diferencia de la inversa de los radios de los poros, es decir

$$P_E = \beta \left(\frac{1}{r_{fp}} - \frac{1}{r_{lp}} \right)$$

Figura 21. Termodinámica del daño por heladas.

Fuente: Everett (1961).

donde β es un coeficiente de proporcionalidad. Esta diferencia puede ser pequeña o grande y es mucho más importante que el valor individual de cada uno de los dos términos. El contraste de poros grandes interconectados por poros finos da los resultados más espectaculares. La falla mecánica de la piedra ocurre si el exceso de presión determinado por esta diferencia excede la resistencia mecánica del material poroso [40]. ¿Como afecta el ciclo de congelación-descongelación al suelo?, el proceso de meteorización y la formación de suelos dependen de los ciclos de congelación y descongelación, ocasionando montículos, agrietando las propias rocas y los suelos.



Figura 22. Protuberancias creadas a partir de ciclos de congelación-descongelación-observatorio de la zona crítica Nivolet, Aosta (Italia).

Fuente: Erin Rooney IG: @soil_roonster.

Una de las sustancias que se expande al congelarse es el agua. Se conoce que los cristales de agua congelada atraen a su alrededor más líquido. Creándose de esta manera hermosos cristales de hielo dentro del suelo. Los procesos de agua, hielo y congelación-descongelación fueron muy importantes para la formación de relieves y paisajes alrededor del mundo. ¿Cómo? bueno, conocemos que el proceso de formación de los suelos fue por la descomposición de las rocas en partículas o minerales más pequeños llamándolo a este proceso como meteorización. El suelo tarda un poco en congelarse inclusive en la estación de

invierno, es decir que a una temperatura del ambiente de 32 ° F, no necesariamente el suelo va estar congelado. Pero a mitad de la época de invierno los suelos suelen congelarse hasta en grandes profundidades llamándolo a este proceso permafrost, pero para ello el agua debe de estar congelado dos o más años. El suelo es una mezcla hermosa y desordenada de minerales o partículas, espacios porosos llenos de aire interconectados, materia orgánica y agua, es por ello que no es homogéneo, por lo tanto, cuando la temperatura actúa sobre el suelo, no se solidifica simplemente como un cubo de hielo. Es decir, no se forma un cubo de hielo de manera uniforme.

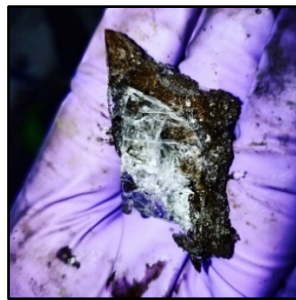


Figura 23. Los cristales de hielo se formaron en el exterior de una muestra de suelo tomada del permafrost de Alaska.

Fuente: Erin Rooney IG: @soil_roonster.

Durante la congelación los poros pequeños mantienen el agua en estado líquido. Mediante el proceso de gradiente térmico los cristales de hielo atraen agua, así de esta forma los lentes de hielo aumentan su volumen, por ende, aparecen grietas que aumentan tanto en circunferencia como en profundidad en el tiempo de deshielo [41].

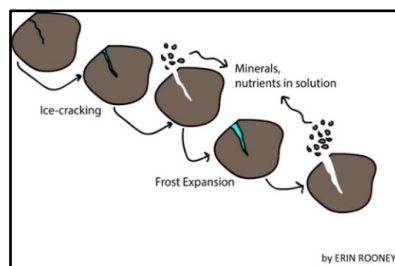


Figura 24. Cuando las temperaturas bajan, el hielo se congela dentro de las grietas de las rocas.

Fuente: Arte original de Erin Rooney.

III METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Es aplicada cuando se interesa en indagar, una realidad problemática transformarla, componiendo, actuando y comprendiendo. Le interesa la aplicación inmediata de la problemática antes de poder realizar una mejora del conocimiento [42]. Llamado también útil o productiva, lo más importante es aplicar los conocimientos teóricos a una situación específica, su enfoque es aplicar en la realidad ambiental inmediatamente el problema, dejando en segundo plano el desarrollo de nuevos conocimientos a nivel mundial [43]. Por ello es que el tipo de esta investigación es aplicada, porque dio una solución a su problemática, aplicando conocimientos teóricos ya definidos en base de datos confiables.

Enfoque de investigación

Cuantitativo es cuando utiliza la recolección de datos en base en la medición numérica y el análisis estadístico para probar la hipótesis, con el objetivo de establecer pautas de comportamiento y probar teorías [44]. Por ello, el enfoque de esta investigación es cuantitativo, porque los datos obtenidos serán medidos mediante ecuaciones, formulas, valores numéricos y tablas estadísticas.

El diseño de la investigación

Es experimental cuando la variable independiente (V.I.) o conjunto de organismos es manipulado intencionalmente para observar y medir mediante estrictos procedimientos y considerar los efectos en la variable dependiente (V.D.) [45]. Por ende, el presente trabajo de estudio es experimental porque la grasa orgánica residual que es la variable independiente, ha sido manipulada intencionalmente para luego observar y medir los efectos en la variable dependiente (ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante).

El diseño cuasiexperimento pertenecen al grupo de los diseños experimentales en donde los grupos de sujeto o sujetos no están designados aleatoriamente. Los diseños cuasiexperimentales más utilizados persiguen una

misma lógica y de esta forma los grupos de tratamiento son comparados. En otros diseños, sirve como su propio control el grupo de tratamiento es decir se compara el antes y el después [46]. Por lo tanto, esta investigación es cuasiexperimental por que el grupo de sujetos o la población no fueron designados de manera aleatoriamente sino de manera directa, intencional o dirigido.

El nivel de la investigación:

Es explicativo cuando buscan encontrar causas efectos de los fenómenos, mediante la prueba de alguna hipótesis [47]. Este nivel de investigación explicativa argumenta las causas de los fenómenos de estudio y los acontecimientos [48]. Por lo anterior el nivel de esta investigación es explicativa, porque le interesa saber la importancia de la variable independiente en comparación a la variable dependiente.

3.2 Variables y operacionalización:

La variable, se define como aquel que puede sufrir o fluctuar una variación, ya que esta variación es susceptible de poder ser observado, medido y cuantificado para luego ser analizado adecuadamente [49].

Variable 1 : Grasa orgánica residual

Variable 2 : Ciclos de Congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante

La operacionalización, es un instrumento mediante la cual se realiza el proceso de transcurrir, de la variable a sus dimensiones o componentes, después de la misma manera a sus indicadores, ítems y finalmente a sus categorías [50].

3.3 Población, muestra y muestreo

Población:

La población o universo, se define estadísticamente como el conjunto de elementos o sujetos a las cuales se les analiza y también son motivo de estudio [51]. La presente investigación tiene como población las calicatas de la calle Muña-Altoqosqo del distrito de Sansebastian, provincia y departamento de Cusco.

Muestra:

Definimos a la muestra como un subconjunto o parte de la población, el cual será delimitado con precisión y recolectado para su posterior análisis y lo más importante debe representar a la población [52]. Por lo tanto, en esta investigación se ha considerado como muestra 3 calicatas que se realizaron en la calle Muña, el cual se determinó de acuerdo a la norma técnica CE.010.

Muestreo:

Consiste en seleccionar un subconjunto de un conjunto más grande llamado universo o población para así poder recolectar datos y de esta manera responder los cuestionamientos de la investigación. Por otro lado, el muestreo no probabilístico o muestreo directo, se entiende con lo siguiente, que para escoger los elementos no se necesita la probabilidad, sino dependen solo del estudio de sus características [53]. En ese sentido el muestreo de la presente investigación es no probabilístico, porque cada elemento, sujeto, subconjunto o las calicatas que conforman la población no tienen las mismas posibilidades de ser escogidos sino ya se encuentran designadas por motivos netamente restrictivos, pero se justificaron con las normativas vigentes.

Unidad de análisis:

Es un fragmento de un contenido textual, visual o auditivo que se realiza para analizar y generar categorías. Es decir, la unidad de análisis son los sujetos que van a ser medidos [54]. Por lo tanto, este trabajo de investigación presenta como unidad a la muestra de suelo extraído de la calicata crítica, al que se le ha estudiado en el laboratorio.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**Técnicas**

La observación científica es la técnica más antigua y del mismo modo es la más nueva, es cuando se observa atentamente un fenómeno, luego registrarla para su posterior análisis, es la representación intencionada o ilustrada de un grupo de fenómenos o hechos [55]. La principal técnica en esta investigación es la observación estructurada a través de formatos estándar de ingeniería.

Instrumentos de recolección de datos

Es un plan minucioso de procesos que nos lleva a recolectar datos solo con un objetivo fijo [56]. Por lo tanto, la recolección de los datos en el presente trabajo de investigación es la guía de observación que son los formatos y fichas de laboratorio validados por expertos y basados en las normas de MTC, NTP y la ASTM.

Validez

La Validez es la veracidad, es cuando el estudio es libre de errores, es la precisión que deben tener los instrumentos para las mediciones y la eficacia de los instrumentos para la descripción, pronóstico y la representación que debe tener a favor del investigador [57]. Es por eso que los instrumentos usados en este trabajo de investigación han sido validados por profesionales conocedores y expertos en el tema y así lograr el objetivo que consiste en medir la variable para así llegar a conclusiones válidas.

Confiabilidad de los instrumentos.

La confiabilidad, sirve para medir y aplicar reiteradamente a una persona u objeto y así obtener siempre el mismo resultado. Para medir la confiabilidad hay varias formas, uno de ellos es la aplicación de fórmulas para obtener los coeficientes que son 0 y 1 en donde 1 representa a una confiabilidad máxima y 0 representa una confiabilidad nula [58]. Por lo tanto, la confiabilidad de esta investigación es que se van a utilizar instrumentos con mayor precisión para los diferentes ensayos de laboratorio, también los formatos a utilizar han sido validados por expertos en el tema.

3.5 Procedimientos:

Se realizó un planteamiento práctico sobre las acciones a realizar para esta investigación y así poder desarrollar cada uno de los objetivos específicos. El primer procedimiento, consistió en conocer la localización, ubicación, coordenadas UTM DATUM WGS84, accesibilidad y características del terreno, la cual se situó en el A.P.V. Floresta de Inca-Alto Qosqo, perteneciente al distrito de Sansebastián, provincia y departamento de Cusco. En la cual se realizó tres calicatas

determinados de manera no aleatoria con una profundidad de 1.50m, para así poder obtener las muestras de suelo y determinar el tipo de suelo en el laboratorio.



C-01

Figura 25. Calicata 01.



C-02

Figura 26. Calicata 02.



C-03

Figura 27. Calicata 03.

Después de la extracción de las muestras de suelo y su posterior transporte al laboratorio, se procedió a realizar los ensayos; en primer lugar, se realizó el cuarteo de las muestras de suelo, luego se prosiguió con el ensayo del contenido de humedad que es el peso del agua expresado en porcentaje en la masa del suelo, luego el ensayo de granulometría con la finalidad de determinar los porcentaje de suelo que pasan o quedan retenidos en los diferentes tamices, luego los ensayos de los límites de consistencia o Atterberg, después se prosiguió a realizar la clasificación de los suelos por medio de los sistemas SUCS y AASHTO. Luego se prosiguió a realizar el ensayo del Proctor estándar que abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio para obtener el O.C.H. (humedad optima) y M.D.S. (máxima densidad seca), con estos datos se realizó el ensayo de relación de soporte de california (CBR) para así determinar el índice de resistencia del suelo. A continuación se prosiguió a realizar los ensayos para el suelo adicionado con grasa orgánica residual (grasa de cerdo residual), es decir sea incorporado grasa de cerdo al suelo natural seco, después sea realizado el ensayo de Proctor estándar con la incorporación de la grasa de cerdo en distintas dosificaciones (0%, 3%, 6% Y 9%), para así obtener el O.C.H. y M.D.S. de cada dosificación, luego con estos resultados se realizó el ensayo de CBR al suelo adicionado con grasa de cerdo en

distintas dosificaciones (0%, 3%, 6% Y 9%), para obtener la resistencia de los suelos adicionados y su posterior análisis y procesamiento.

Clasificación de suelos C-01, C-02 y C-03

Después de la extracción de las muestras del suelo y la realización de los diferentes ensayos, así como la clasificación del suelo de las 3 calicatas, sea obtenido los siguientes resultados:

Tabla 19. Clasificación de suelo de las calicatas C-01, C-02 y C-03.

Muestra	Humedad natural	Ensayo granulométrico			Limite liquido	Limite plástico	Índice de plasticidad	Clasificación de suelo	
		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)				SUSCS (ASTM D2487)	AASHTO (D3282)
Calicata C - 01	10.77%	0.00	42.60	57.40	27.33%	19.60%	7.72%	CL	A-4 (4)
								Arcilla de baja plasticidad	
Calicata C - 02	8.47%	5.40	40.40	54.20	27.29%	18.32%	8.96%	CL	A-4 (3)
								Arcilla de baja plasticidad	
Calicata C - 03	6.86%	4.00	43.80	52.20	28.03%	19.10%	8.93%	CL	A-4 (3)
								Arcilla de baja plasticidad	

A continuación, se muestran las coordenadas UTM de la posición de las calicatas, y los parámetros de suelo como la densidad seca, contenido de humedad y finalmente el índice de resistencia del suelo CBR.

Tabla 20. Sistema coordenado UTM y parámetros de suelo.

Muestra	Zona 19L, sistema coordenado UTM, DATUM WGS84		Parámetros de suelo		CBR al 95% de M.D.S.
	ESTE(X)	NORTE(Y)	M.D.S. (g/cm ³)	O.C.H. (%)	
Calicata C - 01	183886.46	8503729.28	1.39	7.79%	4.60%
Calicata C - 02	183891.98	8503691.87	1.38	8.30%	3.87%
Calicata C - 03	183885.51	8503654.47	1.40	6.98%	4.80%

Según la tabla 20 se puede apreciar que a la calicata (C-01) le corresponde un CBR de 4.60%, a la calicata (C-02) un 3.87% y a la calicata (C-03) un 4.80% de CBR. Concluyendo de esta manera que la calicata crítica es (C-02) con un CBR de 3.87%, ya que se trabajará con la muestra extraído de esta calicata al que se le añadirá las distintas dosificaciones de grasa orgánica residual en 0%, 3%, 6% y 9%.

3.6 Método de análisis de datos:

Los resultados encontrados en el laboratorio me permitieron analizar, determinar y procesar los datos en los programas informáticos como son: para hacer los cálculos el Microsoft Excel, para el cronograma y programación del proyecto de tesis el Ms Project, para la redacción y documentación el Microsoft Word y finalmente el SPSS para la contratación de hipótesis. Se analizaron en tablas y gráficos los datos y referencias obtenidos, así como: a) Las dosificaciones de la grasa orgánica residual fueron 0, 3, 6 y 9%; b) Para determinar la resistencia del suelo CBR se usó la norma ASTM D 1883; c) Ensayo de laboratorio que determina la ascensión capilar de acuerdo al MTC E308; d) Ensayo de laboratorio para obtener la resistencia a la compresión simple después de ciclos de congelamiento y descongelamiento de un suelo de subrasante según la norma MTC E 121.

3.7 Aspectos éticos:

Las fuentes utilizadas en esta investigación son garantizadas y confiables, en ningún momento se llegó al plagio, para ello se usaron las normas internacionales estrictamente para poder citar las referencias de manera adecuada, así como la norma ISO-690-2010, y también el presente trabajo de investigación se realizó de acuerdo a la guía que brinda la UCV.

IV RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

Políticamente la zona de estudio del presente trabajo de investigación está ubicada en:

- Departamento : Cusco
- Provincia : Cusco
- Distrito : Sansebastian
- Lugar : Alto Qosqo

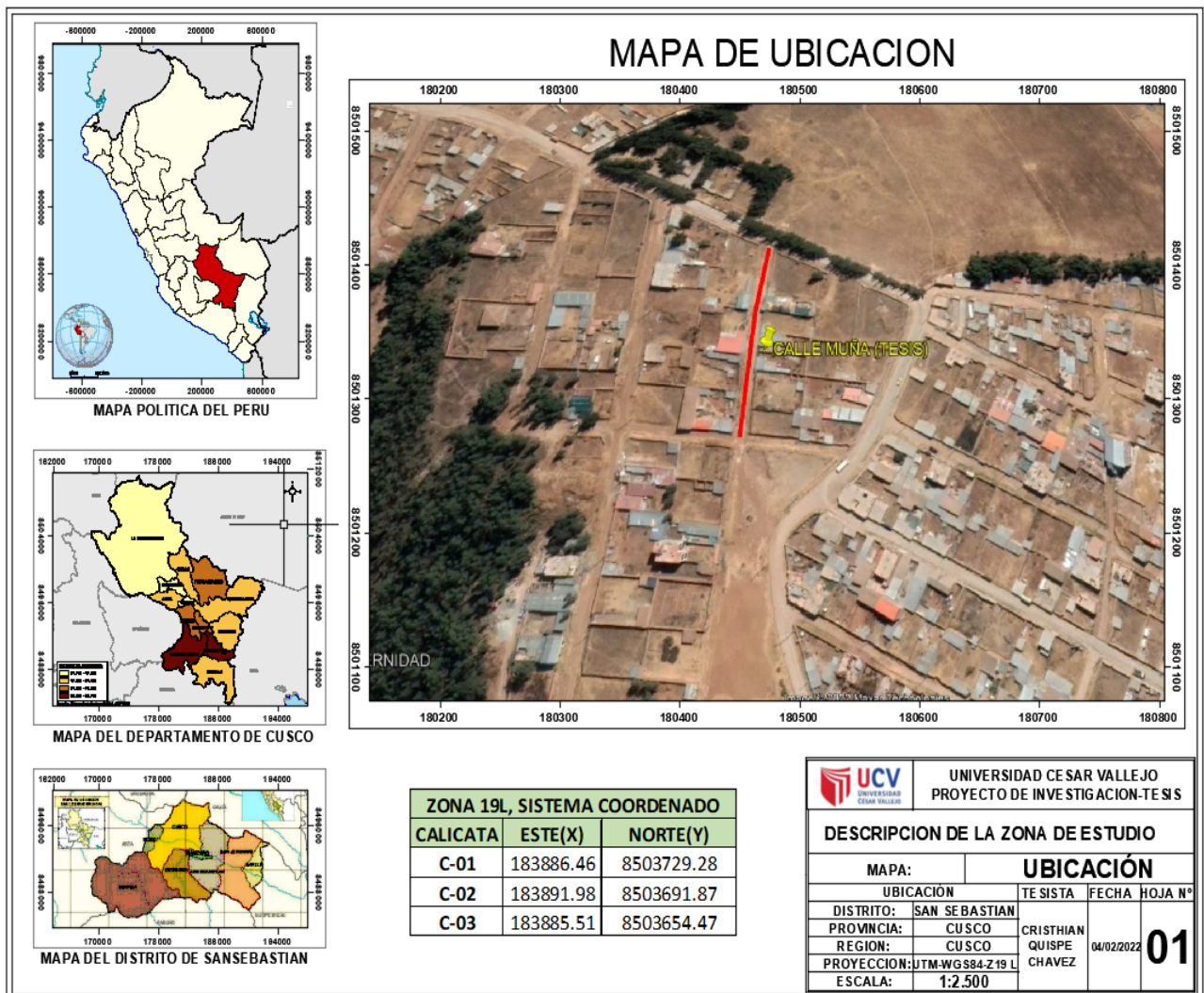


Figura 28. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

Limites

- Norte : Con la provincia de Calca.
- Sur : Con la provincia de Paruro.
- Este : Con el distrito de San Jerónimo.
- Oeste : Con el distrito de Santiago, el distrito de Wánchaq y el distrito de Cusco.

Ubicación geográfica

Sansebastian es uno de los ocho distritos que integran la provincia y departamento del Cusco ubicados en sur del Perú y tiene las siguientes coordenadas geográficas: 13°32'10.31" S, 71°55'34.02" W, UTM 8501673 183259 19L. La superficie de este distrito es de 89,44 km² con una altitud de 3 295 m.s.n.m.. Sansebastian posee una población aproximada de 75 000 habitantes (INEI, 2017) creciendo aceleradamente en las últimas décadas.

Clima

Sansebastian presenta un clima relativamente templado, con noches frías y días soleados. El tiempo es muy cambiante: puede pasar de un sol radiante a una lluvia torrencial en solo minutos, febrero es el mes más lluvioso. Julio y agosto son los meses más fríos por la noche, aunque también son los más calurosos durante el día. Según el servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú - SENAMHI, para Sansebastian-Cusco, indica que el mes con temperatura más alta es octubre (21.7°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (-1.6°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de enero y febrero (156.32 mm/mes).

Objetivo específico 1: Se determino la influencia de la grasa orgánica residual en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante.



Figura 29. Moldes CBR con la adición de grasa orgánica residual (3%, 6% y 9%).



Figura 30. Prueba de resistencia del CBR en la prensa.

Tabla 21. C.B.R. adicionado con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Prueba de CBR	Suelo natural (SN)	Suelo natural seco con adición de grasa orgánica residual		
	SN+0%	SN+3%	SN+6%	SN+9%
CBR (100% MDS) 0.1"	4.24%	6.52%	7.70%	7.16%
CBR (95% MDS) 0.1"	3.87%	6.34%	6.95%	5.86%
% de influencia del CBR (95% MDS) con respecto al SN	100%	164%	180%	151%

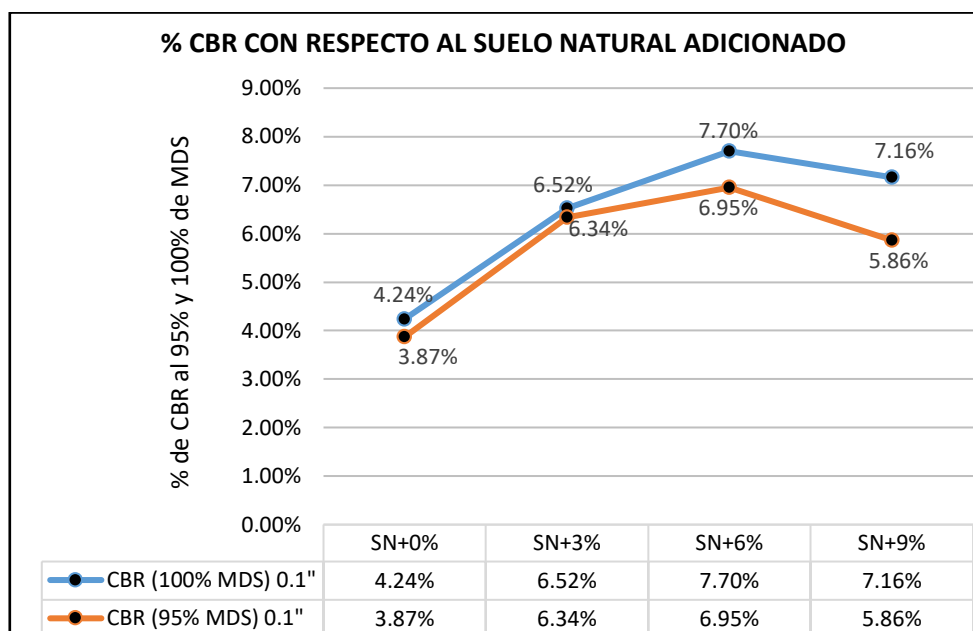


Figura 31. C.B.R. adicionado con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Según la tabla 21 y figura 31, se puede observar en resumen los resultados obtenidos del ensayo de C.B.R al 95% y 100% de su M.D.S. del suelo natural seco adicionado con grasa orgánica residual en las dosificaciones de 0%, 3%, 6% y 9%. Para el suelo natural le corresponde un 3.87% de CBR al 95% y un 4.24% de CBR al 100%, para el suelo natural más 3% de grasa orgánica le corresponde un 6.34% de CBR al 95% y un 6.52% de CBR al 100%, para el suelo natural más 6% de grasa orgánica le corresponde un 6.95% de CBR al 95% y un 7.70% de CBR al 100% y finalmente para el suelo natural más 9% de grasa orgánica le corresponde un 5.86% de CBR al 95% y un 7.16% de CBR al 100%. Por lo tanto, de acuerdo a las características del suelo de subrasante, se determinó como la dosificación óptima a la adición del 6% de grasa orgánica residual al suelo natural seco de la subrasante incrementando en un 80% el CBR (95%MDS) con respecto al suelo natural.



Figura 32. Colocación del aparato medidor de expansión.



Figura 33. Lectura de expansión de las dosificaciones 0%, 3%, 6% y 9%.

Tabla 22. Expansión del suelo de subrasante adicionando 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Prueba de CBR	Suelo natural (SN)	Suelo natural seco con adición de grasa orgánica residual		
	SN+0%	SN+3%	SN+6%	SN+9%
Expansión	0.69%	0.30%	0.24%	0.22%
Absorción	11.34%	7.34%	8.40%	5.54%

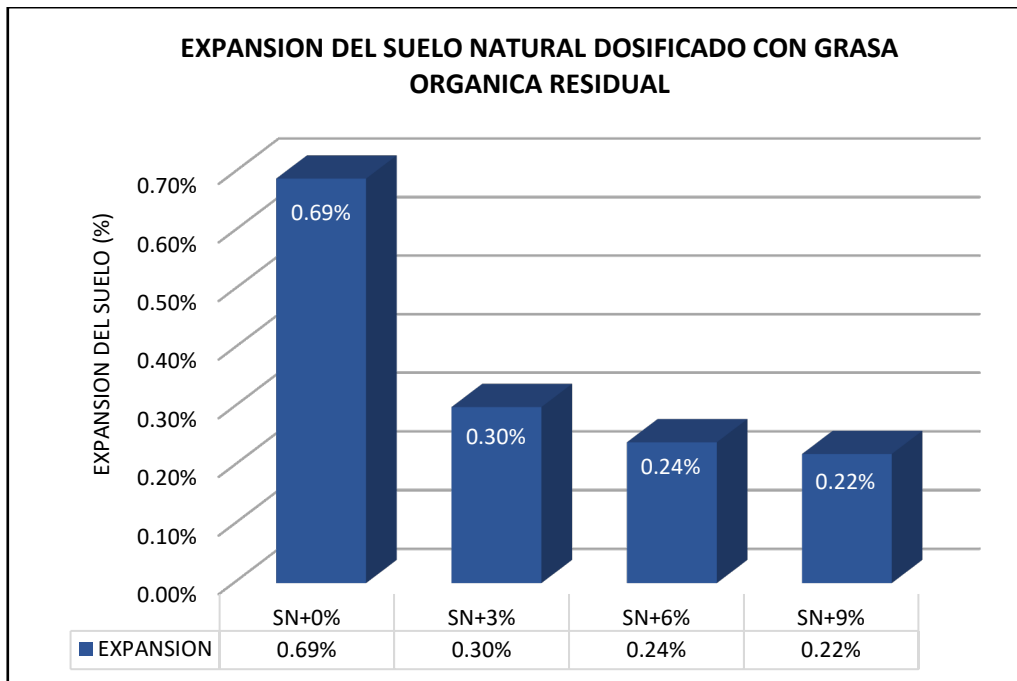


Figura 34. Expansión del suelo de subrasante adicionando 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Según la tabla 22 y figura 34, se puede observar la expansión del suelo de subrasante al adicionar grasa orgánica residual (grasa de cerdo) de la siguiente manera. Al adicionar 0% de grasa orgánica residual al suelo natural seco se obtuvo una expansión de 0.69% de la altura del espécimen, al adicionar 3% de grasa orgánica se obtuvo un 0.30% de expansión, al adicionar 6% de grasa orgánica se obtuvo un 0.24% de expansión y finalmente al adicionar 9% de grasa orgánica se obtuvo una expansión de 0.22%. Por lo tanto, se ha determinado que la máxima expansión se alcanzó con el suelo sin adición de grasa orgánica residual (SN+0%) y la menor expansión se alcanzó al adicionar 9% de grasa orgánica residual al suelo natural seco (SN+9%).

Objetivo específico 2: Se determino la influencia de la grasa orgánica residual en el óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante.



Figura 35. Suelo dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.



Figura 36. Secado en horno del suelo dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Tabla 23. Optimo contenido de humedad del suelo adicionando con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Parámetros de suelo	Suelo natural (SN)	Suelo natural seco con adición de grasa orgánica residual		
	SN+0%	SN+3%	SN+6%	SN+9%
Suelo según SUCS	CL	CL	CL	CL
Suelo según AASHTO	A-4 (3)	A-4 (3)	A-4 (3)	A-4 (3)
O.C.H. (%)	8.30%	8.21%	7.85%	7.70%

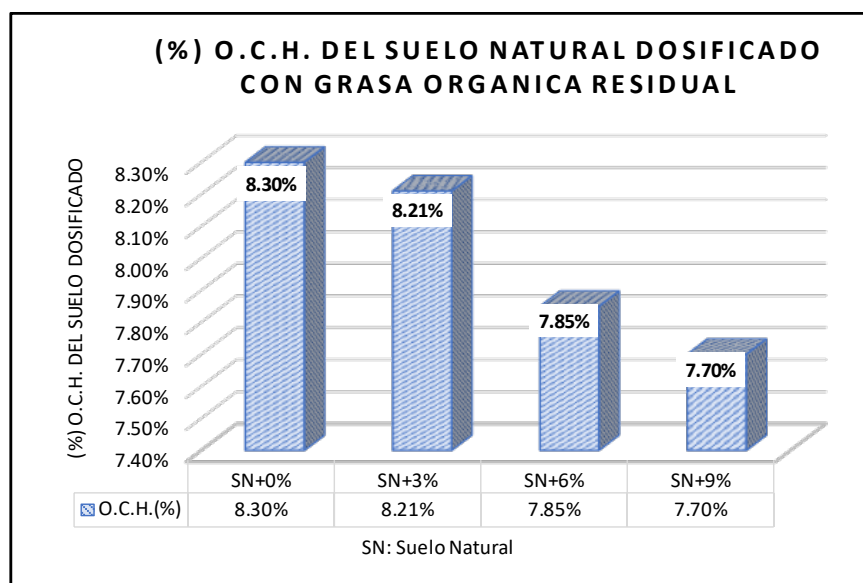


Figura 37. Optimo contenido de humedad del suelo adicionando con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Según la tabla 23 y figura 37, se puede observar el O.C.H. (óptimo contenido de humedad) del suelo dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual (grasa de cerdo), se observa lo siguiente. Al adicionar 0% de grasa orgánica residual al suelo natural seco se obtuvo un O.C.H. de 8.30%, al adicionar 3% de grasa orgánica se obtuvo un 8.21% de O.C.H., al adicionar 6% de grasa orgánica se obtuvo un 7.85% de O.C.H. y al adicionar 9% de grasa orgánica se obtuvo un 7.70% de O.C.H. Por lo tanto, se ha determinado que, a mayor adición de grasa orgánica residual en el suelo seco de subrasante, menor será O.C.H.

Objetivo específico 3: Se determino la influencia de la grasa orgánica residual en la máxima densidad seca del suelo de subrasante.



Figura 38. Compactación del suelo dosificado.



Figura 39. Lectura del suelo dosificado más molde.

Tabla 24. Máxima densidad seca del suelo adicionando con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Parámetros de suelo	Suelo natural (SN)	Suelo natural seco con adición de grasa orgánica residual		
	SN+0%	SN+3%	SN+6%	SN+9%
Suelo según SUCS	CL	CL	CL	CL
Suelo según AASHTO	A-4 (3)	A-4 (3)	A-4 (3)	A-4 (3)
M.D.S. (gr/cm ³)	1.38	1.41	1.55	1.47
% de influencia de la M.D.S. con respecto al SN	100%	102%	112%	107%

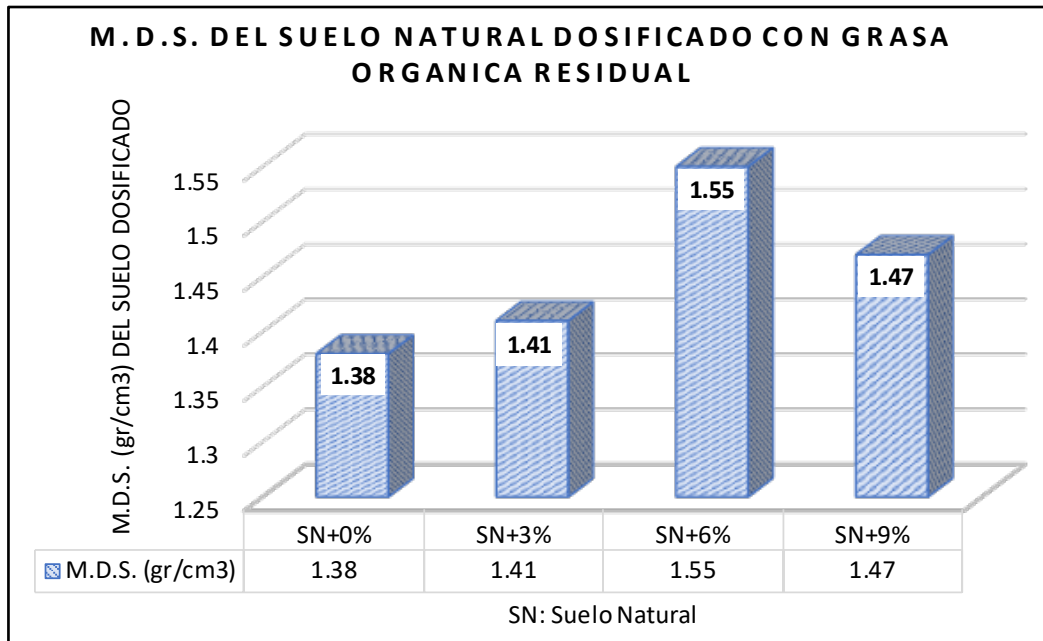


Figura 40. Máxima densidad seca del suelo adicionando con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Según la tabla 24 y figura 40, se puede observar la M.D.S. (máxima densidad seca) del suelo de subrasante dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual (grasa de cerdo) lo siguiente. Al adicionar 0% de grasa orgánica residual al suelo natural seco se obtuvo una M.D.S. de 1.38 gr/cm³, al adicionar 3% de grasa orgánica se obtuvo un 1.41 gr/cm³ de M.D.S., al adicionar 6% de grasa orgánica se obtuvo un 1.55 gr/cm³ de M.D.S. y al adicionar 9% de grasa orgánica se obtuvo un 1.47 gr/cm³ de M.D.S. Por lo tanto, se ha determinado como la dosificación óptima a la adición de 6% de grasa orgánica residual incrementando en un 12% la M.D.S. con respecto al suelo natural alcanzando un 1.55 gr/cm³.

Objetivo específico 4: Se determino la influencia de la grasa orgánica residual en la ascensión capilar del suelo de subrasante.



Figura 41. Medida de la altura de la ascensión capilar.



Figura 42. Registro de la lectura de la ascensión capilar.

Tabla 25. *Altura de la ascensión capilar del suelo dosificado con respecto al tiempo.*

Tiempo (mint.)	Altura de ascensión capilar en suelo dosificado con grasa orgánica							
	SN+0%		SN+3%		SN+6%		SN+9%	
	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)
0 mit.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 mit.	40.0	38.0	20.0	22.0	15.0	18.0	10.0	8.0
10 mit.	50.0	51.0	22.0	23.0	20.0	21.0	15.0	12.0
30 mit.	60.0	59.0	26.0	28.0	24.0	23.0	20.0	17.0
60 mit.	75.0	73.0	28.0	30.0	26.0	27.0	22.0	20.0

Tabla 26. *Altura de la ascensión capilar promedio del suelo dosificado con respecto al tiempo.*

Tiempo (mint.)	Altura promedio de la ascensión capilar del suelo dosificado con grasa orgánica			
	SN+0%	SN+3%	SN+6%	SN+9%
	AC-Prom. (mm)	AC-Prom. (mm)	AC-Prom. (mm)	AC-Prom. (mm)
0 mit.	0.0	0.0	0.0	0.0
5 mit.	39.0	21.0	16.5	9.0
10 mit.	50.5	22.5	20.5	13.5
30 mit.	59.5	27.0	23.5	18.5
60 mit.	74.0	29.0	26.5	21.0

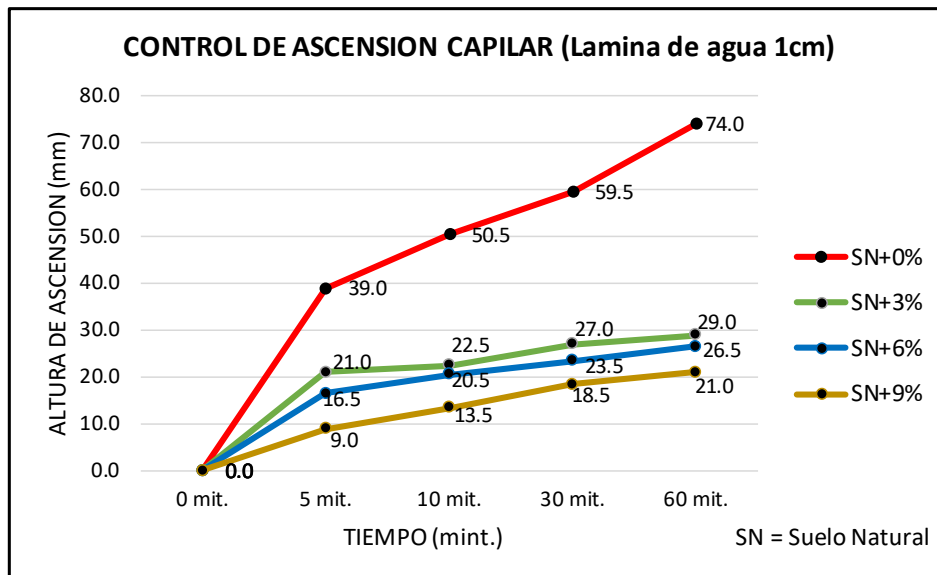


Figura 43. Control de ascensión capilar del suelo dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual.

Según la tabla 26 y figura 43, se puede observar la ascensión capilar del suelo dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual. Se aprecia que al adicionar 0% de grasa orgánica residual (grasa de cerdo) al suelo natural seco (SN+0%) se obtuvo una altura de ascensión capilar de 74.0mm en 60 minutos, al adicionar 3% de grasa orgánica al suelo natural seco (SN+3%) se obtuvo una altura de ascensión capilar de 29.0mm en 60 minutos, al adicionar 6% de grasa orgánica al suelo natural seco (SN+6%) se obtuvo una altura de ascensión capilar de 26.5mm en 60 minutos y finalmente al adicionar 9% de grasa orgánica al suelo natural seco (SN+9%) se obtuvo una altura de ascensión capilar de 21.0mm en 60 minutos. Por lo tanto, se ha determinado que la mayor altura de ascensión capilar fue con el suelo natural sin ninguna adición de grasa orgánica llegando a 74.0mm en 60 minutos, por otro lado, la menor altura de ascensión capilar fue con el suelo natural con adición del 9% de grasa orgánica llegando a 21mm en 60 minutos. Por lo que se ha determinado que la grasa orgánica reduce la permeabilidad.

Objetivo específico 5: Se determino la influencia de la grasa orgánica residual en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante.



Figura 44. Ciclos de congelamiento y descongelamiento de las probetas dosificadas.



Figura 45. Ensayo de compresión simple de las probetas dosificadas.

Tabla 27. Resistencia a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica.

N°	Identificación de muestras	Fecha de obtencion	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga (Kg)	Relacion Alt./Diám.	Resistencia a la compresion (Kg/cm ²)
1	Probeta (M-1) 0% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	632.0	2.00	8.05
2	Probeta (M-2) 0% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	647.0	2.00	8.24
3	Probeta (M-4) 3% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	855.6	2.00	10.89
4	Probeta (M-5) 3% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	918.0	2.00	11.69
5	Probeta (M-7) 6% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	1180.0	2.00	15.02
6	Probeta (M-8) 6% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	1177.0	2.00	14.99
7	Probeta (M-10) 9% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	775.5	2.00	9.87
8	Probeta (M-11) 9% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	698.7	2.00	8.90

Tabla 28. Resistencia a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica y sometidas a ciclos de congelamiento y descongelamiento.

N°	Identificación de muestras	Fecha de obtension	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga (Kg)	Relacion Alt./Diám.	Resistencia a la compresion (Kg/cm ²)
1	Probeta (M-1), 0% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.4	20.00	85.11	622.0	1.92	7.31
2	Probeta (M-2), 0% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.4	20.00	84.95	648.0	1.92	7.63
3	Probeta (M-4), 3% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.71	860.7	1.96	10.53
4	Probeta (M-5), 3% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.55	929.2	1.96	11.39
5	Probeta (M-7), 6% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.39	1210.0	1.96	14.87
6	Probeta (M-8), 6% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.71	1212.8	1.96	14.84
7	Probeta (M-10), 9% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.71	785.9	1.96	9.62
8	Probeta (M-11), 9% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.71	707.2	1.96	8.65

Tabla 29. Resumen de las resistencias a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica, con y sin ciclos de congelamiento y descongelamiento.

N°	Identificación de muestras	Resistencias a la compresion sin ciclos de cong./descong. (Kg/cm ²)	Resistencias a la compresion con ciclos de cong./descong. (Kg/cm ²)
1	Probeta (M-1) 0% de grasa organica	8.05	7.31
2	Probeta (M-2) 0% de grasa organica	8.24	7.63
3	Probeta (M-4) 3% de grasa organica	10.89	10.53
4	Probeta (M-5) 3% de grasa organica	11.69	11.39
5	Probeta (M-7) 6% de grasa organica	15.02	14.87
6	Probeta (M-8) 6% de grasa organica	14.99	14.84
7	Probeta (M-10) 9% de grasa organica	9.87	9.62
8	Probeta (M-11) 9% de grasa organica	8.90	8.65

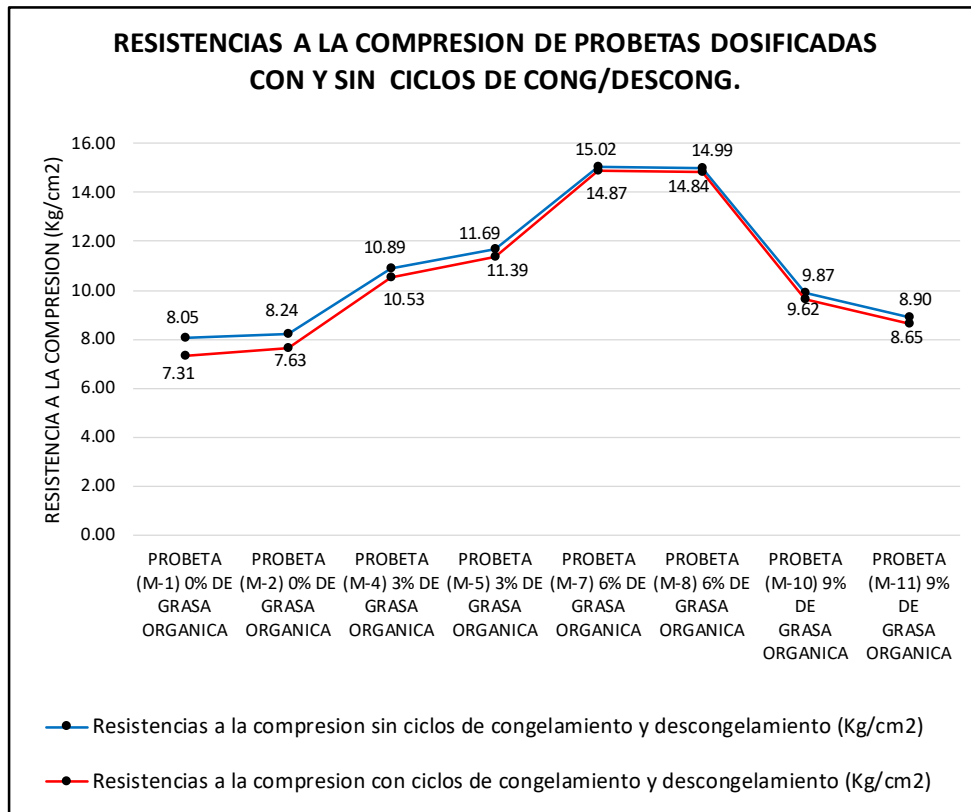


Figura 46. Resumen de las resistencias a la compresión de probetas dosificadas, con y sin ciclos de congelamiento y descongelamiento.

Según la tabla 29 y figura 46, se puede observar el resumen de las resistencias a la compresión de probetas dosificadas con 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual (grasa de cerdo), mejorando la resistencia del suelo congelado/descongelado en 5 ciclos y cada ciclo en un periodo de 12 horas de la siguiente manera:

- a). La resistencia del suelo natural sin dosificación ni ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 8.24 kg/cm², por otro lado, la resistencia del suelo natural sometidos a ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 7.63 kg/cm². Por lo tanto, se puede apreciar que los ciclos de congelamiento y descongelamiento disminuye la resistencia del suelo en 0.61 kg/cm².
- b). La resistencia del suelo dosificado con 3% de grasa orgánica residual sin ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 11.69 kg/cm², por otro lado, la resistencia del suelo natural dosificado con 3% de grasa orgánica y sometidos a ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 11.39 kg/cm². Por lo tanto, se

puede apreciar que los ciclos de congelamiento y descongelamiento disminuye la resistencia del suelo en 0.30 kg/cm².

c). La resistencia del suelo dosificado con 6% de grasa orgánica residual sin ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 15.02 kg/cm², por otro lado, la resistencia del suelo natural dosificado con 6% de grasa orgánica y sometidos a ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 14.87 kg/cm². Por lo tanto, se puede apreciar que los ciclos de congelamiento y descongelamiento disminuye la resistencia del suelo en 0.15 kg/cm².

d). La resistencia del suelo dosificado con 9% de grasa orgánica residual sin ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 9.87 kg/cm², por otro lado, la resistencia del suelo natural dosificado con 9% de grasa orgánica y sometidos a ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 9.62 kg/cm². Por lo tanto, se puede apreciar que los ciclos de congelamiento y descongelamiento disminuye la resistencia del suelo en 0.25 kg/cm².

De lo anterior se concluye que la grasa orgánica residual influye ante los ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante, obteniéndose como la dosificación óptima que tuvo mayor influencia a la adición del 6% de grasa orgánica residual al suelo natural seco, con una variación de 0.15 kg/cm² que es la menor variación con respecto a las otras dosificaciones y se puede afirmar que los ciclos de congelamiento y descongelamiento influyeron en lo mínimo para esta dosificación.

Contrastación de hipótesis

El coeficiente de correlación de Pearson o Spearman "r", se debe medir para la contratación de hipótesis de las variables cuantitativas, para así determinar el comportamiento lineal directa (positivo), inverso (negativo) y nula es decir ($-1 \leq r \leq +1$). Para ello se debe determinar la normalidad, si la variable en estudio tiene normalidad entonces se usará la correlación de Pearson y si no la tiene se usará la correlación de Spearman. La normalidad se trabaja con $\alpha = 5\% = 0.05$ (nivel de significancia), con ello se estaría alcanzando un nivel de confianza del 95%, primero se propone la hipótesis H₀: Hipótesis nula y H₁: Hipótesis alterna, luego establecer la prueba estadística de la siguiente manera, si la muestra $n > 50$ entonces se usara Kolmogorov-Smirnov y si la muestra $n \leq 50$ entonces se usara Shapiro-Wilk en la

prueba de normalidad, después se define la regla de decisión, si $p\text{-valor} \leq 5\% = 0.05$ en ese caso rechazar la hipótesis nula (H_0) para aceptar la hipótesis alterna (H_1). Finalmente se sacan las conclusiones de acuerdo a los datos antes obtenidos.

H1: La aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Tabla 30. Prueba de normalidad de la variable resistencia CBR al 95%MDS

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia CBR al 95%MDS	,264	4	.	,933	4	.611
Grasa orgánica residual	,151	4	.	,993	4	,972

a. Corrección de la significación de Lilliefors

El planteamiento de la hipótesis para la normalidad de la variable resistencia CBR al 95%MDS fue. H_0 : Los datos de la variable resistencia CBR al 95%MDS tienen normalidad, H_1 : Los datos de la variable resistencia CBR al 95%MDS no tienen normalidad. Con 95% de nivel de confianza y $\alpha = 5\% = 0.05$ (nivel de significancia), como la muestra $n=4 < 50$ entonces se usó Shapiro-Wilk. Se debe tomar en cuenta que si $p\text{-valor} \leq 5\% = 0.05$ en ese caso rechazar la hipótesis nula, como en esta investigación $p\text{-valor} = 0.611$ reemplazando $0.611 > 0.05$ entonces aceptar la H_0 . Se concluye que los datos de la variable resistencia CBR al 95%MDS tienen normalidad con un nivel de significancia del 5% por lo que se usó la correlación de Pearson.

La correlación de Pearson para la hipótesis específica 01 se realizó de la siguiente manera:

Paso 01: Planteamiento de hipótesis (V.I.= Grasa orgánica residual, V.D.= resistencia CBR al 95%MDS)

H_0 : La aplicación de grasa orgánica residual no influye en la resistencia CBR al 95%MDS del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

H_1 : La aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR al 95%MDS del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Paso 02: $\alpha = 5\% = 0.05$ (nivel de significancia) y por lo que el nivel de confianza es al 95%.

Paso 03: Se estableció la prueba de cifras o estadística.

Tabla 31. *Correlación de Pearson y p-valor*

		resistencia CBR al 95%MDS	Grasa orgánica residual
resistencia CBR al 95%MDS	Correlación de Pearson	1	,955
	Sig. (bilateral) p-valor		,045
	N	4	4
Grasa orgánica residual	Correlación de Pearson	,955*	1
	Sig. (bilateral)	,045	
	N	4	4

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Paso 04: Se ha definido la regla de la toma de decisiones, si $p\text{-valor} \leq 5\% = 0.05$ en ese caso rechazar la hipótesis nula, como en esta investigación el $p\text{-valor} = 0.045$ reemplazando $0.045 < 5\% = 0.05$ se rechazó la hipótesis nula por lo tanto se aceptó la hipótesis alterna.

Paso 05: En conclusión, existe evidencia estadística significativa para decir que la grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR al 95%MDS de manera directa y positiva ($r=0.955$)

Tabla 32. *Prueba de normalidad de la variable expansión.*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Expansión	,361	4	.	,757	4	,045
Absorción	,210	4	.	,978	4	,893
Grasa orgánica	,151	4	.	,993	4	,972

a. Corrección de la significación de Lilliefors

El planteamiento de la hipótesis para la normalidad de la variable expansión fue. Ho: Los datos de la variable expansión tienen normalidad, H1: Los datos de la variable expansión no tienen normalidad. Con un nivel de confianza al 95% es decir un nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$, como la muestra $n=4 < 50$ entonces se usó

Shapiro-Wilk. Se debe tomar en cuenta que si $p\text{-valor} \leq 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula, como en esta investigación $p\text{-valor} = 0.045$ reemplazando $0.045 < 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna. En conclusión, los datos de la variable expansión no tienen normalidad por lo que se usó la correlación de Spearman.

La prueba de correlación de Spearman para la hipótesis específica 01 se realizó de la siguiente manera:

Paso 01: Planteamiento de hipótesis (V.I.= Grasa orgánica residual, V.D.=Expansión)

Ho: La aplicación de grasa orgánica residual no influye en la expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

H1: La aplicación de grasa orgánica residual influye en expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Paso 02: $\alpha = 5\% = 0.05$ (nivel de significancia) y por lo que el nivel de confianza es al 95%.

Paso 03: Se estableció la prueba estadística.

Tabla 33. Correlación de Spearman y p-valor

		Expansión	Absorción	Grasa orgánica	
Rho de Spearman	Expansión	Coefficiente de correlación	1,000	,800	-1,000**
		Sig. (bilateral) p-valor	.00	,200	.00
		N	4	4	4
	Absorción	Coefficiente de correlación	,800	1,000	-,800
		Sig. (bilateral)	,200	.00	,200
		N	4	4	4
	Grasa orgánica	Coefficiente de correlación	-1,000**	-,800	1,000
		Sig. (bilateral)	.00	,200	.00
		N	4	4	4

Paso 04: Se ha definido la regla de la toma de decisiones, si $p\text{-valor} \leq 5\% = 0.05$ en ese caso rechazar la hipótesis nula, como en esta investigación el $p\text{-valor} = 0.00$ reemplazando $0.00 < 0.05$ se rechazó la hipótesis nula por lo tanto se aceptó la hipótesis alterna.

Paso 05: En conclusión, existe evidencia estadística significativa para decir que la grasa orgánica residual influye en la expansión del suelo de subrasante de manera inversa y negativa ($r = -1.00$).

H2: La aplicación de grasa orgánica residual influye en el óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021

Tabla 34. Prueba de normalidad de la variable O.C.H.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
O.C.H.	,252	4	.	,908	4	.470
Grasa orgánica	,151	4	.	,993	4	,972

a. Corrección de la significación de Lilliefors

El planteamiento de la hipótesis para la normalidad de la variable O.C.H. fue. H_0 : Los datos de la variable O.C.H. tienen normalidad, H_1 : Los datos de la variable O.C.H. no tienen normalidad. Con un nivel de confianza al 95% es decir un nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$, como la muestra $n=4 < 50$ entonces se usó Shapiro-Wilk. Se debe tomar en cuenta que si $p\text{-valor} \leq 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula, como en esta investigación $p\text{-valor} = 0.470$ reemplazando $0.470 > 0.05$ en ese entender se acepta la hipótesis nula. En conclusión, los datos de la variable O.C.H. tienen normalidad con un nivel de significancia del 5% por lo que se usó la correlación de Pearson.

La correlación de Pearson para la hipótesis específica 02 se realizó de la siguiente manera:

Paso 01: Planteamiento de hipótesis (V.I.= Grasa orgánica residual, V.D.= O.C.H.)

H_0 : La aplicación de grasa orgánica residual no influye en el O.C.H. de la subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

H1: La aplicación de grasa orgánica residual influye en el O.C.H. de la subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Paso 02: $\alpha = 5\% = 0.05$ (nivel de significancia) y por lo que el nivel de confianza es al 95%.

Paso 03: Se estableció la prueba o cifra estadística.

Tabla 35. *Correlación de Pearson y p-valor*

		O.C.H.	Grasa orgánica
O.C.H.	Correlación de Pearson	1	-,974*
	Sig. (bilateral) p-valor		,026
	N	4	4
Grasa orgánica	Correlación de Pearson	-,974*	1
	Sig. (bilateral)	,026	
	N	4	4

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Paso 04: Se ha definido la regla de la toma de decisiones, si $p\text{-valor} \leq 5\% = 0.05$ en ese caso rechazar la hipótesis nula, como en esta investigación el $p\text{-valor} = 0.026$ reemplazando $0.026 < 5\% = 0.05$ se rechazó la hipótesis nula por lo tanto se aceptó la hipótesis alterna.

Paso 05: En conclusión, existe evidencia estadística significativa para decir que la grasa orgánica residual influye en el O.C.H. de manera inversa y negativa ($r = -0.974$)

H3: La aplicación de grasa orgánica residual influye en la máxima densidad seca del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021

Tabla 36. *Prueba de normalidad de la variable M.D.S.*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M.D.S.	,274	4	.	,849	4	,224
Grasa orgánica	,151	4	.	,993	4	,972

a. Corrección de la significación de Lilliefors

El planteamiento de la hipótesis para la normalidad de la variable M.D.S. fue. Ho: Los datos de la variable M.D.S. tienen normalidad, H1: Los datos de la variable M.D.S. no tienen normalidad. Con un nivel de confianza al 95% es decir un nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$, como la muestra $n=4 < 50$ entonces se usó Shapiro-Wilk. Se debe tomar en cuenta que si $p\text{-valor} \leq 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula, como en esta investigación $p\text{-valor} = 0.224$ reemplazando $0.224 > 0.05$ en ese entender se aceptó la hipótesis nula. Concluyendo que los datos de la variable M.D.S. tienen normalidad con un nivel de significancia del 5% por lo que se usó la correlación de Pearson.

La correlación de Pearson para la hipótesis específica 03 se realizó de la siguiente manera:

Paso 01: Planteamiento de hipótesis (V.I.= Grasa orgánica residual, V.D.= M.D.S.)

Ho: La aplicación de grasa orgánica residual no influye en la M.D.S. del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

H1: La aplicación de grasa orgánica residual influye en la M.D.S. del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Paso 02: $\alpha = 5\% = 0.05$ (nivel de significancia) y por lo que el nivel de confianza es al 95%.

Paso 03: Se estableció la prueba estadística determinando el coeficiente de correlación de Pearson "r".

Tabla 37. Correlación de Pearson y p-valor

		M.D.S.	Grasa orgánica
M.D.S.	Correlación de Pearson	1	,951*
	Sig. (bilateral) p-valor		,049
	N	4	4
Grasa orgánica	Correlación de Pearson	,951*	1
	Sig. (bilateral)	,049	
	N	4	4

Paso 04: Se ha definido la regla de la toma de decisiones, si $p\text{-valor} \leq 5\%=0.05$ en ese caso rechazar la hipótesis nula, como en esta investigación el $p\text{-valor} = 0.049$

reemplazando $0.049 < 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

Paso 05: En conclusión, existe evidencia estadística significativa para decir que la grasa orgánica residual influye en la M.D.S. de manera directa y positiva ($r=0.951$).

H4: La aplicación de grasa orgánica residual tiene un efecto significativo en la ascensión capilar en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021

Tabla 38. Prueba de normalidad de la variable ascensión capilar

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ascensión capilar (60mit.)	,388	4	.	,755	4	043
Grasa orgánica	,151	4	.	,993	4	,972

a. Corrección de la significación de Lilliefors

El planteamiento de la hipótesis para la normalidad de la variable ascensión capilar fue. Ho: Los datos de la variable ascensión capilar tienen normalidad, H1: Los datos de la variable ascensión capilar no tienen normalidad. Con un nivel de confianza al 95% es decir un nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$, como la muestra $n=4 < 50$ entonces se usó Shapiro-Wilk. Se debe tomar en cuenta que si $p\text{-valor} \leq 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula, como en esta investigación $p\text{-valor} = 0.043$ reemplazando $0.043 < 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna. En conclusión, los datos de la variable ascensión capilar no tienen normalidad por lo que se usó la correlación de Spearman.

La prueba de correlación de Spearman para la hipótesis específica 04 se realizó de la siguiente manera:

Paso 01: Planteamiento de hipótesis (V.I.= Grasa orgánica residual, V.D.= Ascensión capilar).

Ho: La grasa orgánica residual no tiene un efecto en la ascensión capilar del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021

H1: La grasa orgánica residual tiene un efecto en la ascensión capilar del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Paso 02: $\alpha = 5\% = 0.05$ (nivel de significancia) y por lo que el nivel de confianza es al 95%.

Paso 03: Se estableció la prueba estadística.

Tabla 39. *Correlación de Spearman y p-valor*

			Ascensión capilar (60 mit.)	Grasa orgánica
Rho de Spearman	Ascensión capilar (60 mit.)	Coeficiente de correlación	1,000	-1,000**
		Sig. (bilateral) p-valor	.00	.00
	N		4	4
	Grasa orgánica	Coeficiente de correlación	-1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.00	.00
		N	4	4

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Paso 04: Se ha definido la regla de la toma de decisiones, si $p\text{-valor} \leq 5\% = 0.05$ en ese caso rechazar la hipótesis nula, como en esta investigación el $p\text{-valor} = 0.00$ reemplazando $0.00 < 0.05$ en ese entender se rechazó la hipótesis nula con el fin de aceptar la hipótesis alterna.

Paso 05: En conclusión, existe evidencia estadística significativa para decir que la grasa orgánica residual influye en la ascensión capilar de manera inversa y negativa ($r = -1.00$)

H5: La aplicación de grasa orgánica residual influye significativamente en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Tabla 40. Prueba de normalidad de la variable resistencia después de ciclos de cong/descong del suelo de subrasante.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia con ciclos de cong/descong.	,155	8	,200*	,908	8	,341
Resistencia sin ciclos de cong/descong.	,157	8	,200*	,907	8	,336
Grasa orgánica	,162	8	,200*	,897	8	,274

El planteamiento de la hipótesis para la normalidad de la variable resistencia después de ciclos de cong/descong. fue. Ho: Los datos de la variable resistencia después de ciclos de cong/descong. tienen normalidad, H1: Los datos de la variable resistencia después de ciclos de cong/descong. no tienen normalidad. Con un nivel de confianza al 95% es decir un nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$, como la muestra $n=4 < 50$ entonces se usó Shapiro-Wilk. Se debe tomar en cuenta que si $p\text{-valor} \leq 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula, como en esta investigación $p\text{-valor} = 0.341$ reemplazando $0.341 > 0.05$ entonces se aceptó la hipótesis nula. Concluyendo que los datos de la variable resistencia después de ciclos de cong/descong. tienen normalidad por lo que se usó la correlación de Pearson.

La correlación de Pearson para la hipótesis específica 05 se realizó de la siguiente manera:

Paso 01: Planteamiento de hipótesis (V.I.= Grasa orgánica residual, V.D.= resistencia después de ciclos de cong. /descong.)

Ho: La aplicación de grasa orgánica residual no influye significativamente en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

H1: La aplicación de grasa orgánica residual influye significativamente en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.

Paso 02: $\alpha = 5\% = 0.05$ (nivel de significancia) y por lo que el nivel de confianza es al 95%.

Paso 03: Se estableció la prueba de cifra o estadística.

Tabla 41. *Correlación de Pearson y p-valor*

		Resistencia con ciclos de cong/descong.	Resistencia sin ciclos de cong/descong.	Grasa orgánica
Resistencia con ciclos de cong/descong.	Correlación de Pearson	1	1,000**	,737*
	Sig. (bilateral)		,000	,037
	N	8	8	8
Resistencia sin ciclos de cong/descong.	Correlación de Pearson	1,000**	1	,732*
	Sig. (bilateral)	,000		,039
	N	8	8	8
Grasa orgánica	Correlación de Pearson	,737	,732*	1
	Sig. (bilateral) p-valor	,037	,039	
	N	8	8	8

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Paso 04: Se ha definido la regla de la toma de decisiones, si $p\text{-valor} \leq 5\% = 0.05$ en ese caso rechazar la hipótesis nula, como en esta investigación el $p\text{-valor} = 0.037$ reemplazando $0.037 < 5\% = 0.05$ en ese entender se rechazó la hipótesis nula con el fin de aceptar la hipótesis alterna.

Paso 05: En conclusión, existe evidencia estadística significativa para decir que la grasa orgánica residual influye significativamente en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de manera directa y positiva ($r=0.737$).

V DISCUSIÓN

Discusión 1: En la presente investigación se ha determinado la influencia de la grasa orgánica residual en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante, en donde se obtuvo un CBR a 0.1" de penetración y al 95% de su máxima densidad seca (M.D.S.) un: 3.87%, 6.34%, 6.95% y 5.86% de CBR para el suelo natural de tipo CL (arcilla de baja plasticidad) dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual respectivamente, en donde se determinó como la dosificación óptima a la adición del 6% de grasa orgánica, obteniendo un 6.95% de CBR al 95% de M.D.S. y una expansión de 0.69%, 0.30%, 0.24% y 0.22% del suelo natural dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual respectivamente. Por lo que concuerdo con la investigación de Santa Cruz (2018), que tuvo como resultado un CBR a 0.1" de penetración y al 95% de su máxima densidad seca (M.D.S.) un: 10.00%, 13.22%, 16.00% y 12.60% de CBR para el suelo de tipo CL (arcilla inorgánica de baja y media plasticidad) dosificado al 0%, 5%, 10% y 15% de aceite quemado respectivamente, por lo que determino al 10% como la dosificación óptima que dio el mayor porcentaje de CBR. Así también concuerdo con la investigación de Jalanoca (2021), que tuvo como resultado un CBR a 0.1" de penetración y al 95% de su máxima densidad seca (M.D.S.) un: 27.60%, 34.00%, 54.40%, 63.50% y 49.90% de CBR para el suelo de tipo GP-GC (grava pobremente graduada con arcilla y arena) dosificado al 0%, 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% de aceite residual respectivamente, se observa que el índice de resistencia del suelo incrementa para las dosis que varían entre 1.5% al 3.5% de aceite residual y una expansión de 0.31%, 0.32%, 0.25%, 0.13% y 0.09% del suelo natural dosificado al 0%, 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% de aceite residual respectivamente. Por lo tanto, al realizar la comparación con las investigaciones antes mencionadas puedo decir que los resultados tienen una coincidencia al adicionar grasa residual, sin embargo, se observan resultados distintos en sus valores, esto se debe a que cada investigador ha realizado con distintas dosificaciones y en diferentes tipos de suelo, en ese entender se puede confirmar que la adición de grasa orgánica mejora de manera positiva el CBR de la subrasante.

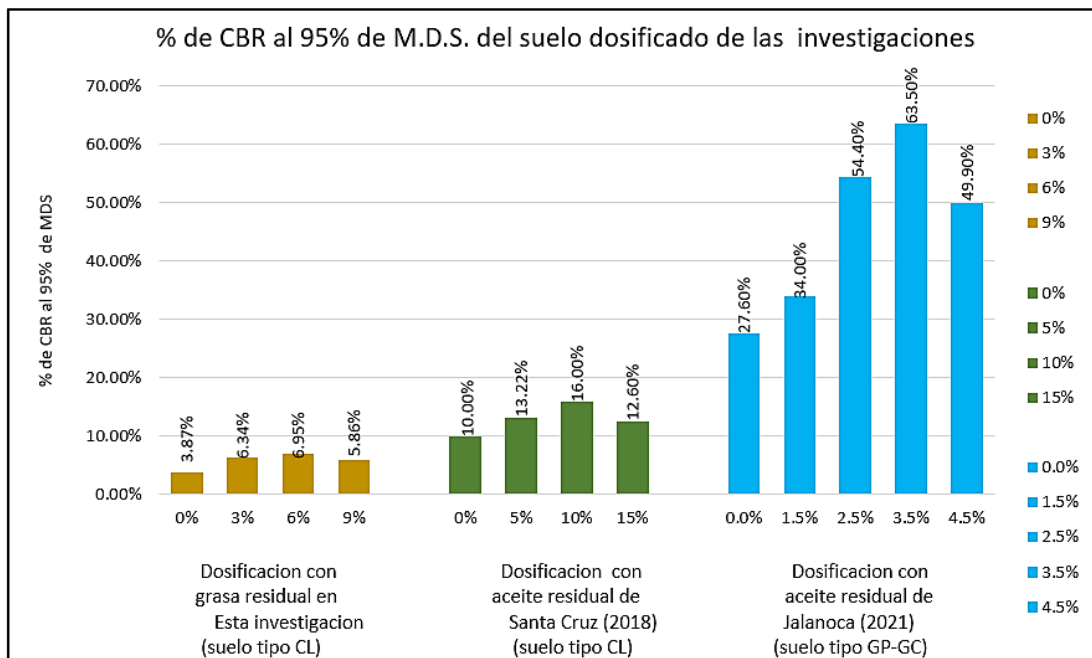


Figura 47. % de CBR al 95% de M.D.S. del suelo dosificado de las investigaciones.

Discusión 2: En la presente investigación se ha determinado la influencia de la grasa orgánica residual en el óptimo contenido de humedad (O.C.H.) del suelo de subrasante, se obtuvo un O.C.H. de: 8.30%, 8.21%, 7.85% y 7.70% del suelo natural de tipo CL (arcilla de baja plasticidad) dosificados al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual respectivamente. Por lo que se ha determinado que, a mayor adición de grasa orgánica residual en el suelo seco de subrasante, menor será O.C.H. Por lo que concuerdo con la investigación de Jananoca (2021), que tuvo como resultado un óptimo contenido de humedad (O.C.H.) de: 8.64%, 8.58%, 8.50%, 8.13% y 7.79% del suelo natural de tipo GP-GC (grava pobremente graduada con arcilla y arena) dosificado al 0%, 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% de aceite residual respectivamente, es decir al aumentar el aceite residual se reduce el O.C.H. desde 8.64% con la dosis de 0% de aceite residual a 7.79% de O.C.H. con la dosis de 4.5% de aceite residual, esto ocurre cuando los poros o espacios vacíos que antes eran ocupados por el agua ahora son ocupados por el aceite residual. Por lo tanto, al realizar la comparación con la investigación antes mencionada puedo decir que los resultados tienen una coincidencia al mencionar que a mayor dosis de grasa residual será menor el O.C.H.

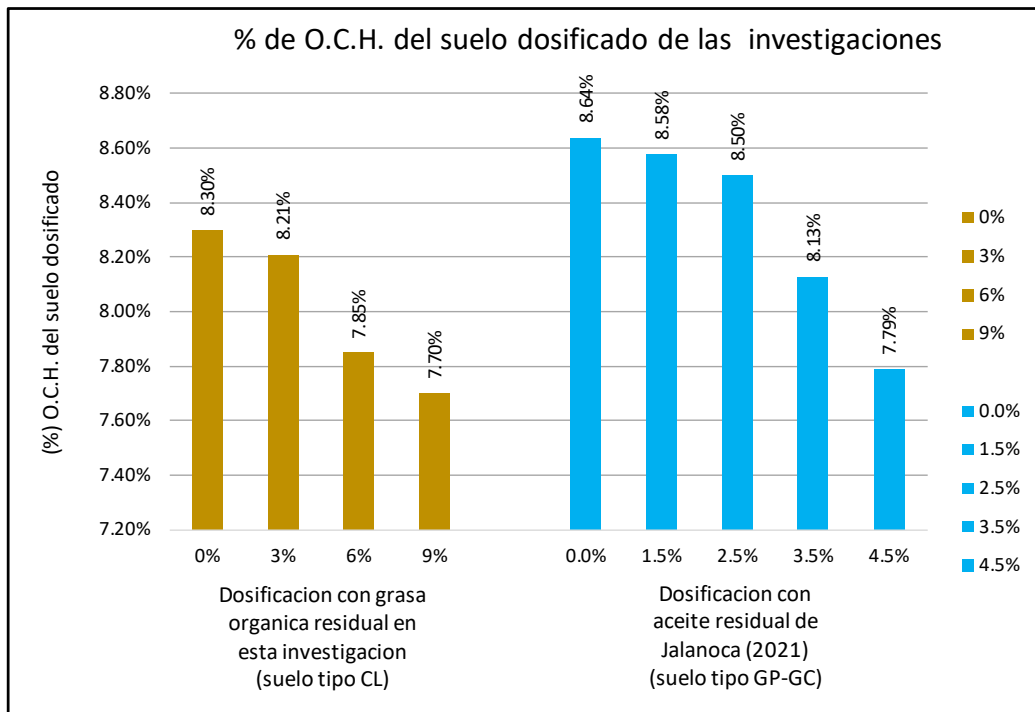


Figura 48. % de O.C.H. del suelo dosificado de las investigaciones.

Discusión 3: En la presente investigación se ha determinado la influencia de la grasa orgánica residual en la máxima densidad seca (M.D.S) del suelo de subrasante, en donde se obtuvo un 1.38 gr/cm³, 1.41 gr/cm³, 1.55 gr/cm³ y 1.47 gr/cm³ del suelo natural de tipo CL (arcilla de baja plasticidad) dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual respectivamente, por lo tanto, se ha determinado como la dosificación óptima a la adición de 6% de grasa orgánica residual con lo que se alcanzó 1.55 gr/cm³ de M.D.S. Por lo que concuerda con la investigación de Santa Cruz (2018), que tuvo como resultado una M.D.S. de: 1.89 gr/cm³, 1.96 gr/cm³, 2.16 gr/cm³ y 2.00 gr/cm³ del suelo natural de tipo CL (arcilla inorgánica de baja y media plasticidad) dosificado al 0%, 5%, 10% y 15% de aceite residual respectivamente, es decir según sus resultados, identifico como la dosificación óptima al 10% de aceite residual añadido al suelo de subrasante obteniendo una mayor densificación con un valor de 2.16 gr/cm³. Por lo tanto, al realizar la comparación con la investigación antes mencionada puedo confirmar que la adición de grasa orgánica en el suelo de subrasante mejoró la M.D.S., con lo que respecta a su O.C.H., concluyendo que favorece en la densificación del suelo por lo tanto en el proceso de compactación.

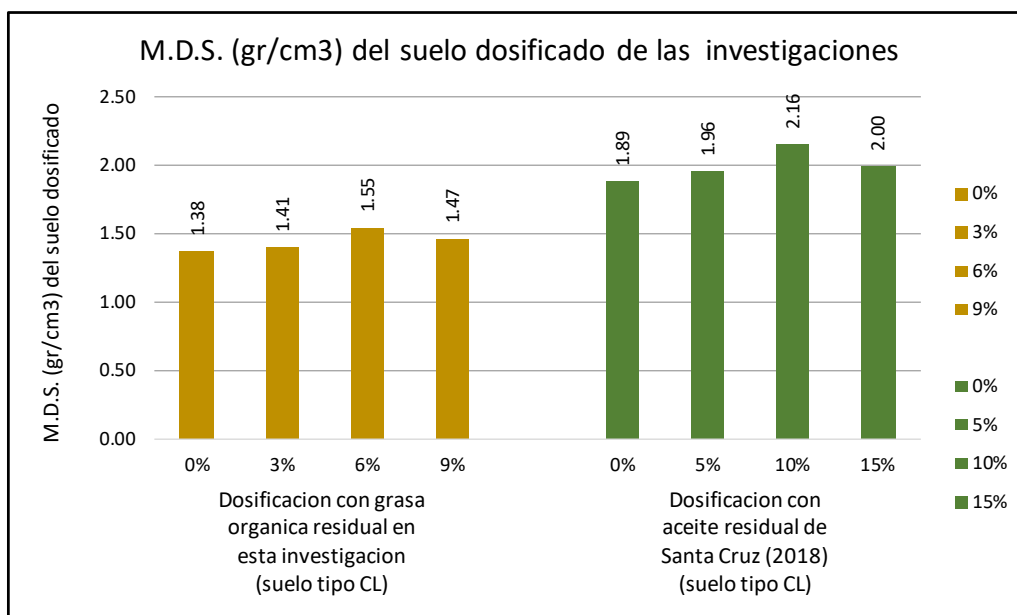


Figura 49. M.D.S. (gr/cm³) del suelo dosificado de las investigaciones.

Discusión 4: En la presente investigación se ha determinado la influencia de la grasa orgánica residual en la ascensión capilar del suelo de subrasante, en donde se obtuvo una lectura de la altura de ascensión capilar en un tiempo de 60 minutos lo siguiente: 74.00mm, 29.00mm, 26.50mm y 21.00mm del suelo natural de tipo CL (arcilla de baja plasticidad) dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual respectivamente, por lo que se ha determinado que la mayor altura de ascensión capilar fue con el suelo natural sin ninguna adición de grasa orgánica llegando a 74.0mm en 60 minutos, por otro lado, la menor altura de ascensión capilar fue con el suelo natural con adición del 9% de grasa orgánica llegando a 21mm en 60 minutos. Por lo que concuerdo con la investigación de Huaraca (2021), que tuvo como resultado que al utilizar como dosificaciones en el suelo los aditivos de consolid (consolid+solidry) concerniente a la ascensión capilar en la cantera Totorá, en el cual se ha demostrado que esos aditivos disminuyen la permeabilidad hasta en un 5% con un valor de 6.87cm a 6.45cm [59]. Por lo tanto, al realizar un análisis y una comparación con la investigación antes mencionada puedo ratificar y afirmar que la adición de grasa orgánica residual si influye de manera significativa en la ascensión capilar en un determinado tiempo, finalizando que la grasa orgánica residual reduce la permeabilidad.

Discusión 5: En la presente investigación se ha determinado la influencia de la grasa orgánica residual en la resistencia a la compresión después de 5 ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante, los resultados muestran lo siguiente. En primer lugar, la resistencia a la compresión de probetas dosificadas y sin someter a ciclos de congelamiento/descongelamiento muestran una resistencia de: 8.24 kg/cm², 11.69 kg/cm², 15.02 kg/cm² y 9.87 kg/cm² del suelo natural de tipo CL (arcilla de baja plasticidad) dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual respectivamente. En segundo lugar, la resistencia a la compresión de probetas dosificadas y haber sido sometido a 5 ciclos de congelamiento/descongelamiento muestran una resistencia a la compresión de: 7.63 kg/cm², 11.39 kg/cm², 14.87 kg/cm² y 9.62 kg/cm² del suelo natural de tipo CL (arcilla de baja plasticidad) dosificado al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual respectivamente, por lo que se ha determinado como la dosificación óptima a la adición de 6% de grasa orgánica residual al suelo natural seco ya que con esta dosificación los ciclos de congelamiento/descongelamiento no tuvieron mucha influencia. Por lo que concuerdo con la investigación Zhu, et al (2021) tuvieron como resultados que los ciclos humectación, secado, congelación y descongelación (WDFT) tuvieron un impacto significativo en las propiedades mecánicas expansivas del suelo, lo que resultó en las disminuciones de módulo elástico, resistencia a la falla, cohesión y ángulo de fricción interna en 12.6% ~ 37.7%, 17.2% ~ 30.9%, 27.6% ~ 43.2% y 4.3% ~ 10.0%, respectivamente. Por lo tanto, al realizar la comparación con la investigación antes mencionada puedo afirmar que los ciclos de congelamiento y descongelamiento disminuyen a la resistencia a la compresión del suelo de subrasante.

VI CONCLUSIONES

Conclusión 1: La resistencia a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica y sin ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 8.24 kg/cm², 11.69 kg/cm², 15.02 kg/cm² y 9.87 kg/cm² respectivamente, por otro lado la resistencia a la compresión de probetas dosificadas al 0%, 3%, 6% y 9% de grasa orgánica y sometidos a ciclos de congelamiento y descongelamiento fue de 7.63 kg/cm², 11.39 kg/cm², 14.87 kg/cm² y 9.62 kg/cm² respectivamente. Concluyendo que la grasa orgánica residual influye ante los ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante, obteniéndose como la dosificación óptima que tuvo mayor influencia, a la adición del 6% de grasa orgánica residual al suelo natural seco, con una variación de 0.15 kg/cm² (15.02 kg/cm² - 14.87 kg/cm²) que es la menor variación con respecto a las otras dosificaciones.

Conclusión 2: El CBR (95%MDS) de la muestra de suelo natural sin dosificación de tipo CL (arcilla de baja plasticidad) fue de 3.87%, al dosificar el suelo natural en: 3%, 6% y 9% de grasa orgánica residual, resultó: 6.34%, 6.95% y 5.86% de CBR (95%MDS) respectivamente. Se aprecia que la resistencia del suelo incrementa para las dosificaciones de 3% y 6%, y disminuye para la dosificación de 9% de grasa orgánica residual. Por lo que, su aplicación en el suelo de subrasante es óptima con la dosificación del 6% de grasa orgánica residual, incrementando en un 80% el CBR (95%MDS) con respecto al suelo natural, pasando de una subrasante pobre a regular según pavimentos urbanos (CE. 010).

Conclusión 3: En la presente investigación se ha realizado para obtener el óptimo contenido de humedad (O.C.H.) el ensayo de Proctor estándar-método A, al suelo natural sin ninguna dosificación, obteniendo como resultado 8.30%, al adicionar grasa orgánica residual al suelo natural en las dosificaciones de 3%, 6% y 9% el O.C.H. se redujo a 8.21%, 7.85% y 7.48% respectivamente. Se concluye que la incorporación de grasa orgánica residual en el suelo de subrasante, disminuye el O.C.H.

Conclusión 4: La máxima densidad seca (M.D.S.) del suelo natural sin dosificación fue de 1.38 gr/cm³, al adicionar grasa orgánica residual al suelo natural en las

dosificaciones de 3%, 6% y 9%, la M.D.S. aumento a 1.41 gr/cm³, 1.55 gr/cm³ y 1.47 gr/cm³ respectivamente. Se concluye, que la grasa orgánica residual mejora en la densificación del suelo favoreciendo en el proceso de compactación del suelo de subrasante.

Conclusión 5: En la presente investigación, la altura de ascensión capilar del suelo natural sin ninguna dosificación resulto un valor de 74.0mm en 60 minutos, al adicionar grasa orgánica residual en las dosificaciones de 3%, 6% y 9%, resultó una altura de ascensión capilar de 29.0mm, 26.5mm y 21.0mm en 60 minutos respectivamente. Se concluye, que la grasa orgánica residual influye en la ascensión capilar en el suelo de subrasante reduciendo su permeabilidad.

VII RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Realizar más investigaciones con la incorporación de grasa orgánica residual en otro tipo de suelos, así como en los suelos granulares, con la finalidad de tener una mayor perspectiva de los suelos de la región del Cusco. Se recomienda también realizar para distintos ciclos de congelamiento y descongelamiento de suelos de subrasante y considerar el periodo o tiempo de los ciclos de acuerdo al clima de la zona en donde se está realizando el estudio.

Recomendación 2: Utilizar la grasa orgánica residual en una dosificación del 6% para incrementar el índice de resistencia CBR de un suelo arcilloso de baja plasticidad, también es recomendable en el ensayo del CBR que la incorporación del agua no debe de tener una variación de más del 2% de la humedad del Proctor estándar, para ello hacer las lecturas de manera precisa y objetivas.

Recomendación 3: Se recomienda realizar el ensayo de Proctor estándar para suelos finos y Proctor modificado para suelos granulares, con el objetivo de encontrar el óptimo contenido de humedad (O.C.H.) de cada muestra de suelo dosificado en distintos porcentajes, esto para obtener una buena compactación y así alcanzar la máxima densidad seca (M.D.S.) requerida.

Recomendación 4: Realizar el ensayo de Proctor estándar en función al tamaño máximo nominal de la granulometría, en este caso como se tiene poca cantidad de gravas, pero más finos (el que pasa por el tamiz N°4) se recomienda usar el método "A" que usa un molde pequeño de 4" de diámetro.

Recomendación 5: Usar grasa orgánica residual ante la ascensión capilar en suelo arcilloso de baja plasticidad esto a causa de que los resultados en esta investigación muestran que la altura de ascensión capilar del suelo natural sin dosificación (SN+0%) fue de 74.00mm en 60 minutos y por otro lado la altura de ascensión capilar del suelo natural dosificado con 9% de grasa orgánica residual (SN+9%) fue de 21.00mm en 60 minutos, por lo que la grasa orgánica residual impermeabiliza el suelo de subrasante.

REFERENCIAS

- [1]. MERINO, L., O´HAON, B. *Población y medio ambiente en Costa Rica* [en línea]. p. 16., Asociación Demográfica Costarricense. San José, Costa Rica. 1990, [consultado el 9 de marzo del 2006]. Disponible en: <http://ccp.ucr.ac.cr/bvp/pdf/medioambiente/poma1990.pdf>
- [2]. QUERCUS, (Associação Nacional de Conservação da Naturaza, PT). *Oleos alimentarios* [en línea]. Portugal, Centro de Informação de Resíduos, 2006. [Consultado el 2 de marzo del 2006]. Disponible en: <http://www.netresiduos.com/cir/rsurb/oleosalimentares.htm>
- [3]. SCHANBACHER, F.L., WILLET, L.B., BORGER, D.C., NEISWANDER, R.L. and GRATZ, M. *Bioprocesses associated with anaerobic digestion of manures and food wastes for the production of biogas* [en línea]. In Animal Waste Management (2005, Wooster, OH). Symposium. Wooster, US. p. 317-328. [Consultado el 5 de octubre del 2006]. Disponible en: http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/05wastesymposium/PDFS/Shanbacher
- [4]. SANTA CRUZ, Miguel Angel. *Efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas del suelo cohesivo, Satipo, Junín, 2018* [en línea]. Tesis. Universidad peruana los andes, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/795>
- [5]. JALANOCA, Freyre Veliz. *Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021* [en línea]. Tesis. Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63844>
- [6]. PATIN, Angel Arcangel. *Reciclado de aceite quemado de vehículo en la estabilización de suelos arenosos. Chimborazo-Ecuador: 2018* [en línea]. Tesis. Universidad nacional de Chimborazo, 2018. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5156>
- [7]. MONCAYO, Jaime Daniel. *Estudio del efecto del aceite de motor usado, en la resistencia a corte y CBR de los suelos finos (MH) en la ciudad de Cali, Colombia, 2018* [en línea]. Tesis. Universidad del Valle, 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10893/16331>
- [8]. ZHOU, Z., LI, G., SHEN, M. y WANG, Q. *Dynamic responses of frozen subgrade soil exposed to freeze-thaw cycles. Soil Dynamics and Earthquake*

- Engineering* [en línea]. 2022, Vol. 152. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.107010>
- [9]. DEL CASTILLO, R. D. y OROBIO, A. *Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante* [en línea]. Colombia, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/ic.69016>
- [10]. TAMUT, Y. y KALITA, A. "Influencia de los ciclos de congelación-descongelación en las propiedades de resistencia del suelo de subrasante afectado por las heladas estabilizado con cemento y reforzado con agujas de pino Chir" [en línea]. Notas de la conferencia en ingeniería civil, vol. 171, 2022, págs. 1015–29. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-80312-4_88
- [11]. MAHEDI, M., CETINA, B. y CETIN, K. *Rendimiento de congelación-descongelación del suelo de subrasante de pavimento incorporado de material de cambio de fase (PCM)* [en línea]. Construcción y materiales de construcción, vol. 202, Butterworth Scientific, 2019, págs. 449–64. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.210>
- [12]. TIAN, S., TANG, L., LING, X., KONG, X., LI, S. y CAI, D. *Comportamiento cíclico de materiales de grano grueso expuestos a ciclos de congelación-descongelación: evidencia experimental y modelo de evolución* [en línea]. Ciencia y Tecnología de las Regiones Frías., vol. 167, Elsevier Science Pub Co, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2019.102815>
- [13]. KRAVCHENKO, E., LIU, J., NIU, W., ZHANG, S. *Rendimiento de suelos arcillosos reforzados con fibras sometidas a ciclos de congelación-descongelación* [en línea]. Ciencia y Tecnología de las Regiones Frías, vol. 153, Elsevier Science Pub Co, 2018, págs. 18-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2018.05.002>
- [14]. HELMENSTINE, Anne Marie. *Definición de grasas y ejemplos (química)*" [en línea]. ThoughtCo, 16 de febrero de 2021, [oughtco.com/definition-of-fat-chemistry-605865](https://www.thoughtco.com/definition-of-fat-chemistry-605865). Disponible en: <https://www.thoughtco.com/definition-of-fat-chemistry-605865>
- [15]. U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Department of Agriculture [en línea]. 2015. *20152020DietaryGuidelinesforAmericans* 8thed.

Disponible en: <http://health.gov/dietaryguidelines/2015/guidelines/>. Accessed January 12, 2016.

- [16]. U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Department of Agriculture. *Dietary Guidelines for Americans, 2010* [en línea]. 7th ed. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. Also available online: <http://health.gov/dietaryguidelines/2010.asp>.
- [17]. HELMENSTINE, Anne Marie. *Definición de grasas y ejemplos (química)*. ThoughtCo, 16 de febrero de 2021, oughtco.com/definition-of-fat-chemistry-605865.
- [18]. BARRAZA, F., Javier, A., PALPA Chávez, G. *Comparación de eficiencias en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un camal utilizando en forma independiente reactores UASB y filtros contenedores a escala piloto* [en línea]. Lima-Perú. 2011, disponible en: <https://1library.co/document/y4g5jnky-comparacion-eficiencias-tratamiento-residuales-provenientes-utilizando-independiente-contenedores.html>
- [19]. MARCOS, B. *análisis granulométrico, límites de atterberg* [en línea]. Universidad de Chile. 2006 disponible en: <http://docplayer.es/23479454-Guia-de-laboratorio-1.html>
- [20]. ARREDONDO Verdú, F. (1977, p. 221-222). *Compactación de Terrenos – Terraplenes y Pedraplenes* [en línea]. Barcelona, España: Editores Técnicos Asociados S.A. disponible en: <https://www.worldcat.org/title/compactacion-de-terrenos-terraplenes-y-pedraplenes-teoria-y-practica/oclc/431290125>
- [21]. ESCOBAR, Gonzalo. *Estructura de suelo y granulometría* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad de Colombia. 2016 disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3375>
- [22]. LAZO, A. *Clasificación de suelos método AASHTO* [en línea]. 2011. disponible en: <https://doc/59926125/Clasificacion-de-Suelos-Metodo-AASHTO>
- [23]. BOWLES, Joseph. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil* [en línea]. 1990 Bogotá: McGraw-Hill. Disponible en: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/08/josephe-e-bowles-manual-de-laboratorio-de-suelos.pdf>

- [24]. SHUAN, Luisa, y BASURTO, Daniel. Límite líquido, límite plástico e índice plástico [en línea]. 2019. Perú, Disponible en: <http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/MODOS%20OPERATIVOS/S1.5%20Límite%20líquido%20y%20límite%20plástico%20LMS-FIC-UNI.pdf>
- [25]. MTC. Manual para diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito [en línea]. 2008. Perú, disponible en: <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>
- [26]. TERZAGHI, Karl. Soil mechanics [en línea]. New York Estados Unidos. 1943, disponible en: <https://doi.org/10.1002/9780470172766.fmateria>
- [27]. RICO, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo. *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles, aeropistas* [en línea]. México D.F: Limusa, p. ISBN: 968-18-0054-0. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/489/T%20625.8%20C257%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [28]. OSORIO, J. F., y Casas, A. N. 2011. *Correlación P.D.C. con C.B.R. para suelos en la localidad de Suba* [en línea]. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. Obtenido de Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3653/2/OsorioMartinezJoseFernando2011.pdf>
- [29]. SÁNCHEZ, F. J. 2012. *blog de conceptos y aplicaciones de la tecnología ramcodes en suelos y mezclas asfálticas* [en línea]. Disponible en: RAMCODES: <http://blogramcodes.blogspot.pe/2012/08/que-es-el-cbr.html>
- [30]. CHANG, L. *C.B.R. (California Bearing Ratio)* [en línea]. 2014, obtenido de Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: <https://es.slideshare.net/chininx100pre/cbr-ensayos>
- [31]. NÚÑEZ, J. *Fallas presentadas en la construcción de carreteras asfaltadas* [en línea]. 2014. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú: Universidad de Piura. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2143/MAS_ICIVL_028.pdf%3bsequence=1

- [32]. CARAHUATAY, Chávez. *Determinación del Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible en la carretera San miguel - Pablo, Tramo San Miguel - Sunuden; Mediante el análisis deflectométrico* [en línea]. Cajamarca. 2015. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/489/T%20625.8%20C257%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [33]. CARAHUATAY C. *Determinación del Comportamiento Estructural del Pavimento Flexible en la carretera San miguel - Pablo, Tramo San Miguel - Sunuden; Mediante el análisis deflectométrico* [en línea]. R. E. 2015 Cajamarca. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/489/T%20625.8%20C257%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [34]. ARREDONDO, Francisco y VERDU. Tendencias a la tecnología del cemento y posibles innovaciones. *la capacidad portante o resistencia a la sensibilidad del suelo a la humedad* [en línea]. p. 221-222. 1977. Disponible en: <https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/1167/1300>
- [35]. BEDENETTI, Gabriel. *Humedades capilares en muros* [en línea]. Uruguay, 2012. [Consulta: 12 de mayo de 2015]. Disponible en: <https://fdocuments.mx/document/arquitectura-y-urbanismo-arquitectura-y-urbanismo-vol-xxxv-no-2-mayo-agosto.html?page=4>
- [36]. GONZÁLEZ, Ana María y RAMÍREZ LI, Ramón. 2014. *Influencia del medio ambiente en el deterioro de las edificaciones* [en línea]. La Habana: CENCREM, 2014. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982014000200007
- [37]. GARCÍA, Soledad. *Metodología de diagnóstico de humedades de capilaridad ascendente y condensación higroscópica, en edificios históricos* [en línea]. 1999. Madrid-España, Disponible en: https://oa.upm.es/10159/1/SOLEDAD_GARCIA_MORALES.pdf
- [38]. DARIO, Camuffo. *Microclimate for Cultural Heritage (Third Edition)* [en línea]. 2019, Physics of Drop Formation and Micropore Condensation, Pages 73-

92. ISBN 9780444641069, Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641069000055>.
- [39]. DARIO, C. *Microclimate for Cultural Heritage (Third Edition)* [en línea]. 2019, Physics of Drop Formation and Micropore Condensation, Pages 80-90. ISBN 9780444641069, Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641069000055>.
- [40]. EVERETT, D.H. *Thermodynamics of frost damage to porous solids* [en línea]. 1961, Transactions of the Faraday Society, 57 (9): 1541. Disponible en:
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/1961/TF/TF9615701541>.
- [41]. SSSA, Sociedad Estadounidense de Ciencias del Suelo Respondido por Erin Rooney, Universidad Estatal de Oregón página web Acerca de los suelos *Los cristales de hielo se formaron en el exterior de una muestra de suelo tomada del permafrost de Alaska. Crédito: Erin Rooney IG: @soil_roonster* [en línea]. Disponible en:
https://www.infoagro.com/noticias/2019/_como_impacta_en_el_suelo_el_ciclo_de_congelacion_y_descongelacion_.asp
- [42]. BORJA, Manuel. *Metodología de la investigación para ingeniería civil* [en línea]. Lima, 2012. [Consultado 26 agosto 2021]. Pp.10. disponible en:
https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- [43]. SANCHEZ, Carlesi, H. *Metodología y Diseño en la Investigación Científica* [en línea]. Lima - Perú: 1998. Mantaro. Disponible en:
<http://www.librosperuanos.com/libros/detalle/6348/Metodologia-y-disenos-en-la-investigacion-cientifica>
- [44]. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. *Metodología de la investigación* [en línea]. 2014, pg.4. 6ª Edición México D.F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A ,2014. [Consultado 26 agosto 2021].ISBN:978-1-4562-2396-0 Disponible en:
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- [45]. ARIAS ODON, F. *El Proyecto de Investigación: introducción a la metodología científica* [en línea]. Episteme, caracas: Fidas G. Arias Odón, 2012. [Consultado 20 junio 2020]. ISBN: 980-07-8529-9. Disponible en:

- https://books.google.com.pe/books?id=W5n0BgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- [46]. ROSSI, P.H. y Freeman, H.E. *Evaluación de un enfoque sistemático para programas sociales* [en línea]. 1989, México, D.F.: Trillas. Disponible en: <https://revistas.um.es/rie/article/download/121921/114601/482301>
- [47]. TORO. *El nivel de investigación explicativo busca encontrar causas efectos y/o fenómenos, mediante la prueba de alguna hipótesis*. p. 137 2002. Disponible en: <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Tesis%20853%20-%20Toro%20Moreno%20Jhoana%20Cristina.pdf>
- [48]. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación* [en línea]. 6ª Edición. México D.F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A ,2014. [Consultado 26 agosto 2021].ISBN:978-1-4562-2396-0 Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- [49]. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación* [en línea]. 6ª Edición. México D.F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A ,2014. [Consultado 26 agosto 2021].ISBN:978-1-4562-2396-0 Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.
- [50]. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación* [en línea]. 6ª Edición. México D.F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A ,2014. [Consultado 26 agosto 2021].ISBN:978-1-4562-2396-0 Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.
- [51]. BORJA, Manuel. *Metodología de la investigación científica para ingenieros* [en línea]. p. 30. Chiclayo: International Thomson Editores, 2012. 38pp. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

- [52]. HERNÁNDEZ Sampieri, FERNÁNDEZ Collado y BAPTISTA Lucio. *Metodología de la investigación quinta edición* [en línea]. 2014, p.174. México: McGRAW.HILL/INTERAMERICANA, S.A. DE C.V. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- [53]. HERNÁNDEZ Sampieri, FERNÁNDEZ Collado y BAPTISTA Lucio. *Metodología de la investigación quinta edición* [en línea]. 2014, p.175. México: McGRAW.HILL/INTERAMERICANA, S.A. DE C.V. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- [54] HERNANDEZ, R; FERNANDEZ, C y BAPTISTA, Metodología de la investigación [en línea]. 4^a edición interamericana editores, s.a. de C.V. México: Noé Islas López, 2006. [Consultado 21 junio 2020]. ISBN: 978-970-10-5753-7. Disponible en: <https://seminariodemetodologiadelainvestigacion.files.wordpress.com/2012/03/metodologc3ada-de-la-investigacic3b3n-roberto-hernc3a1ndez-sampieri.pdf>.
- [55]. BORJA. 2012. *Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros* [en línea]. Chiclayo: International Thomson Editores, 2012. 38pp. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- [56]. HERNANDEZ, R; FERNANDEZ, C y BAPTISTA, Metodología de la investigación [en línea]. 4^a edición interamericana editores, s.a. de C.V. México: Noé Islas López, 2006. ISBN: 978-970-10-5753-7. Disponible en: <https://seminariodemetodologiadelainvestigacion.files.wordpress.com/2012/03/metodologc3ada-de-la-investigacic3b3n-roberto-hernc3a1ndez-sampieri.pdf>.
- [57]. CHAVEZ, Ugarriza y PAJARES, Nelly. 2005. *La evaluación de la inteligencia emocional a través del inventario de BarOn ICE: NA, en una muestra de niños y adolescentes*. 2005, 11-58 [Consultado 21 junio 2020]. ISSN: 1560-6139. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147112816001>

- [58]. HERNANDEZ, R; FERNANDEZ, C y BAPTISTA, *Metodología de la investigación* [en línea]. 5ª Edición interamericana editores, S.A. DE C.V., México: 2010. [Consultado 21 junio 2020]. ISBN: 978-607-15-0291-9. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- [59]. HUARACA, Gerardo. Efecto del sistema Consolid en el CBR y la ascensión capilar del material para base de pavimento de la cantera de totora, Cusco, 2020 [en línea]. Tesis. Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61607>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

Título: Aplicación de grasa orgánica residual ante ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021

Autor: Cristhian Quispe Chávez.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1 grasa orgánica residual	La grasa orgánica, está constituida fundamentalmente por triglicéridos en una cantidad mayor al 95%, cuyo contenido es una molécula de glicerol que tiene tres ácidos grasos esterificados. Es una sustancia insoluble en agua, soluble en alcohol y en éter, de color blanco amarillento que funde entre los 40 y los 60°C de acuerdo a su pureza y con punto de ebullición por encima de los 200 °C. (Swern, 1964; West, 1983)	La dosificación a utilizarse será de 0, 3, 6, y 9 por ciento de grasa orgánica residual que se adicionará al suelo seco.	Dosificación (Aplicación de residuo de camal)	To = 0% T2 = 3% T5 = 6% T7 = 9%	De razón
Variable 2 Ciclos de Congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante	El ciclo de congelamiento/descongelamiento de la subrasante produce hinchamientos que se traducen en ondulaciones del pavimento y, por lo tanto, en una disminución de la serviciabilidad. La expansión por congelamiento ocurre cuando el agua libre en la subrasante se congela y forma lentes de hielo. El hielo ocupa más volumen que el agua y, lo que es peor, hay aporte de agua proveniente de las partes inferiores por acción capilar, si el nivel freático está próximo, para formar hielo, por lo que esas lentes de hielo crecen cada vez más incrementando el problema. (libro-pavimento 2012)	La resistencia CBR se obtendrá mediante el ensayo en laboratorio. La ascensión capilar se realizará colocando el espécimen sobre un recipiente con agua. La resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento de un suelo de subrasante se realizará mediante compresión uniaxial del espécimen después de 5 ciclos de congelamiento y descongelamiento.	Resistencia CBR	CBR %	De razón
			Expansión	Expansión (%)	
			Optimo contenido de humedad	O.C.H. (%)	De razón
			Máxima densidad seca	M.D.S. (gr/cm3)	De razón
			Ascensión capilar	Ascensión (mm)	De razón
			Resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante	Compresión simple (ASTM D2166) (kg/cm2)	De razón

Anexo 2. Matriz de consistencia

Título: Aplicación de **grasa orgánica residual** ante **ciclos de congelamiento/descongelamiento** en **suelo de subrasante** de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021

Autor: Cristhian Quispe Chávez

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología	
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable 1 Grasa orgánica Residual	Dosificación (Aplicación de residuo de camal)	To = 0%	Balanza Electrónica	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque de investigación: Cuantitativa Diseño de la investigación: Cuasi-Experimental Nivel de la investigación: explicativa. Población: Calicatas en suelo de subrasante de la calle Muña Muestra: 3 calicata Muestreo: No probabilístico	
¿De qué manera la aplicación de grasa orgánica residual influye ante ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?	Evaluar la influencia de la aplicación de grasa orgánica residual ante ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.	La aplicación de grasa orgánica residual influye significativamente ante ciclos de congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.			T2 = 3%			T5 = 6%
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Variable 2 Ciclos de Congelamiento/descongelamiento en suelo de subrasante	Resistencia CBR Expansión Optimo contenido de humedad Máxima densidad seca Ascensión capilar Resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante	CBR (%)	. Ensayo CBR . ASTM D1883 . MTC E132 . Ensayo de expansión . MTC E132 (Ítem 6.4)		
¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?	Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.	La aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia CBR y expansión del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.						Expansión (%)
¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en el óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?	Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en el óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.	La aplicación de grasa orgánica residual influye en el óptimo contenido de humedad del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.			O.C.H. (%)	. Ensayo de M.D.S. . MTC E115 . NTP 339.141 . ASTM D1557		
¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la máxima densidad seca del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?	Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la máxima densidad seca del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.	La aplicación de grasa orgánica residual influye en la máxima densidad seca del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.						Máxima densidad seca
¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la ascensión capilar en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?	Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la ascensión capilar en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.	La aplicación de grasa orgánica residual tiene un efecto significativo en la ascensión capilar en suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.			Ascensión capilar	Ascensión (mm)		
¿En qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021?	Determinar en qué medida la aplicación de grasa orgánica residual influye en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.	La aplicación de grasa orgánica residual influye significativamente en la resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante de la calle Muña, Altoqosqo-Cusco, 2021.						Resistencia a la compresión después de ciclos de congelamiento y descongelamiento del suelo de subrasante

Anexo 3. Validez




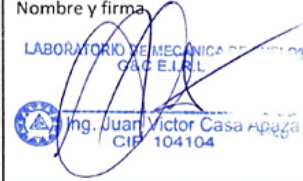

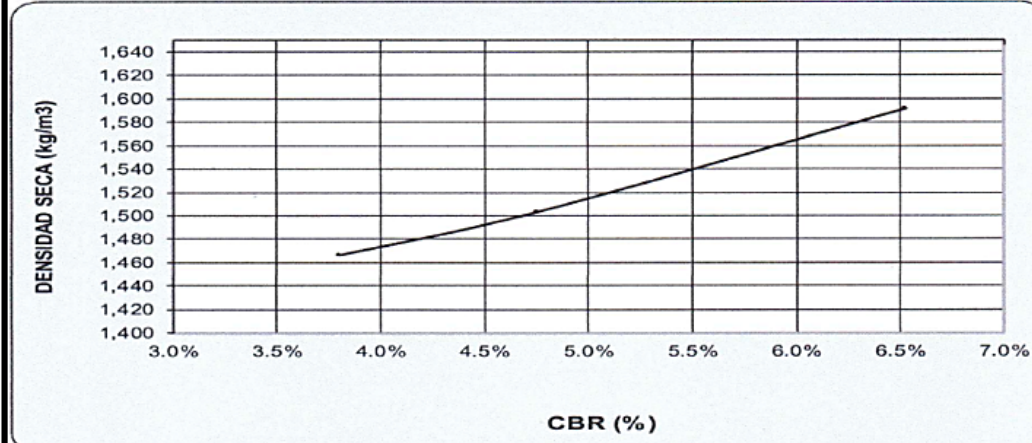
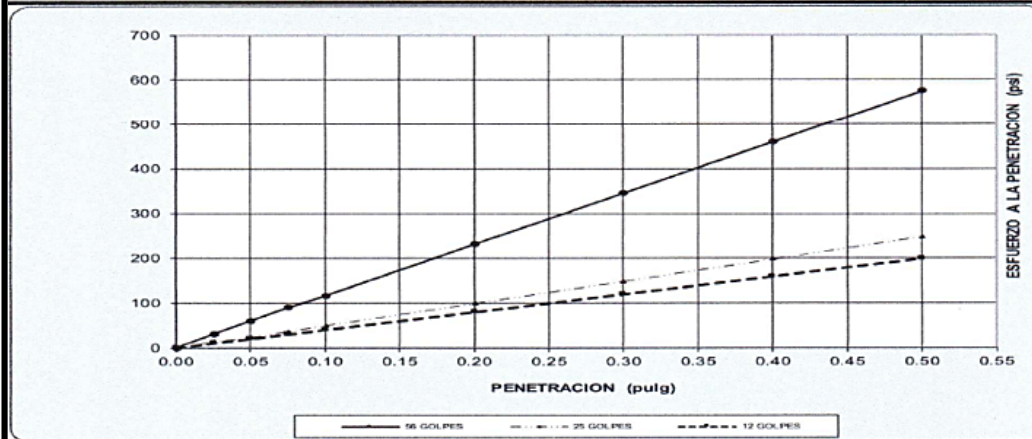
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y PAVIMENTOS G&C E.I.R.L. ASESORAMIENTO TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA 												
ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132												
DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION)												
PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021 UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO MUESTRA : INFORME N° : MATERIAL : FECHA : SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO REALIZADO POR : BACH. C.Q.CH. TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ REVISADO POR :												
DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)				Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:						
Humedad Optima				Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:						
Humedad Natural				Número de Capas	5 capas	SUCS :						
DATOS DEL MOLDE (cm.)												
Nro. De Golpes	1			2			3					
	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Altura												
Diámetro												
Volumen												
DATOS DE COMPACTACION												
	MOLDE N° 20			MOLDE N° 21			MOLDE N° 22					
	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)												
Peso del Molde (gr)												
Peso de la Muestra Compacta (gr)												
Densidad Humeda (gr/cm3)												
Densidad Seca (gr/cm3)												
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD												
	1		2		3		4		5		6	
Peso del Tarro (gr)												
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)												
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)												
Peso del Agua (gr)												
Peso del Suelo Seco (gr)												
Contenido de Humedad												
Contenido de Humedad Promedio												
DATOS DE ABSORCION												
	1			2			3					
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)												
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)												
Porcentaje de Absorción												
ENSAYO DE EXPANSION												
CTE. DIAL EXPANSION 0.001												
FECHA HORA TIEMPO TRANSC. Dial Pulg. % Exp. Dial Pulg. % Exp. Dial Pulg. % Exp.												
21/01/2022												
22/01/2022												
23/01/2022												
24/01/2022												
25/01/2022												
ENSAYO DE PENETRACION												
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048												
AREA PISTON 3.0 Pulg. Cuadradas												
TIEMPO PENETRACION Dial Carga Esfuer. Dial Carga Esfuer. Dial Carga Esfuer.												
(mm) (pulg) mm Lb PSI Lb PSI Lb PSI												
0.5 min												
1.0 min												
1.5 min												
2.0 min												
4.0 min												
6.0 min												
8.0 min												
10.0 min												
TECNICO DE LABORATORIO				ESPECIALISTA				ESPECIALISTA				
Nombre y firma				Nombre y firma				Nombre y firma				
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571				 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104				 Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRY				



GRAFICO DEL CBR

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 3%)

ROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
 UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
 MUESTRA : INFORME N° :
 MATERIAL : FECHA :
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO REALIZADO POR : BACH. C.Q.CH.
 ASISTENTE : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ REVISADO POR :



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)		CBR AL 95% DE MDS =
HUMEDAD OPTIMA (%)		CBR AL 100% DE MDS =
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLPES		
25 GOLPES		
12 GOLPES		
VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") =		
OBSERVACION:		

TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP: 170064 CIV. N° 012979VCZRY



GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 01)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : **INFORME N° :**
MATERIAL : **FECHA :**
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR :** BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR :**

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total : 0.0
Peso de muestra lavada: 0.0
Perdida por lavada: 0.0

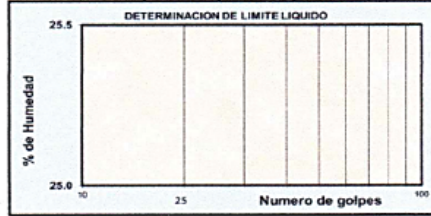
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No4					
10					
40					
100					
200					
< 200					
Total					

Límite Líquido NTP 339.128

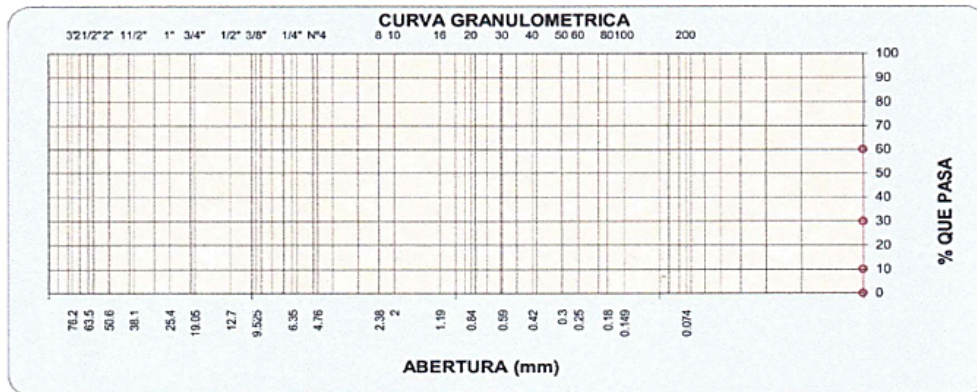
Ensayo	1	2	3	4
N° de Golpes				
Recipiente N°				
R + Suelo Hum.				
R + Suelo Seco				
Peso Recip.				
Peso Agua				
Peso S. Seco				
% de Humedad				

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	a	b	c
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso Recip.			
Peso Agua			
Peso S. Seco			
% de Humedad			



Clasificación SUCS : L.L. : Máx.Dens.Seca : CBR AL 95% MDS
Clasificación AASHTO: I.P. : Humedad Óptima: CBR AL 100% MDS



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP. 170064 CIV. N° 012979VCZRY



ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR MTC E 116

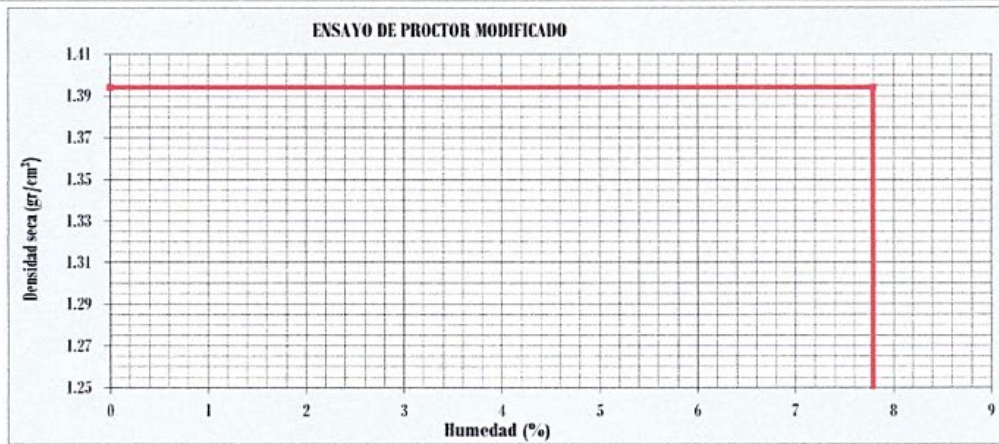
DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 01)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : **INFORME N°** :
MATERIAL : **FECHA** :
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** :

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas				
Número de golpes				
Peso suelo + molde (gr.)				
Peso molde (gr.)				
Peso suelo compactado (gr.)				
Volúmen del molde (cm ³)				
Densidad húmeda (gr/cm ³)				

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)								
Tara + suelo húmedo (gr.)								
Tara + suelo seco (gr.)								
Peso del Suelo Húmedo (gr.)								
Peso del Suelo Seco (gr.)								
Peso de agua (gr.)								
Humedad (%)								
Promedio								
Densidad Seca (gr/cm ³)								

x. Densidad Seca (gr/cm³) Contenido Humedad Optima (%)



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VC2RY



ENSAYO DE ASCENSION CAPILAR

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : **INFORME N°** :
MATERIAL : **FECHA** :
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** :

CARACTERISTICAS DEL SUELO

Humedad natural: _____
 Limite liquido : _____
 Limite plastico : _____
 Indice de plastic. : _____
 Tipo de suelo: CL

PARAMETROS DEL SUELO

Maxima densidad seca(MDS) : _____
 Optimo contenido de humedad(OCH) : _____
 CBR (%) : _____

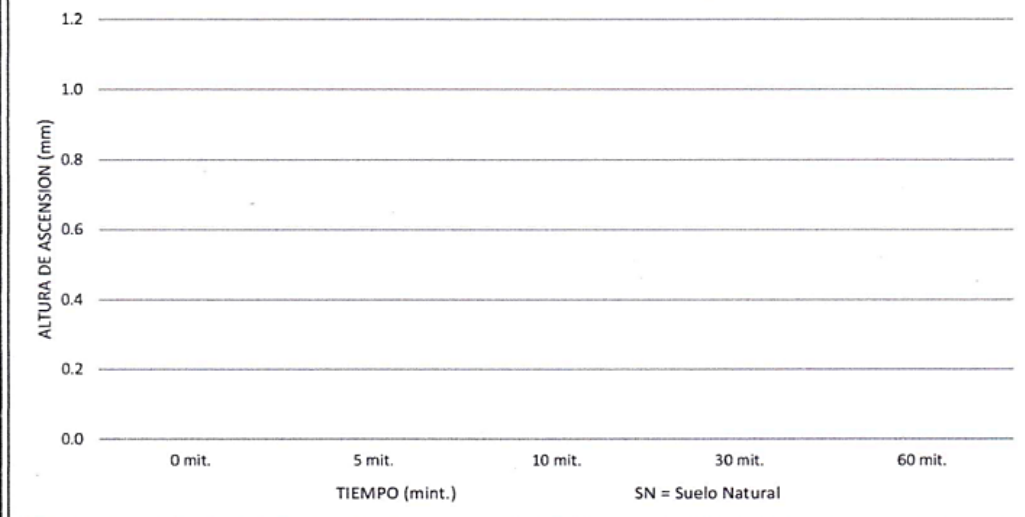
% de grava: _____

% de arena: _____

% de finos: _____

TIEMPO (mint.)	ALTURA DE ASCENSION CAPILAR EN SUELO DOSIFICADO CON GRASA ORGANICA								TIEMPO (mint.)	ALTURA PROMEDIO DE LA ASCENSION CAPILAR DEL SUELO DOSIFICADO CON GRASA ORGANICA			
	SN+0%		SN+3%		SN+6%		SN+9%			SN+0%	SN+3%	SN+6%	SN+9%
	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)		AC-PROM. (mm)	AC-PROM. (mm)	AC-PROM. (mm)	AC-PROM. (mm)
0 mit.									0 mit.				
5 mit.									5 mit.				
10 mit.									10 mit.				
30 mit.									30 mit.				
60 mit.									60 mit.				

CONTROL DE ASCENSION CAPILAR (Lamina de agua 1cm)



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRY



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE MTC E121

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : **INFORME N° :**
MATERIAL : **FECHA :**
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR :**

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DOSIFICADOS Y CON CICLOS DE CONGELAMIENTO

N°	Identificación de muestras	Fecha de obtension	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Carga (Kg)	Relacion Alt./Diám.	Resistencia a la compresion (Kg/cm2)
1	Probeta (M-1), 0% de grasa y ciclos de cong./descong.							
2	Probeta (M-2), 0% de grasa y ciclos de cong./descong.							
3	Probeta (M-4), 3% de grasa y ciclos de cong./descong.							
4	Probeta (M-5), 3% de grasa y ciclos de cong./descong.							
5	Probeta (M-7), 6% de grasa y ciclos de cong./descong.							
6	Probeta (M-8), 6% de grasa y ciclos de cong./descong.							
7	Probeta (M-10), 9% de grasa y ciclos de cong./descong.							
8	Probeta (M-11), 9% de grasa y ciclos de cong./descong.							

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DOSIFICADOS SIN CICLOS DE CONGELAMIENTO

N°	Identificación de muestras	Fecha de obtension	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Carga (Kg)	Relacion Alt./Diám.	Resistencia a la compresion (Kg/cm2)
1	Probeta (M-1) 0% de grasa organica							
2	Probeta (M-2) 0% de grasa organica							
3	Probeta (M-4) 3% de grasa organica							
4	Probeta (M-5) 3% de grasa organica							
5	Probeta (M-7) 6% de grasa organica							
6	Probeta (M-8) 6% de grasa organica							
7	Probeta (M-10) 9% de grasa organica							
8	Probeta (M-11) 9% de grasa organica							

TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRY



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE MTC E121

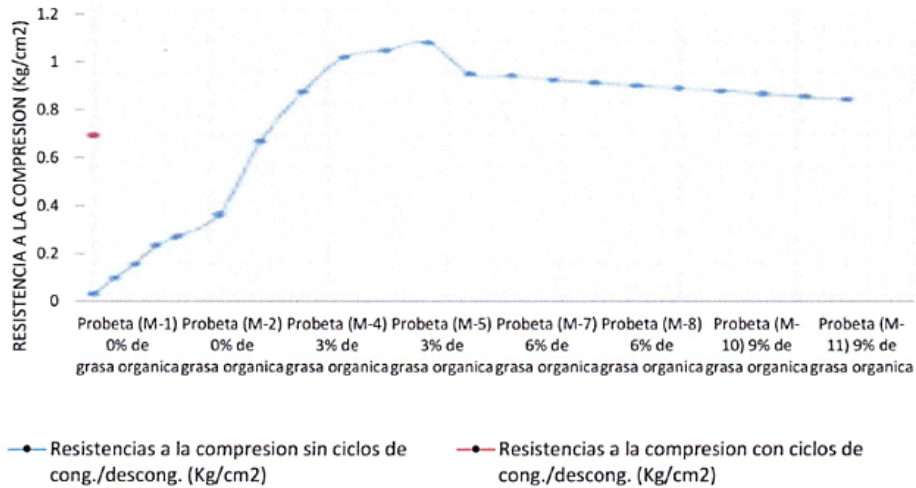
DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
 UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
 MUESTRA : INFORME N° :
 MATERIAL : FECHA :
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO REALIZADO POR : BACH. C.Q.CH.
 TESISISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ REVISADO POR :



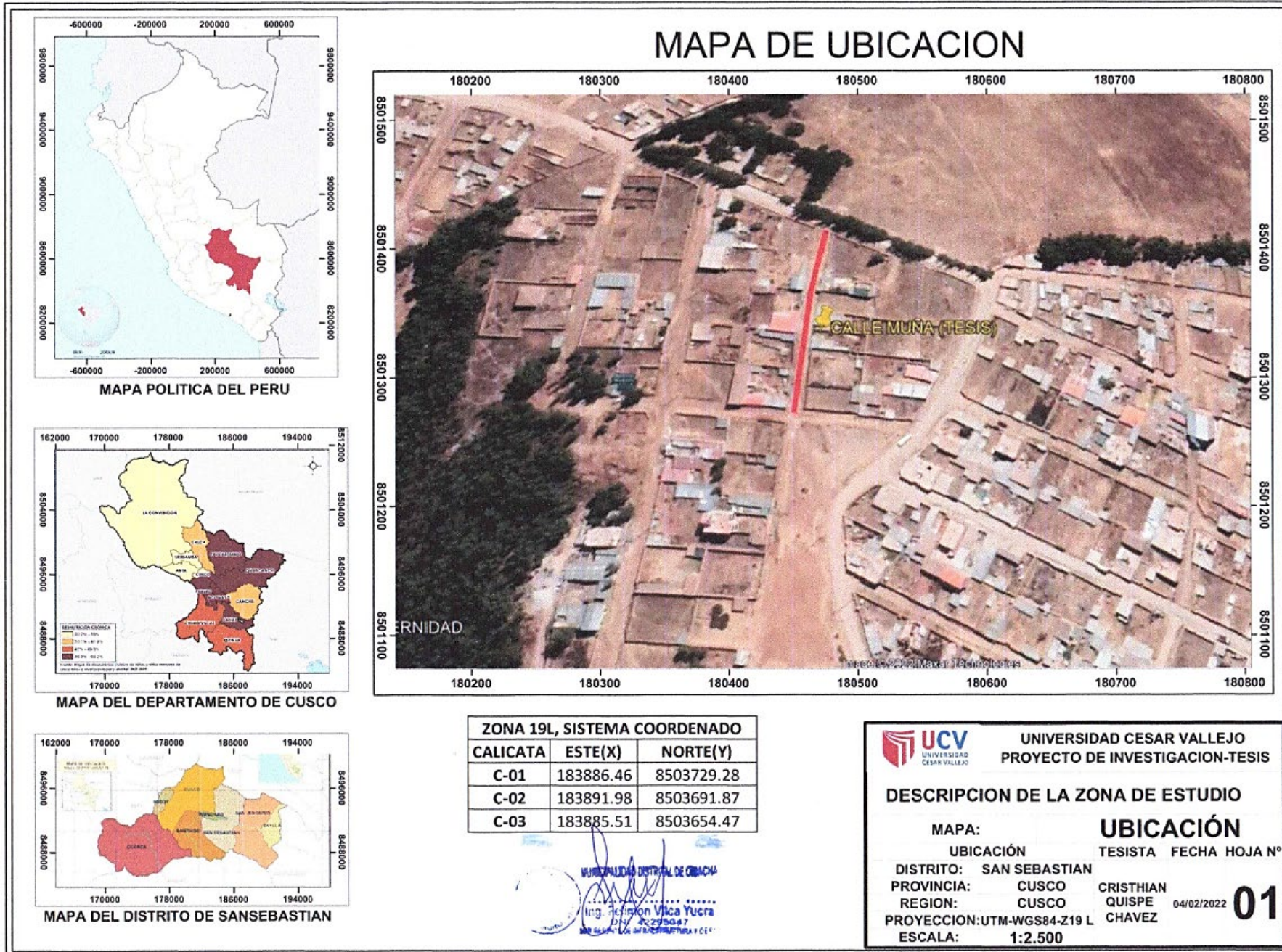
N°	Identificación de muestras	Resistencias a la compresión sin ciclos de cong./descong. (Kg/cm2)	Resistencias a la compresión con ciclos de cong./descong. (Kg/cm2)
1	Probeta (M-1) 0% de grasa orgánica		
2	Probeta (M-2) 0% de grasa orgánica		
3	Probeta (M-4) 3% de grasa orgánica		
4	Probeta (M-5) 3% de grasa orgánica		
5	Probeta (M-7) 6% de grasa orgánica		
6	Probeta (M-8) 6% de grasa orgánica		
7	Probeta (M-10) 9% de grasa orgánica		
8	Probeta (M-11) 9% de grasa orgánica		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DOSIFICADAS CON Y SIN CICLOS DE CONG/DESCONG.



TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VC2RY

Anexo 4. Mapas y Planos



Anexo 5. Panel fotográfico

a). Imágenes de la extracción de las muestras de suelo de las calicatas.



Figura 1. Reconocimiento del lugar de investigación.



Figura 2. Excavación de la calicata.



Figura 3. Calicata 01 (C-01).



Figura 4. Calicata 02 (C-02).



Figura 5. Calicata 03 (C-03).



Figura 6. Las muestras extraídas de las 3 calicatas.

b). Imágenes del ensayo de granulometría del suelo natural por el método del tamizado.



Figura 7. Cuarteo de la muestra.



Figura 8. Pesado para la humedad higroscópica de 10 a 15 g.



Figura 9. Secado en horno para la humedad a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$.



Figura 10. Remojado hasta que los terrones se ablanden.



Figura 11. Lavado en el tamiz N°200.



Figura 12. Secado en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$.



Figura 13. Pesado del suelo lavado y secado en horno.



Figura 14. Tamizado de la muestra de suelo.



Figura 15. Tamizado de la muestra de suelo.



Figura 16. Limpiado del tamiz con una escobilla de cerda.



Figura 17. Añadir al recipiente para ser pesado.



Figura 18. Registro o anote del suelo retenido en cada tamiz.

c). Imágenes del ensayo de limite líquido de la muestra natural.



Figura 19. Obtención de la muestra del cuarteo.



Figura 20. Tamizar en la malla N°40 aproximadamente 250g de suelo.



Figura 21. Al pasante el tamiz N°40 añadir agua en poca cantidad.



Figura 22. Mezclar con una espátula hasta tener una consistencia homogénea.



Figura 23. Realización de la ranura con un acanalador.



Figura 24. Movimiento de la cazuela con la ayuda de la manivela.

d). Imágenes del ensayo de limite plástico de la muestra natural.



Figura 25. Se trabaja con el material del límite líquido se toma 20g aproximadamente.



Figura 26. Amasado del suelo hasta que pierda humedad.



Figura 27. Adelgazamiento del rollito hasta un diámetro de 3.2mm (1/8pulg).

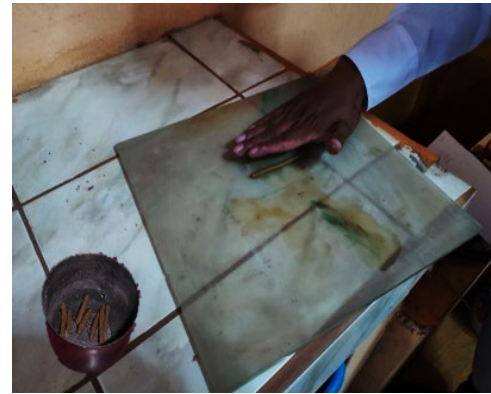


Figura 28. Adelgazamiento del rollito repetitivamente.

e). Imágenes del ensayo de Proctor estándar y CBR dosificados al 0%.



Figura 29. Cuarteo de la muestra.



Figura 30. Golpes aplicados con el pisón en toda el área del molde.



Figura 31. Enrasado del molde con una regla metálica.



Figura 32. Registrado del peso del suelo más molde.



Figura 33. Pesado para el contenido de humedad.



Figura 34. Llevado la muestra de suelo al horno para su contenido de humedad.



Figura 35. Después de 4 días se drena por 15 minutos aproximadamente.



Figura 36. Prueba de resistencia del CBR en la prensa.

f). Imágenes del ensayo de Proctor estándar y CBR dosificados al 3%.



Figura 37. Recolección de la grasa orgánica residual (grasa de cerdo).



Figura 38. Grasa de cerdo.



Figura 39. Dosificación al 3% con grasa de cerdo.



Figura 40. Golpes aplicados con el pisón en toda el área del molde.



Figura 41. Lectura de la expansión del suelo.



Figura 42. Prueba de resistencia del CBR en la prensa.

g). Imágenes del ensayo de Proctor estándar y CBR dosificados al 6%.



Figura 43. Dosificación al 6% con grasa de cerdo.



Figura 44. Golpes aplicados con el pisón en toda el área del molde.



Figura 45. Enrasado del molde con una regla metálica



Figura 46. Pesado del suelo más molde.

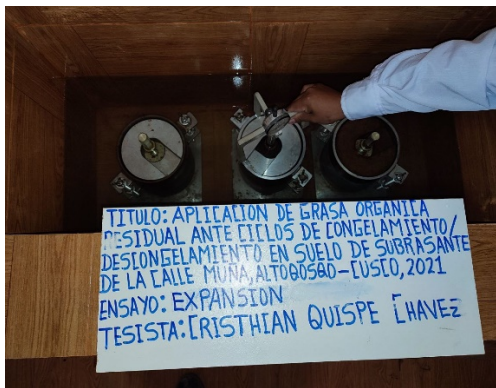


Figura 47. Lectura de la expansión del suelo.



Figura 48. Prueba de resistencia del CBR en la prensa.

h). Imágenes del ensayo de Proctor estándar y CBR dosificados al 9%.



Figura 49. Dosificación al 9% con grasa de cerdo.



Figura 50. Separación de la muestra para el contenido de humedad.



Figura 51. Lectura del peso de las muestras.



Figura 52. Golpes aplicados con el pisón en toda el área del molde.



Figura 53. Lectura de la expansión del suelo.



Figura 54. Prueba de resistencia del CBR en la prensa.

i). Imágenes del ensayo de ascensión capilar.



Figura 55. Dosificación del suelo natural.



Figura 56. Obtención de probetas de la prensa extractora.



Figura 57. Probetas con las distintas dosificaciones.



Figura 58. Secado en el horno de las probetas.



Figura 59. Lectura de la ascensión capilar.



Figura 60. Registro de las lecturas de ascensión capilar.

j). Imágenes del ensayo de resistencia a la compresión simple de probetas dosificadas y sometidos a ciclos de congelamiento y descongelamiento.



Figura 61. Descongelamiento de las probetas.

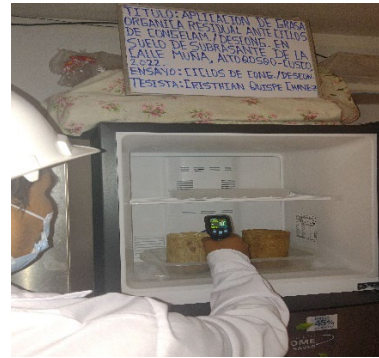


Figura 62. Congelamiento de las probetas.



Figura 63. Medida de las dimensiones de las probetas.



Figura 64. Colocación de la probeta en el equipo de compresión.




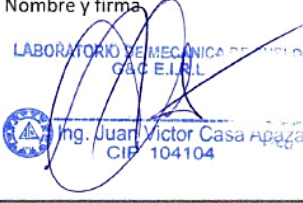
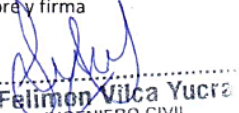


Figura 65. Acción de la compresión.



Figura 66. Falla de la probeta.

Anexo 6. Hojas de cálculos

 <p style="text-align: center;">LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y PAVIMENTOS G&C E.I.R.L ASESORAMIENTO TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA</p> 																								
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (CALICATA 01)																								
DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 01)																								
<p>PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021</p> <p>UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO</p> <p>MUESTRA : CALICATA N° 01 (C-01) PROF. : 1.50m INFORME N° : LAB-ENE-2022</p> <p>MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) FECHA : 26/01/2022</p> <p>SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO REALIZADO POR : BACH. C.Q.CH.</p> <p>TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ REVISADO POR : Ing. Felimon Vilca Yucra</p>																								
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="font-size: 24px; margin: 0;">CALICATA</p> <p style="font-size: 48px; margin: 0;">C-1</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="text-align: center;">COORDENADA</td> <td style="text-align: center;">N</td> <td style="text-align: center;">8503729.28</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">183886.46</td> </tr> </table>	COORDENADA	N	8503729.28		E	183886.46																		
COORDENADA	N	8503729.28																						
	E	183886.46																						
CONTENIDO DE HUMEDAD																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">N° de muestra</th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cápsula g</td> <td style="text-align: center;">19.47</td> <td style="text-align: center;">16.21</td> <td style="text-align: center;">19.4</td> </tr> <tr> <td>Cápsula + suelo húmedo g</td> <td style="text-align: center;">72.71</td> <td style="text-align: center;">67.9</td> <td style="text-align: center;">78.33</td> </tr> <tr> <td>Cápsula + suelo seco g</td> <td style="text-align: center;">67.52</td> <td style="text-align: center;">62.82</td> <td style="text-align: center;">72.68</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad %</td> <td style="text-align: center;">10.80</td> <td style="text-align: center;">10.90</td> <td style="text-align: center;">10.60</td> </tr> <tr> <td>Promedio %</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">10.77</td> </tr> </tbody> </table>	N° de muestra	1	2	3	Cápsula g	19.47	16.21	19.4	Cápsula + suelo húmedo g	72.71	67.9	78.33	Cápsula + suelo seco g	67.52	62.82	72.68	Contenido de humedad %	10.80	10.90	10.60	Promedio %	10.77		
N° de muestra	1	2	3																					
Cápsula g	19.47	16.21	19.4																					
Cápsula + suelo húmedo g	72.71	67.9	78.33																					
Cápsula + suelo seco g	67.52	62.82	72.68																					
Contenido de humedad %	10.80	10.90	10.60																					
Promedio %	10.77																							
RESUMEN DE RESULTADOS																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Humedad Natural</td> <td style="width: 40%;">Contenido de Humedad</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">10.77%</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Limites de consistencia</td> <td>Limite Liquido</td> <td style="text-align: center;">27.33%</td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico</td> <td style="text-align: center;">19.60%</td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad</td> <td style="text-align: center;">7.72%</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">Clasificación</td> <td>SUCS</td> <td style="text-align: center;">CL</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td style="text-align: center;">A-4 (4)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">Parametros Suelo</td> <td>MDS</td> <td style="text-align: center;">1.39 g/cm3</td> </tr> <tr> <td>Humedad Optima</td> <td style="text-align: center;">7.79 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CBR</td> <td>Laboratorio</td> <td style="text-align: center;">4.60%</td> </tr> </table>	Humedad Natural	Contenido de Humedad	10.77%	Limites de consistencia	Limite Liquido	27.33%	Limite Plastico	19.60%	Indice de Plasticidad	7.72%	Clasificación	SUCS	CL	AASHTO	A-4 (4)	Parametros Suelo	MDS	1.39 g/cm3	Humedad Optima	7.79 %	CBR	Laboratorio	4.60%	
Humedad Natural	Contenido de Humedad	10.77%																						
Limites de consistencia	Limite Liquido	27.33%																						
	Limite Plastico	19.60%																						
	Indice de Plasticidad	7.72%																						
Clasificación	SUCS	CL																						
	AASHTO	A-4 (4)																						
Parametros Suelo	MDS	1.39 g/cm3																						
	Humedad Optima	7.79 %																						
CBR	Laboratorio	4.60%																						
<p style="text-align: center;">TECNICO DE LABORATORIO</p> <p>Nombre y firma</p> <div style="text-align: center;">  Ing. Alfredo Gaspar Apaza <small>CIP 128571</small> </div>	<p style="text-align: center;">ESPECIALISTA</p> <p>Nombre y firma</p> <div style="text-align: center;">  Ing. Juan Victor Casa Apaza <small>CIP 104104</small> </div>	<p style="text-align: center;">ESPECIALISTA</p> <p>Nombre y firma</p> <div style="text-align: center;">  Felimon Vilca Yucra <small>INGENIERO CIVIL CIP. 170064 CIM. N° 012979VCZRY</small> </div>																						



GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 01)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 01 (C-01) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 24/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total : 754.4
 Peso de muestra lavada: 321.4
 Pérdida por lavada: 433.0

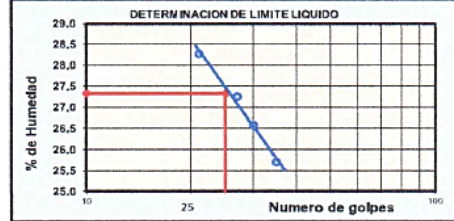
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especificaciones
Tamiz mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa	
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	100.00	
2"	50.600	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No4	4.760	0.0	0.00	100.00	
10	2.000	67.8	9.00	91.00	
40	0.420	87.3	11.60	79.40	
100	0.149	99.4	13.20	66.20	
200	0.074	66.9	8.90	57.30	
< 200		433.0	57.40	-0.10	
Total		754.4	100.00		

Límite Líquido NTP 339.128

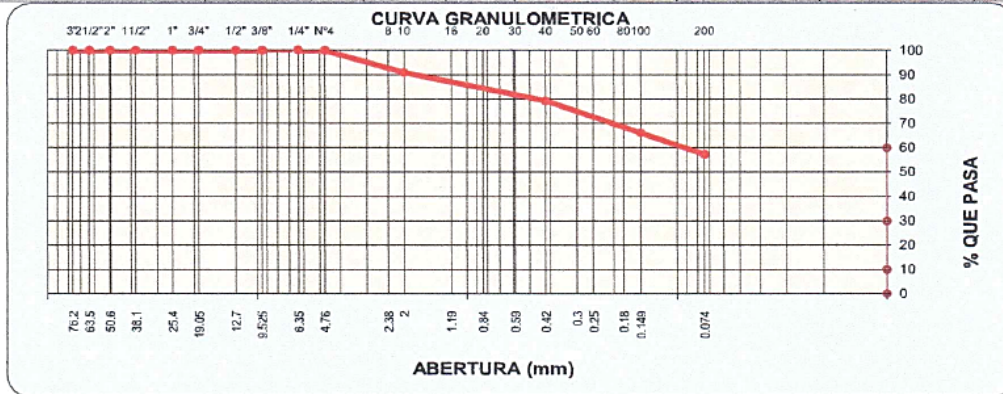
Ensayo	1	2	3	4
N° de Golpes	35	30	27	21
Recipiente N°	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.23	27.83	29.44	28.38
R + Suelo Seco	25.75	25.39	26.11	25.22
Peso Recip.	16.10	16.21	13.89	14.04
Peso Agua	2.48	2.44	3.33	3.16
Peso S. Seco	9.65	9.18	12.22	11.18
% de Humedad	25.70	26.58	27.25	28.26

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	a	b	c
R + Suelo Hum.	15.21	14.26	15.42
R + Suelo Seco	13.92	13.19	14.05
Peso Recip.	7.60	7.26	7.32
Peso Agua	1.29	1.07	1.37
Peso S. Seco	6.32	5.93	6.73
% de Humedad	20.41	18.04	20.36



Clasificación SUCS : **CL** L.L. : **27.33** Máx.Dens.Seca : **1.39** CBR AL 95% MDS : **4.6%**
 Clasificación AASHTO : **A-4 (4)** IP : **7.72** Humedad Optima : **7.79** CBR AL 100% MDS : **6.7%**



<p align="center">TECNICO DE LABORATORIO</p> <p>Nombre y firma</p> <p align="center"><i>[Firma]</i></p> <p align="center">LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.</p> <p align="center">..... Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571</p>	<p align="center">ESPECIALISTA</p> <p>Nombre y firma</p> <p align="center"><i>[Firma]</i></p> <p align="center">LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C</p> <p align="center"><i>[Firma]</i> Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104</p>	<p align="center">ESPECIALISTA</p> <p>Nombre y firma</p> <p align="center"><i>[Firma]</i></p> <p align="center">Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VC2RX</p>
--	--	---



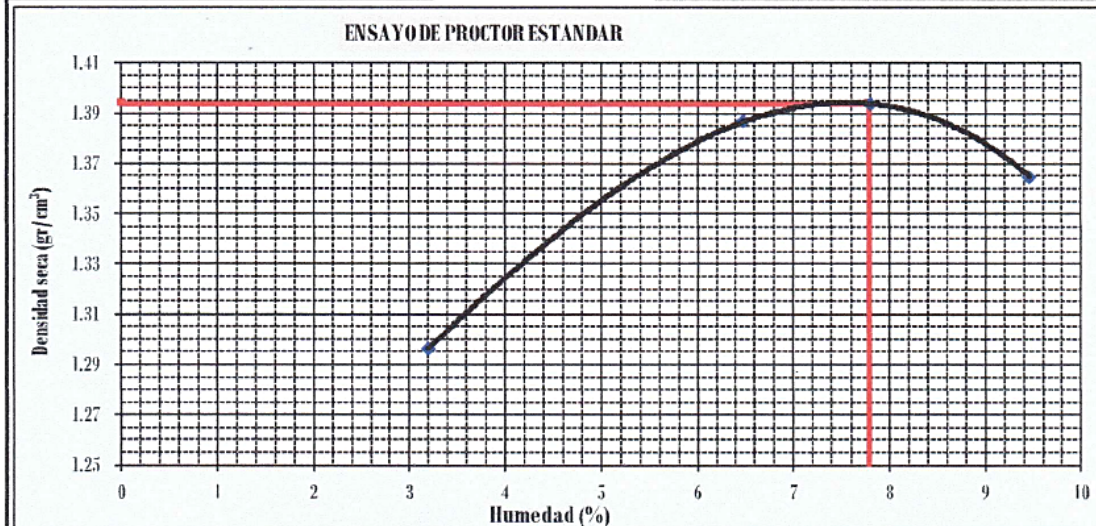
ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR MTC E 116

DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 01)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 01 (C-01) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 25/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	3	3	3	3
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5465	5662	5699	5687
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	1898	2095	2132	2120
Volumen del molde (cm ³)	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.338	1.476	1.503	1.494

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	14.13	14.15	14.26	13.78	14.17	14.16	13.84	15.35
Tara + suelo húmedo (gr.)	112.41	90.77	104.62	105.00	96.26	94.57	96.54	98.63
Tara + suelo seco (gr.)	108.60	89.01	99.05	99.52	90.06	89.02	89.55	91.27
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	98.28	76.62	90.36	91.22	82.09	80.41	82.70	83.28
Peso del Suelo Seco (gr.)	94.47	74.86	84.79	85.74	75.89	74.86	75.71	75.92
Peso de agua (gr.)	3.81	1.76	5.57	5.48	6.20	5.55	6.99	7.36
Humedad (%)	4.03	2.35	6.57	6.39	8.17	7.41	9.23	9.69
Promedio	3.19		6.48		7.79		9.46	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.296		1.387		1.394		1.365	
x. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.39				Contenido Humedad Optima (%)		7.79	



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZR



CARACTERISTICAS DEL SUELO (CALICATA 02)

DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 02)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 26/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

CALICATA C-2

COORDENADAS	ESTE	183891.98
	NORTE	8503691.87

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de muestra		1	2	3
Cápsula	g	20.31	25.37	21.87
Cápsula + suelo húmedo	g	102.05	100.6	123.32
Cápsula + suelo seco	g	95.21	94.8	115.88
Contenido de humedad	%	9.13	8.35	7.91
Promedio	%	8.47		

RESUMEN DE RESULTADOS

Humedad Natural	Contenido de Humedad	8.47%
Limites de consistencia	Limite Liquido	27.29%
	Limite Plastico	18.32%
	Indice de Plasticidad	8.96%
Clasificación	SUCS	CL
	AASHTO	A-4 (3)
Parametros Suelo	MDS	1.38 g/cm ³
	Humedad Optima	8.30 %
CBR	Laboratorio	4.24%

TECNICO DE LABORATORIO

Nombre y firma

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 128571

ESPECIALISTA

Nombre y firma

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&C E.I.R.L.

Ing. Juan Victor Casa Apaza
CIP 104104

ESPECIALISTA

Nombre y firma

Felimon Vilca Yucra
INGENIERO CIVIL
CIP 170064
CIV. N° 012979VC78Y



GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 02)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF.: 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 24/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yuera

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total : 878.0
Peso de muestra lavada: 402.0
Perdida por lavada: 476.0

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz 3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.00	
2"	50.600	0.0	0.0	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.00	
1"	25.400	0.0	0.0	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.00	
1/2"	12.700	11.0	1.30	98.70	
3/8"	9.525	4.0	0.50	98.20	
1/4"	6.350	15.0	1.70	96.50	
No4	4.760	17.0	1.90	94.60	
10	2.000	72.0	8.20	86.40	
40	0.420	112.0	12.80	73.60	
100	0.149	169.0	19.20	54.40	
200	0.074	2.0	0.20	54.20	
< 200		476.0	54.20	100.0	0.00
Total		878.0	100.00		

Límite Líquido NTP 339.128

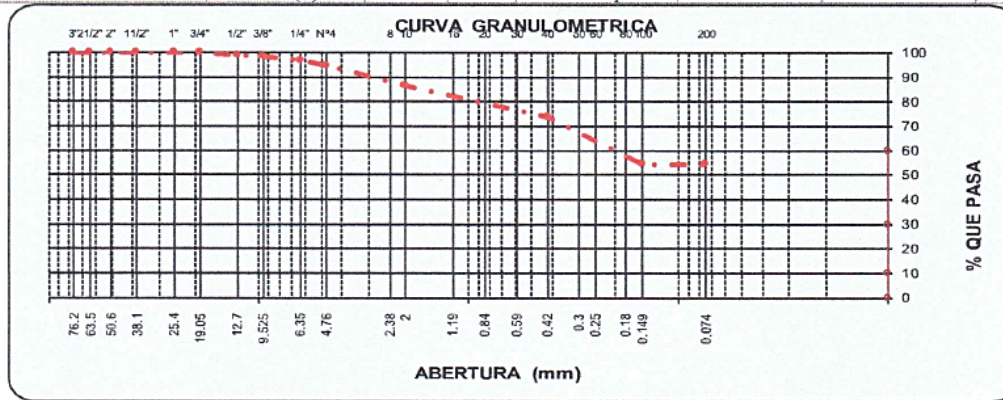
Ensayo	1	2	3	4
N° de Golpes	34	30	27	21
Recipiente N°	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	26.44	25.28	24.25	24.85
R + Suelo Seco	23.83	23.48	22.05	22.43
Peso Recip.	13.64	16.63	13.97	13.98
Peso Agua	2.61	1.80	2.20	2.42
Peso S. Seco	10.19	6.85	8.08	8.45
% de Humedad	25.61	26.28	27.23	28.64

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	a	b	c
R + Suelo Hum.	14.69	13.46	13.16
R + Suelo Seco	13.93	12.69	12.18
Peso Recip.	9.66	8.48	6.99
Peso Agua	0.76	0.77	0.98
Peso S. Seco	4.27	4.21	5.19
% de Humedad	17.80	18.29	18.88



Clasificación SUCS : **CL** L.L. : **27.29** Máx.Dens.Seca : **1.38**
Clasificación AASHTO: **A-4 (3)** I.P. : **8.96** Humedad Óptima: **8.30**



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Felimon Vilca Yuera INGENIERO CIVIL CIP. 170064 CIV. N° 0129796779



ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR MTC E 116

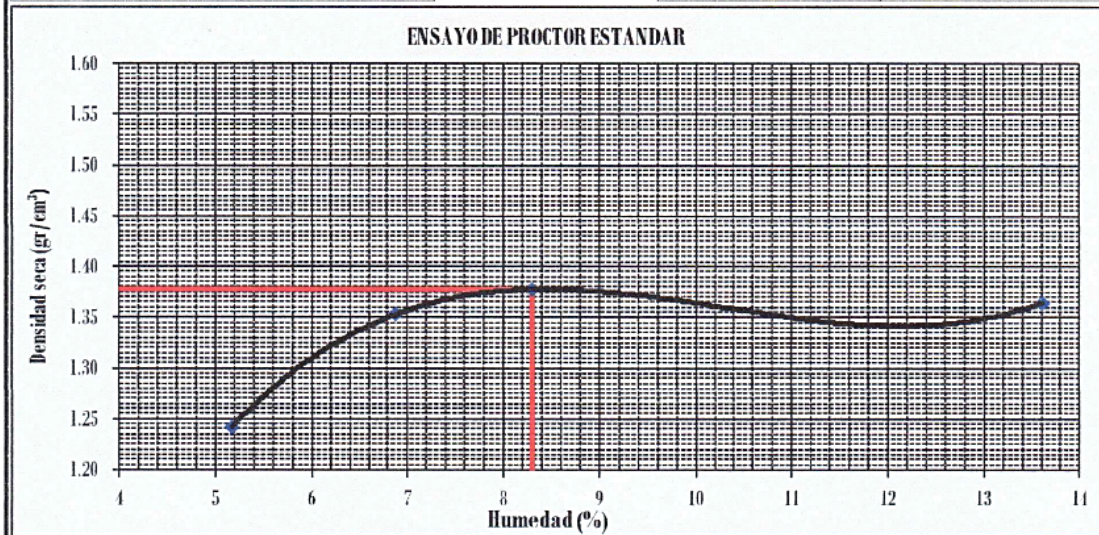
DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 02)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 25/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	3	3	3	3
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5421	5619	5684	5766
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	1854	2052	2117	2199
Volumen del molde (cm ³)	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.307	1.446	1.492	1.550

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.12	19.59	19.37	19.13	18.84	18.89	19.13	19.24
Tara + suelo húmedo (gr.)	113.08	123.53	115.38	122.75	121.52	102.35	145.84	119.60
Tara + suelo seco (gr.)	108.40	118.49	108.99	116.30	113.20	96.32	131.02	107.29
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	93.96	103.94	96.01	103.62	102.68	83.46	126.71	100.36
Peso del Suelo Seco (gr.)	89.28	98.90	89.62	97.17	94.36	77.43	111.89	88.05
Peso de agua (gr.)	4.68	5.04	6.39	6.45	8.32	6.03	14.82	12.31
Humedad (%)	5.24	5.10	7.13	6.64	8.82	7.79	13.25	13.98
Promedio	5.17		6.88		8.30		13.61	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.242		1.353		1.378		1.364	

Máx. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.38	Contenido Humedad Óptima (%)	8.30
--	------	------------------------------	------



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo/Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Víctor Quispe Chávez CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV N° 012979VCZR8



CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (CALICATA 03)

DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 03)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 03 (C-03) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 26/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

CALICATA C-3

COORDENADAS	ESTE	183885.51
	NORTE	8503654.47

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de muestra	1	2	3
Cápsula g	19.89	20.02	19.95
Cápsula + suelo húmedo g	113.2	120.43	115.82
Cápsula + suelo seco g	108.34	114.1	108.43
Contenido de humedad %	5.49	6.73	8.35
Promedio %	6.86		

RESUMEN DE RESULTADOS

Humedad Natural	Contenido de Humedad	6.86%
Límites de consistencia	Límite Líquido	28.03%
	Límite Plástico	19.10%
	Índice de Plasticidad	8.93%
Clasificación	SUCS	CL
	AASHTO	A-4 (3)
Parámetros Suelo	MDS	1.40 g/cm ³
	Humedad Óptima	6.98 %
CBR	Laboratorio	4.80%

TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRX



GRANULOMETRÍA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 03)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 03 (C-03) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 24/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

Granulometría (NTP 339,127)

Datos de ensayo

Peso Total : 878.0
Peso de muestra lavada: 336.8
Perdida por lavada: 541.2

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.0	100.00
2"	50.600	0.0	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.0	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.0	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.525	9.8	1.40	1.4	98.60
1/4"	6.350	11.3	1.60	3.0	97.00
N°4	4.760	6.9	1.00	4.0	96.00
10	2.000	43.7	6.20	10.2	89.80
40	0.420	78.4	11.10	21.3	78.70
100	0.149	120.4	17.10	38.4	61.60
200	0.074	66.3	9.40	47.8	52.20
< 200		367.4	52.20	100.0	0.00
Total		704.2	100.00		

Límite Líquido NTP 339.128

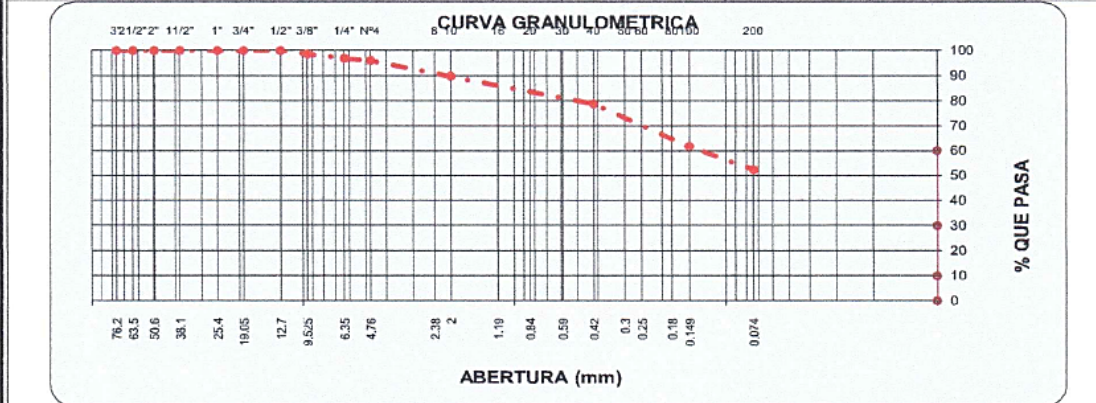
Ensayo	1	2	3	4
N° de Golpes	38	28	22	15
Recipiente N°	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	34.05	35.38	36.90	37.83
R + Suelo Seco	30.05	31.27	31.99	32.78
Peso Recip.	15.13	16.35	15.04	15.41
Peso Agua	4.00	4.11	4.91	5.05
Peso S. Seco	14.92	14.92	16.95	17.37
% de Humedad	26.81	27.55	28.97	29.07

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente N°	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.56	13.73	13.79
R + Suelo Seco	13.11	13.30	13.32
Peso Recip.	10.84	10.95	10.87
Peso Agua	0.45	0.43	0.47
Peso S. Seco	2.27	2.35	2.45
% de Humedad	19.82	18.30	19.18



Clasificación SUCS : **CL** L.L. : **28.03** Máx. Dens. Seca : **1.40**
Clasificación AASHTO : **A-4 (3)** I.P. : **8.93** Humedad Optima : **6.98**



<p>TECNICO DE LABORATORIO</p> <p>Nombre y firma</p> <p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.</p> <p>Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571</p>	<p>ESPECIALISTA</p> <p>Nombre y firma</p> <p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L.</p> <p>Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104</p>	<p>ESPECIALISTA</p> <p>Nombre y firma</p> <p>Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZR</p>
---	--	---



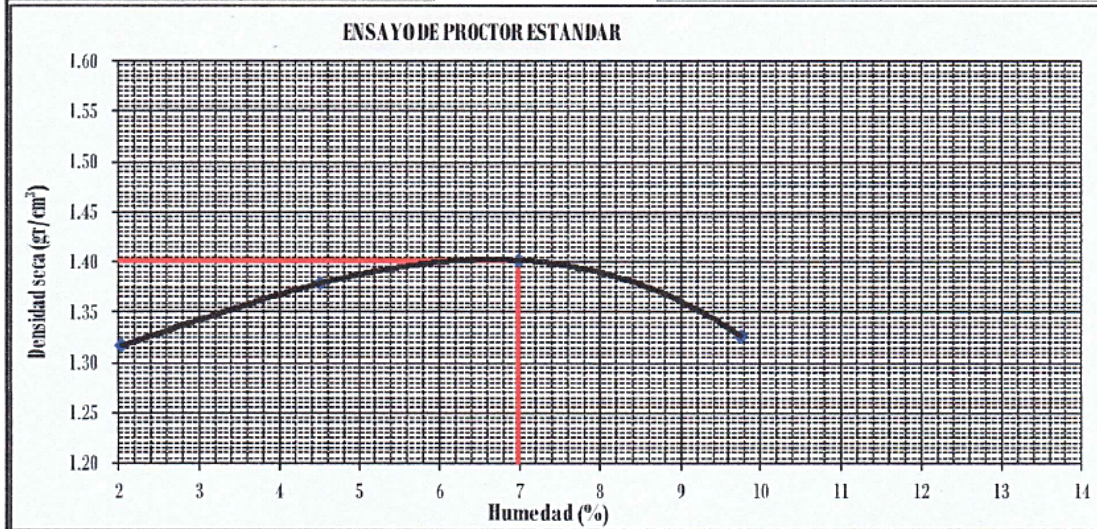
ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR MTC E 116

DATOS DE LA MUESTRA (CALICATA 03)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 03 (C-03) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 25/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra



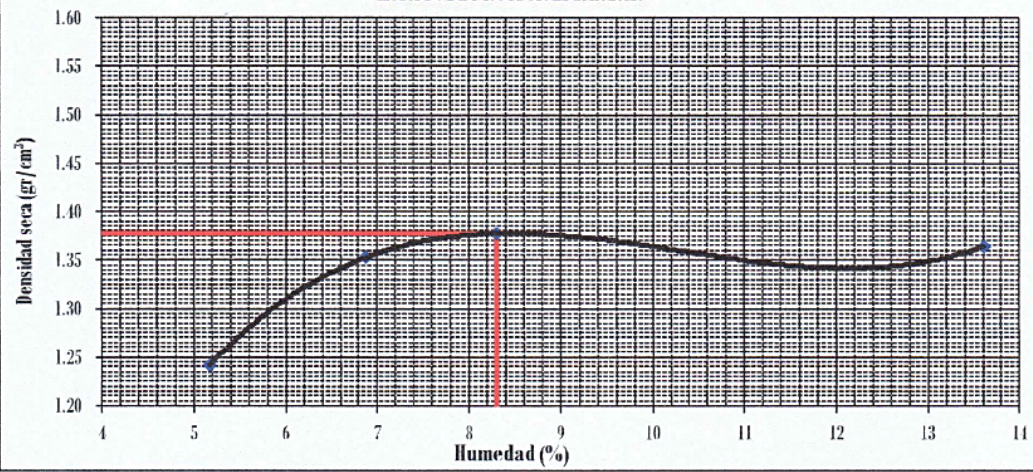


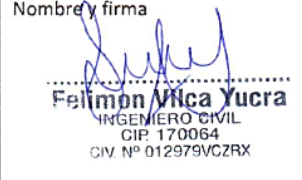
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	3	3	3	3
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5473	5611	5695	5633
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	1906	2044	2128	2066
Volumen del molde (cm ³)	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.343	1.441	1.500	1.456

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	18.98	20.94	19.95	20.93	19.90	20.19	20.99	19.73
Tara + suelo húmedo (gr.)	117.11	119.25	128.02	125.30	119.67	121.16	131.54	123.58
Tara + suelo seco (gr.)	115.09	117.37	123.43	120.74	112.98	114.75	121.75	114.32
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	98.13	98.31	108.07	104.37	99.77	100.97	110.55	103.85
Peso del Suelo Seco (gr.)	96.11	96.43	103.48	99.81	93.08	94.56	100.76	94.59
Peso de agua (gr.)	2.02	1.88	4.59	4.56	6.69	6.41	9.79	9.26
Humedad (%)	2.10	1.95	4.44	4.57	7.19	6.78	9.72	9.79
Promedio	2.03		4.50		6.98		9.75	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.317		1.378		1.402		1.327	
Máx. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.40				Contenido Humedad Optima (%)		6.98	



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Vilca Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979V02RX

Anexo 7. Certificados de laboratorio de los ensayos.

 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, MATERIALES Y PAVIMENTOS G&C E.I.R.L. ASESORAMIENTO TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA								
ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR MTC E 116								
DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 0%)								
PROYECTO	: APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021							
UBICACIÓN	: A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO							
MUESTRA	: CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m	INFORME N° : LAB-ENE-2022						
MATERIAL	: ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)	FECHA : 31/01/2022						
SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	REALIZADO POR : BACH. C.Q.CH.						
TESISTA	: BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ	REVISADO POR : Ing. Felimon Vilca Yucra						
Prueba N°	1	2	3	4				
Número de capas	3	3	3	3				
Número de golpes	25	25	25	25				
Peso suelo + molde (gr.)	5421	5619	5684	5766				
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567				
Peso suelo compactado (gr.)	1854	2052	2117	2199				
Volúmen del molde (cm ³)	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9				
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.307	1.446	1.492	1.550				
Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.12	19.59	19.37	19.13	18.84	18.89	19.13	19.24
Tara + suelo húmedo (gr.)	113.08	123.53	115.38	122.75	121.52	102.35	145.84	119.60
Tara + suelo seco (gr.)	108.40	118.49	108.99	116.30	113.20	96.32	131.02	107.29
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	93.96	103.94	96.01	103.62	102.68	83.46	126.71	100.36
Peso del Suelo Seco (gr.)	89.28	98.90	89.62	97.17	94.36	77.43	111.89	88.05
Peso de agua (gr.)	4.68	5.04	6.39	6.45	8.32	6.03	14.82	12.31
Humedad (%)	5.24	5.10	7.13	6.64	8.82	7.79	13.25	13.98
Promedio	5.17		6.88		8.30		13.61	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.242		1.353		1.378		1.364	
Máx. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.38				Contenido Humedad Óptima (%)		8.30	
ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR								
								
TECNICO DE LABORATORIO			ESPECIALISTA			ESPECIALISTA		
Nombre y firma			Nombre y firma			Nombre y firma		
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C EIRL Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571			 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104			 Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRX		



ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 0%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 05/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESTISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.38	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:
Humedad Optima	8.30%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO: A-4 (3)
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : CL

DATOS DEL MOLDE (cm.)

	1	2	3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.90	12.90	12.90
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2356.2	2356.2	2356.2

DATOS DE COMPACTACION

	MOLDE N° 20 56 GOLPES	MOLDE N° 21 25 GOLPES	MOLDE N° 22 12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7,833	7,722	7,612
Peso del Molde (gr)	4,120	4,162	4,172
Peso de la Muestra Compacta (gr)	3,713	3,560	3,440
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.58	1.51	1.46
Densidad Seca (gr/cm3)	1.46	1.40	1.35

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

	14	25	43	31	19	17
Peso del Tarro (gr)	13.65	14.22	14.07	13.95	14.03	13.92
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	79.67	79.30	90.16	86.75	91.10	99.15
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	74.44	74.95	84.35	81.27	85.07	92.82
Peso del Agua (gr)	5.23	4.35	5.81	5.48	6.03	6.33
Peso del Suelo Seco (gr)	60.79	60.73	70.28	67.32	71.04	78.90
Contenido de Humedad	8.60%	7.16%	8.27%	8.14%	8.49%	8.02%
Contenido de Humedad Promedio	7.88%		8.20%		8.26%	

DATOS DE ABSORCION

	1	2	3
Peso M + M C. despues de Inmersión (gr)	8,254	8,388	8,453
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7,833	7,722	7,612
Porcentaje de Absorción	11.34%	18.71%	24.45%

ENSAYO DE EXPANSION

CTE. DIAL EXPANSION 0.001			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
17/01/2022	12.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
18/01/2022	12.00	24 horas	27	0.027	0.53%	43	0.043	0.85%	48	0.048	0.95%
19/01/2022	12.00	48 horas	35	0.035	0.69%	43	0.043	0.85%	52	0.052	1.02%
20/01/2022	12.00	72 horas	35	0.035	0.69%	46	0.046	0.91%	52	0.052	1.02%
21/01/2022	12.00	96 horas	35	0.035	0.69%	46	0.046	0.91%	52	0.052	1.02%

ENSAYO DE PENETRACION

CTE. ANILLO = 9.8423 * DIAL + 3.1048			1			2			3				
AREA PISTON	3.0	Pulg. Cuadradas	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES				
			TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga
			(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	Dial	Lb	PSI	Dial	Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	6	0.025	6	62	21	3	33	11	2	23	8
1.0 min	1.27	0.050	13	0.050	13	131	44	5	52	17	4	42	14
1.5 min	1.91	0.075	18	0.075	18	180	60	8	82	27	6	62	21
2.0 min	2.54	0.100	22	0.100	22	220	73	10	102	34	8	82	27
4.0 min	5.08	0.200	44	0.200	44	436	145	20	200	67	16	161	54
6.0 min	7.62	0.300	66	0.300	66	653	218	30	298	99	24	239	80
8.0 min	10.16	0.400	88	0.400	88	869	290	40	397	132	32	318	106
10.0 min	12.70	0.500	110	0.500	110	1086	362	50	495	165	40	397	132

TECNICO DE LABORATORIO

Nombre y firma

Ing. Alfredo Gaspar Apaza
 CIP 128571

ESPECIALISTA

Nombre y firma

Ing. Juan Victor Casa Apaza
 CIP 104104

ESPECIALISTA

Nombre y firma

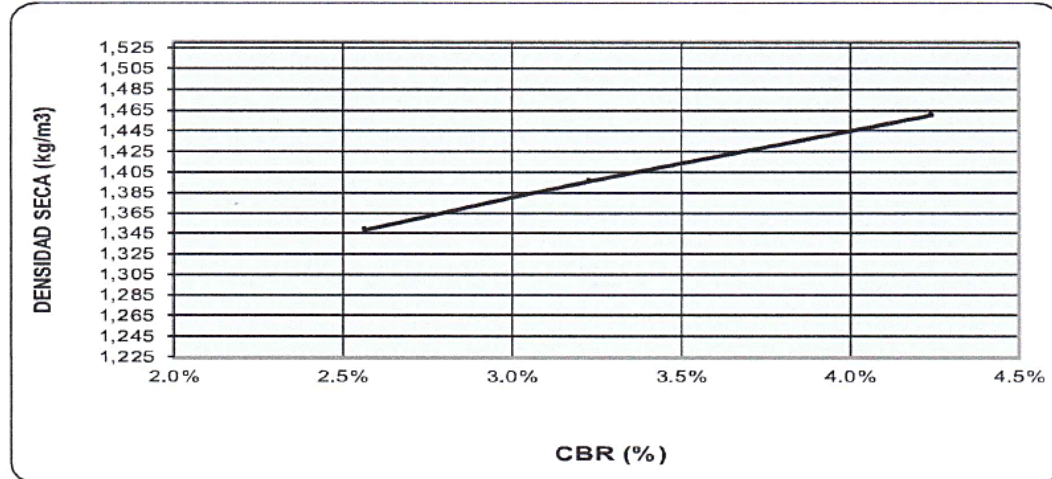
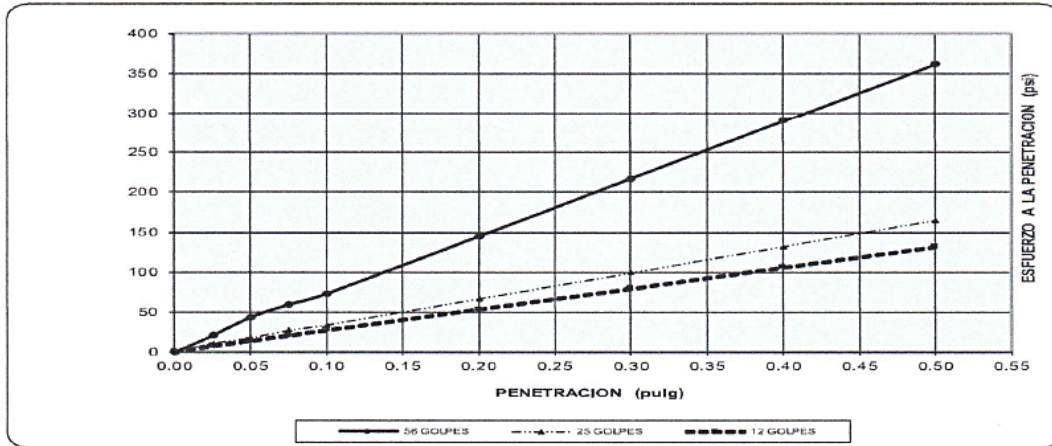
Felimon Vilca Yucra
 INGENIERO CIVIL
 CIP 170064
 CIV. N° 012979VCZRX



GRAFICO DEL CBR

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 0%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 05/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(gr/cm3)	1.38	CBR AL 95% DE MDS =	3.87%
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.30	CBR AL 100% DE MDS =	4.24%
	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLFES	0.69%	11.34%	CBR (0.1") / CBR (0.2") =
25 GOLFES	0.91%	18.71%	0.75
12 GOLFES	1.02%	24.45%	OBSERVACION: NINGUNA

TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VGCZRK



ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR MTC E 116

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 3%)

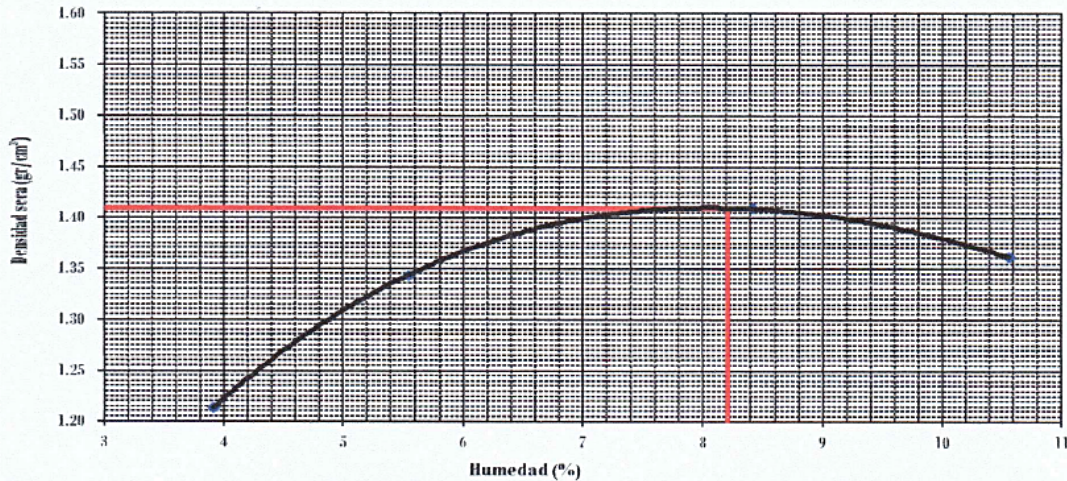
PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 31/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	3	3	3	3
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5356	5579	5734	5702
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	1789	2012	2167	2135
Volumen del molde (cm ³)	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.261	1.418	1.527	1.505

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	3	3	3	3
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5356	5579	5734	5702
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	1789	2012	2167	2135
Volumen del molde (cm ³)	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.261	1.418	1.527	1.505

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	13.97	13.98	14.03	14.03	14.03	14.03	13.92	14.05
Tara + suelo húmedo (gr.)	89.13	89.88	98.20	81.01	87.85	79.61	84.02	87.81
Tara + suelo seco (gr.)	85.71	86.63	94.12	77.22	82.10	71.54	77.12	80.98
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	75.16	74.90	84.17	66.98	73.82	65.58	70.10	73.76
Peso del Suelo Seco (gr.)	71.77	72.65	80.09	63.19	68.07	60.51	63.20	66.93
Peso de agua (gr.)	3.39	2.25	4.08	3.79	5.75	5.07	6.90	6.83
Humedad (%)	4.72	3.10	5.09	6.00	8.45	8.38	10.92	10.20
Promedio	3.91		5.55		8.41		10.56	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.213		1.343		1.109		1.361	
Máx. Densidad Seca (gr/cm ³) :	1.41				Contenido Humedad Óptima (%)		8.21	

ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma Ing. Alfredo Cesar Apaza CIP 126571	Nombre y firma Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRX



ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 3%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 05/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

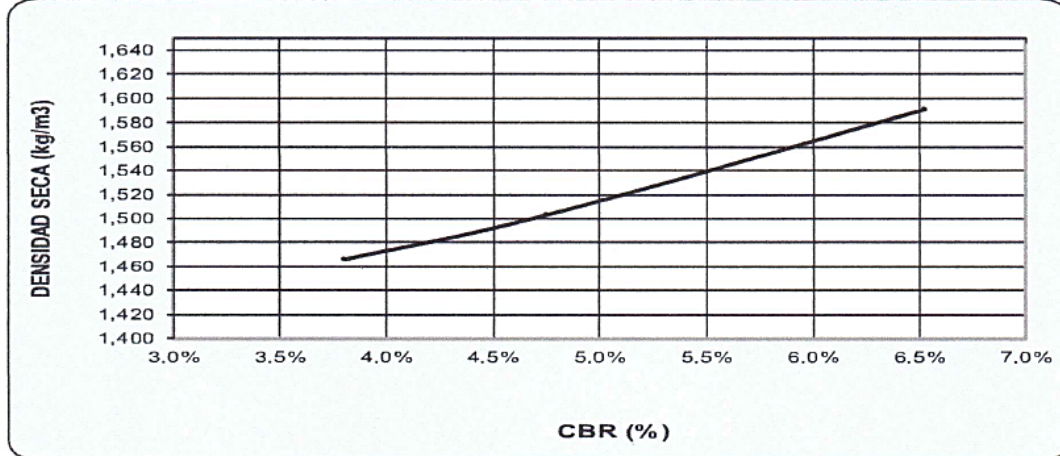
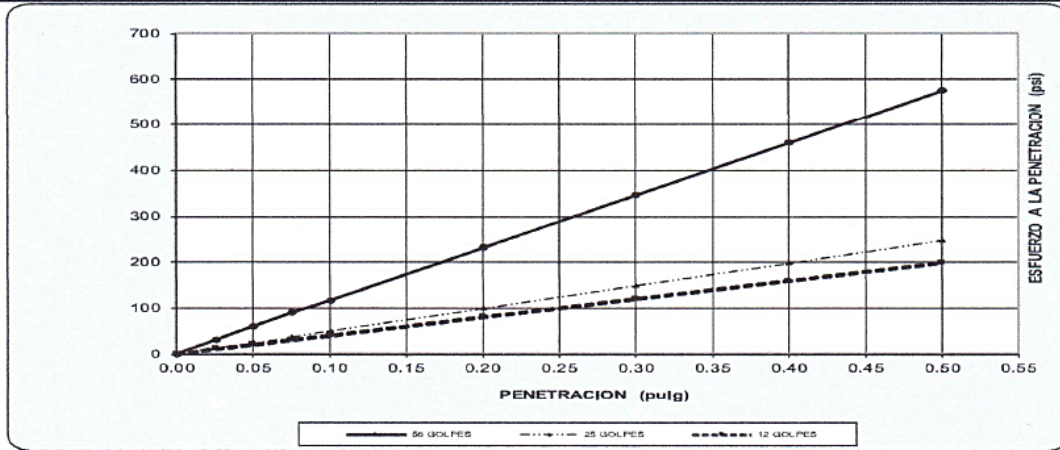
DATOS GENERALES												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.41		Peso del martillo	10 lbs		Clas. Suelos:						
Humedad Optima	8.21%		Altura del martillo	18 pulg		AASHTO: A-4(3)						
Humedad Natural			Número de Capas	5 capas		SUCS : CL						
DATOS DEL MOLDE (cm.)												
Nro. De Golpes	1			2			3					
Altura	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Diámetro	12.90			12.90			12.90					
Volumen	15.25			15.25			15.25					
	2356.2			2356.2			2356.2					
DATOS DE COMPACTACION												
	MOLDE N° 20			MOLDE N° 21			MOLDE N° 22					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
Peso del Molde (gr)	8,170			8,034			7,923					
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,138			4,212			4,221					
Densidad Humeda (gr/cm3)	4,032			3,822			3,702					
Densidad Seca (gr/cm3)	1.71			1.62			1.57					
	1.59			1.50			1.47					
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD												
	1		2		3		4		5		6	
Peso del Tarro (gr)	20.70		20.15		20.89		20.57		20.46		20.22	
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	146.31		140.35		140.71		144.86		134.01		145.89	
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	137.30		132.16		132.39		135.29		126.29		137.65	
Peso del Agua (gr)	9.01		8.19		8.32		9.57		7.72		8.24	
Peso del Suelo Seco (gr)	116.60		112.01		111.50		114.72		105.83		117.43	
Contenido de Humedad	7.73%		7.31%		7.46%		8.34%		7.29%		7.02%	
Contenido de Humedad Promedio	7.52%		7.90%		7.90%		7.16%		7.16%		7.16%	
DATOS DE ABSORCION												
	1			2			3					
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8,466			8,589			8,638					
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,170			8,034			7,923					
Porcentaje de Absorción	7.34%			14.52%			19.31%					
ENSAYO DE EXPANSION												
CTE. DIAL EXPANSION			0.001									
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	
21/01/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	
22/01/2022	13.00	24 horas	15	0.015	0.30%	18	0.018	0.35%	21	0.021	0.41%	
23/01/2022	13.00	48 horas	15	0.015	0.30%	23	0.023	0.45%	25	0.025	0.49%	
24/01/2022	13.00	72 horas	15	0.015	0.30%	26	0.026	0.51%	33	0.033	0.65%	
25/01/2022	13.00	96 horas	15	0.015	0.30%	26	0.026	0.51%	33	0.033	0.65%	
ENSAYO DE PENETRACION												
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048			1			2			3			
AREA PISTON	3.0 Pulg. Cuadradas		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES			
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	mm	Lb	PSI	mm	Lb	PSI	
0.5 min	0.64	0.025	9	92	31	4	42	14	3	33	11	
1.0 min	1.27	0.050	18	180	60	7	72	24	6	62	21	
1.5 min	1.91	0.075	27	269	90	11	111	37	9	92	31	
2.0 min	2.54	0.100	35	348	116	15	151	50	12	121	40	
4.0 min	5.08	0.200	70	692	231	30	298	99	24	239	80	
6.0 min	7.62	0.300	105	1037	346	45	446	149	36	357	119	
8.0 min	10.16	0.400	140	1381	460	60	594	198	48	476	159	
10.0 min	12.70	0.500	175	1726	575	75	741	247	60	594	198	
TECNICO DE LABORATORIO			ESPECIALISTA				ESPECIALISTA					
Nombre y firma			Nombre y firma				Nombre y firma					
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Ali Apaza CIP 104104			 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Vilca Casa Apaza CIP 104104				 Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VC2RXX					



GRAFICO DEL CBR

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 3%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 05/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.41	CBR AL 95% DE MDS =	6.34%
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.21	CBR AL 100% DE MDS =	6.52%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLFES	0.30%	7.34%	CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
25 GOLFES	0.51%	14.52%	
12 GOLFES	0.65%	19.31%	OBSERVACION: NINGUNA

TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRX



ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR MTC E 116

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 6%)

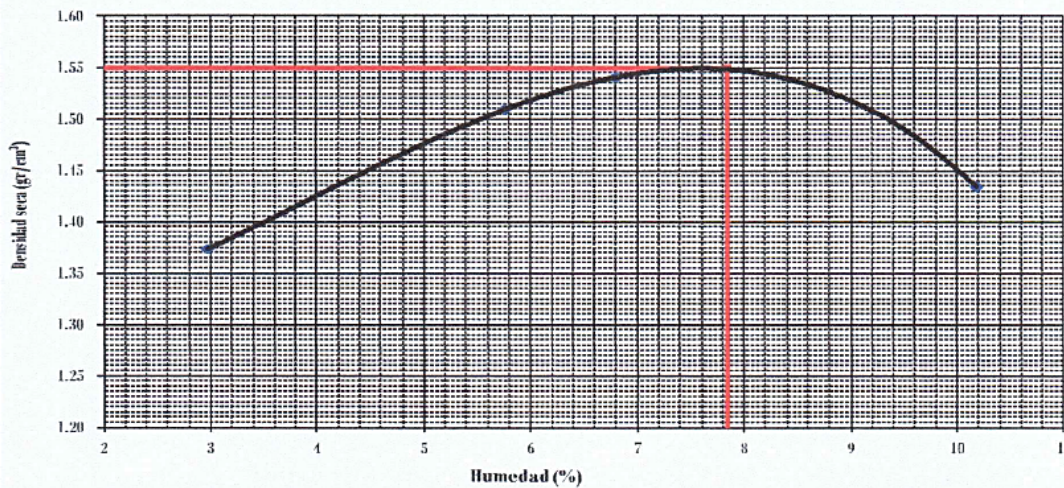
PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 31/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	3	3	3	3
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5573	5831	5901	5809
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	2006	2264	2334	2242
Volumen del molde (cm ³)	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.414	1.596	1.645	1.580

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.43	20.50	20.41	20.35	20.35	20.56	20.35	20.68
Tara + suelo húmedo (gr.)	168.00	153.50	173.00	165.40	127.60	162.06	124.19	144.09
Tara + suelo seco (gr.)	164.87	148.67	165.34	156.90	121.70	151.87	111.87	132.37
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	147.57	133.00	152.59	145.05	107.25	141.50	103.84	123.41
Peso del Suelo Seco (gr.)	144.44	128.17	144.93	136.55	101.35	131.31	94.52	111.69
Peso de agua (gr.)	3.13	4.83	7.66	8.50	5.90	10.19	9.32	11.72
Humedad (%)	2.17	3.77	5.29	6.22	5.82	7.76	9.86	10.49
Humedad (%) - Promedio	2.97		5.76		6.79		10.18	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.373		1.509		1.540		1.434	

Máx. Densidad Seca (gr/cm³) : **1.55** Contenido Humedad Óptima (%) : **7.85**

ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VC7RY



ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 6%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 05/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

DATOS GENERALES			
Maxima Densidad Seca (gr/cm3)	1.55	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	7.85%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas
			Clas. Suelos: AASHTO: A-4(3) SUCS : CL

DATOS DEL MOLDE (cm.)			
	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.80	12.80	12.92
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2338.0	2338.0	2359.9

DATOS DE COMPACTACION			
	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7,926	7,821	7,798
Peso del Molde (gr)	4,130	4,200	4,229
Peso de la Muestra Compacta (gr)	3,796	3,621	3,569
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.62	1.55	1.51
Densidad Seca (gr/cm3)	1.51	1.44	1.41

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	14.23	14.31	14.01	13.92	13.83	14.02
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	66.78	68.69	71.35	75.75	67.68	73.58
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	63.33	64.94	67.76	71.15	64.06	69.35
Peso del Agua (gr)	3.45	3.75	3.59	4.60	3.62	4.23
Peso del Suelo Seco (gr)	49.10	50.63	53.75	57.23	50.23	55.33
Contenido de Humedad	7.03%	7.41%	6.68%	8.04%	7.21%	7.65%
Contenido de Humedad Promedio	7.22%		7.36%		7.43%	

DATOS DE ABSORCION			
	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8,245	8,278	8,325
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7,926	7,821	7,798
Porcentaje de Absorción	8.40%	12.62%	14.77%

ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANS.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
21/01/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
22/01/2022	13.00	24 horas	11	0.011	0.22%	17	0.017	0.34%	20	0.020	0.40%
23/01/2022	13.00	48 horas	12	0.012	0.24%	21	0.021	0.42%	24	0.024	0.48%
24/01/2022	13.00	72 horas	12	0.012	0.24%	21	0.021	0.42%	24	0.024	0.48%
25/01/2022	13.00	96 horas	12	0.012	0.24%	22	0.022	0.44%	24	0.024	0.48%

ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048			1			2			3		
AREA PISTON	TIEMPO	PENETRACION	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
3.0 Pulg. Cuadradas	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI	Lb	PSI	PSI	Lb	PSI	PSI
	0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	5	52	17	4	42
	1.0 min	1.27	0.050	20	200	67	9	92	31	8	82
	1.5 min	1.91	0.075	28	279	93	13	131	44	13	131
	2.0 min	2.54	0.100	38	377	126	19	190	63	16	161
	4.0 min	5.08	0.200	76	751	250	38	377	126	32	318
	6.0 min	7.62	0.300	114	1125	375	57	564	188	48	476
	8.0 min	10.16	0.400	152	1499	500	76	751	250	64	633
	10.0 min	12.70	0.500	190	1873	624	95	938	313	80	790

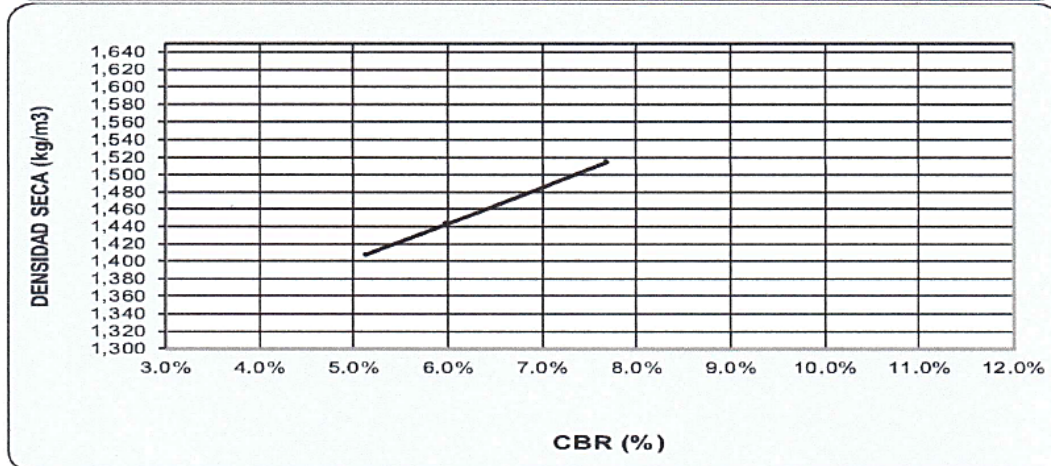
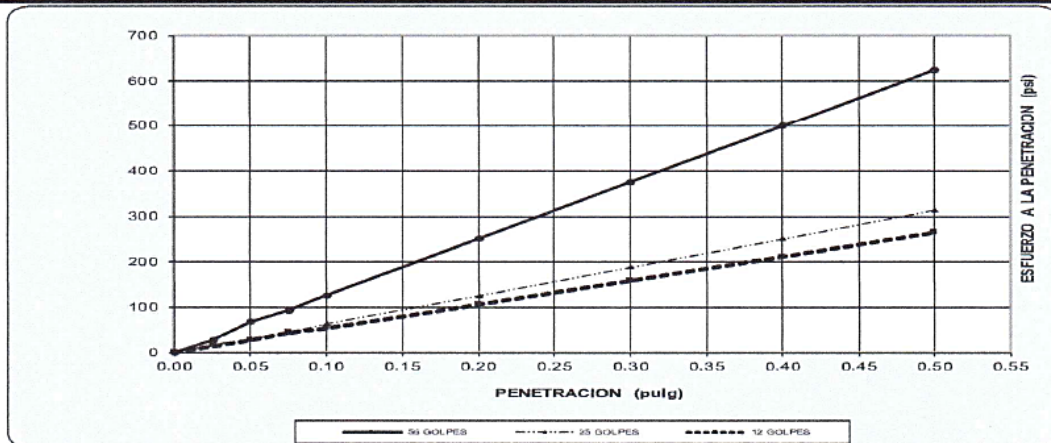
TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRY



GRAFICO DEL CBR

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 6%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 05/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.55	CBR AL 95% DE MDS =	6.95%
HUMEDAD OPTIMA (%)	7.85	CBR AL 100% DE MDS =	7.70%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
56 GOLPES	0.24%	8.40%	
25 GOLPES	0.44%	12.62%	
12 GOLPES	0.48%	14.77%	OBSERVACION: NINGUNA

TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZR



ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR MTC E 116

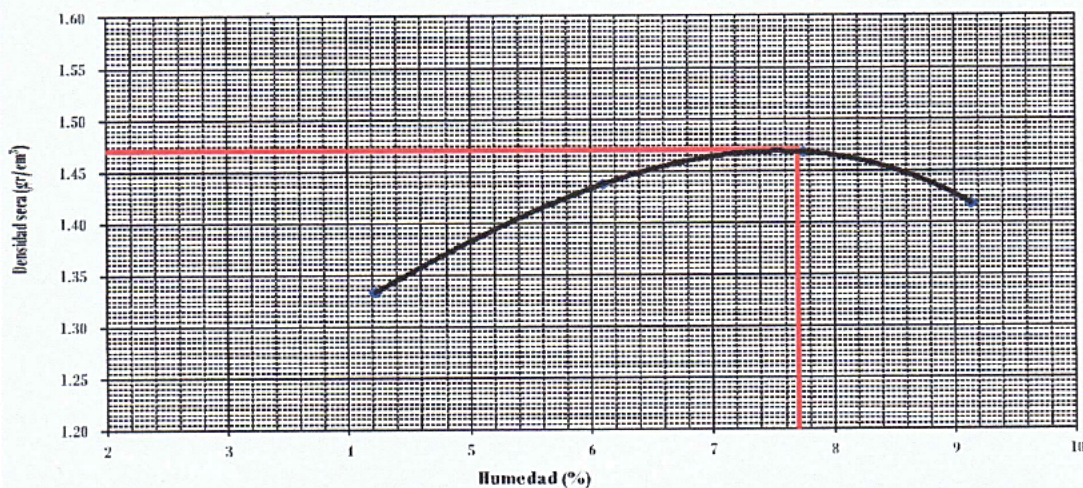
DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 9%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 31/01/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	3	3	3	3
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5538	5731	5811	5763
Peso molde (gr.)	3567	3567	3567	3567
Peso suelo compactado (gr.)	1971	2164	2244	2196
Volumen del molde (cm ³)	1418.9	1418.9	1418.9	1418.9
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.389	1.525	1.582	1.548

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	11.29	11.14	11.00	11.01	11.02	11.00	11.00	11.11
Tara + suelo húmedo (gr.)	82.00	78.40	79.20	81.70	79.50	78.60	79.50	74.00
Tara + suelo seco (gr.)	79.95	75.16	75.17	78.10	74.55	74.19	74.65	68.42
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	67.71	64.26	65.20	67.69	65.48	61.60	65.50	59.86
Peso del Suelo Seco (gr.)	65.66	61.02	61.17	64.09	60.53	60.19	60.65	54.28
Peso de agua (gr.)	2.05	3.24	4.03	3.60	4.95	4.41	4.85	5.58
Humedad (%)	3.12	5.31	6.59	5.62	8.18	7.33	8.00	10.28
Promedio	4.22		6.10		7.75		9.14	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.333		1.437		1.468		1.418	
Máx. Densidad Seca (gr/cm ³) :	1.47				Contenido Humedad Optima (%)		7.70	

ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Apaza CIP 126571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VC2RX



ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 9%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 05/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

DATOS GENERALES				
Maxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.470	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:
Humedad Optima	7.7%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO: A-4(3)
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : CL

DATOS DEL MOLDE (cm.)			
	1	2	3
Nro. De Golpes	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	12.80	12.80	12.92
Diámetro	15.25	15.25	15.25
Volumen	2338.0	2338.0	2359.9

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,122	8,087	8,099
Peso del Molde (gr)	4,100	4,200	4,288
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4,022	3,887	3,811
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.72	1.66	1.61
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.60	1.55	1.50

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	20.68	20.37	20.34	20.38	20.43	20.48
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	136.72	117.71	127.59	140.65	139.74	138.00
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	128.74	110.55	120.28	131.97	131.37	129.43
Peso del Agua (gr)	7.98	7.16	7.31	8.68	8.37	8.57
Peso del Suelo Seco (gr)	108.06	90.18	99.94	111.59	110.94	108.95
Contenido de Humedad	7.38%	7.94%	7.31%	7.78%	7.54%	7.87%
Contenido de Humedad Promedio	7.66%		7.55%		7.71%	

DATOS DE ABSORCIÓN			
	1	2	3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8,345	8,477	8,521
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8,122	8,087	8,099
Porcentaje de Absorción	5.54%	10.03%	11.07%

ENSAYO DE EXPANSION											
CTE. DIAL EXPANSION			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
21/01/2022	13.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
22/01/2022	13.00	24 horas	9	0.009	0.18%	14	0.014	0.28%	20	0.020	0.40%
23/01/2022	13.00	48 horas	9	0.009	0.18%	14	0.014	0.28%	20	0.020	0.40%
24/01/2022	13.00	72 horas	9	0.009	0.18%	14	0.014	0.28%	20	0.020	0.40%
25/01/2022	13.00	96 horas	11	0.011	0.22%	18	0.018	0.36%	21	0.021	0.42%

ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048											
AREA PISTON			1			2			3		
TIEMPO	PENETRACION		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
	(mm)	(pulg)	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.	Dial	Carga	Esfuer.
0.5 min	0.64	0.025	9	92	31	6	62	21	3	33	11
1.0 min	1.27	0.050	17	170	57	10	102	34	7	72	24
1.5 min	1.91	0.075	26	259	86	15	151	50	11	111	37
2.0 min	2.54	0.100	33	328	109	19	190	63	16	161	54
4.0 min	5.08	0.200	66	653	218	38	377	126	32	318	106
6.0 min	7.62	0.300	99	977	326	57	564	188	48	476	159
8.0 min	10.16	0.400	132	1302	434	76	751	250	64	633	211
10.0 min	12.70	0.500	165	1627	542	95	938	313	80	790	263

TÉCNICO DE LABORATORIO
Nombre y firma

Ing. Alfredo César Apaza
CIP 126571

ESPECIALISTA
Nombre y firma

Ing. Juan Vilca Casa Apaza
CIP 104104

ESPECIALISTA
Nombre y firma

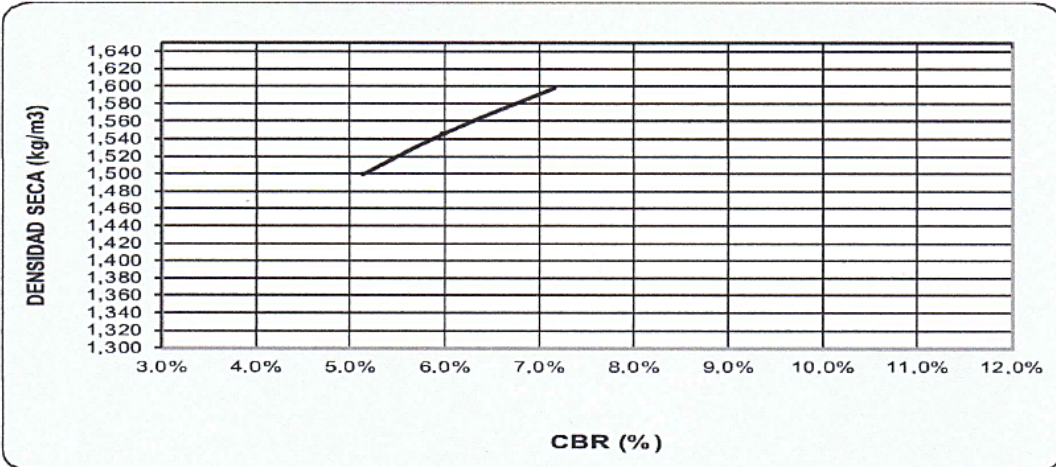
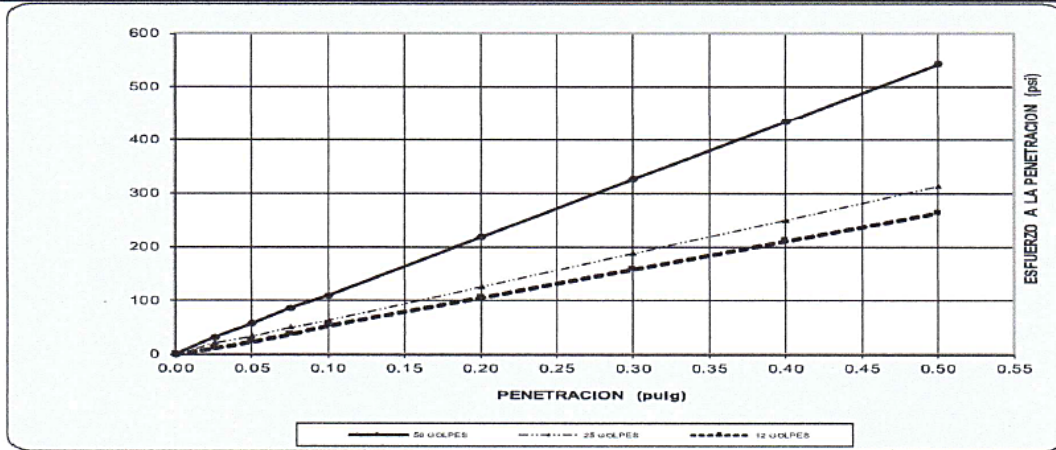
Felimon Vilca Yucra
INGENIERO CIVIL
CIP 170064
CIV. N° 012979VCZR



GRAFICO DEL CBR

DATOS DE LA MUESTRA (DOSIFICACION 9%)

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 05/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra



RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m ³)	1.47	CBR AL 95% DE MDS =	5.86%
HUMEDAD OPTIMA (%)	7.70	CBR AL 100% DE MDS =	7.16%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75 OBSERVACION: NINGUNA
56 GOLPES	0.22%	5.54%	
25 GOLPES	0.36%	10.03%	
12 GOLPES	0.42%	11.07%	

TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma Ing. Alfredo César Apaza <small>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.</small>	Nombre y firma Ing. Juan Carlos Casa Apaza <small>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L.</small> <small>CIP 170064</small> <small>CIV. N° 012979VCZR</small>	Nombre y firma Ing. Felimon Vilca Yucra <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>CIP 170064</small> <small>CIV. N° 012979VCZR</small>



ENSAYO DE ASCENSION CAPILAR

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 07/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yuca

CARACTERISTICAS DEL SUELO

Humedad natural: 8.47%
 Limite liquido: 27.29%
 Limite plastico : 18.32%
 Índice de plastic. : 8.96%
 Tipo de suelo: CL

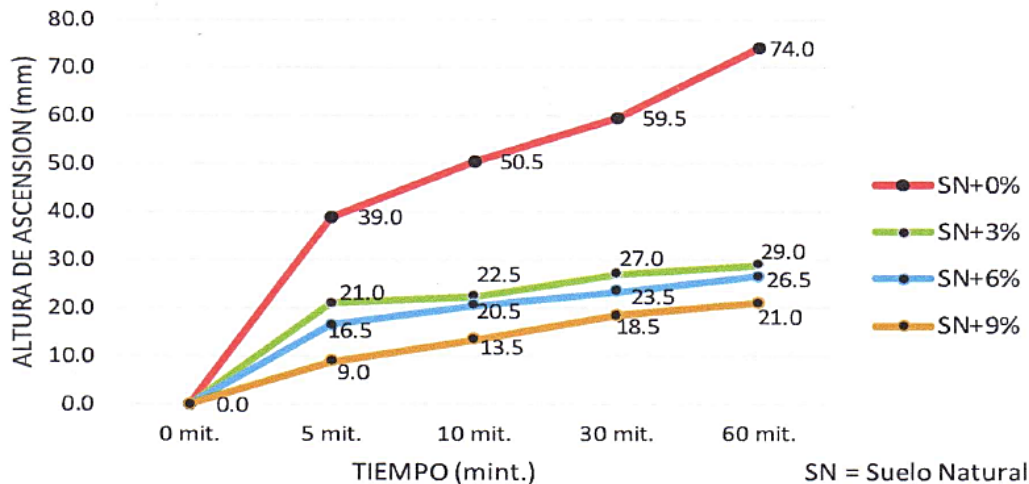
PARAMETROS DEL SUELO

Maxima densidad seca(MDS) : 1.38 gr/cm³
 Optimo contenido de humedad(OCH) : 8.30%
 CBR (%) : 4.20%
 % de grava: 5.40%
 % de arena: 40.40%
 % de finos: 54.20%

TIEMPO (mint.)	ALTURA DE ASCENSION CAPILAR EN SUELO DOSIFICADO CON GRASA ORGANICA							
	SN+0%		SN+3%		SN+6%		SN+9%	
	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)	AC-1 (mm)	AC-2 (mm)
0 mit.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 mit.	40.0	38.0	20.0	22.0	15.0	18.0	10.0	8.0
10 mit.	50.0	51.0	22.0	23.0	20.0	21.0	15.0	12.0
30 mit.	60.0	59.0	26.0	28.0	24.0	23.0	20.0	17.0
60 mit.	75.0	73.0	28.0	30.0	26.0	27.0	22.0	20.0

TIEMPO (mint.)	ALTURA PROMEDIO DE LA ASCENSION CAPILAR DEL SUELO DOSIFICADO CON GRASA ORGANICA			
	SN+0%	SN+3%	SN+6%	SN+9%
	AC-PROM. (mm)	AC-PROM. (mm)	AC-PROM. (mm)	AC-PROM. (mm)
0 mit.	0.0	0.0	0.0	0.0
5 mit.	39.0	21.0	16.5	9.0
10 mit.	50.5	22.5	20.5	13.5
30 mit.	59.5	27.0	23.5	18.5
60 mit.	74.0	29.0	26.5	21.0

CONTROL DE ASCENSION CAPILAR (Lamina de agua 1cm)



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yuca INGENIERO CIVIL CIP. 170064 CIV. N° 012579607PY



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE MTC E121

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 07/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DOSIFICADOS Y CON CICLOS DE CONGELAMIENTO

N°	Identificación de muestras	Fecha de obtencion	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga (Kg)	Relacion Alt./Diám.	Resistencia a la compresion (Kg/cm ²)
1	Probeta (M-1), 0% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.4	20.00	85.11	622.0	1.92	7.31
2	Probeta (M-2), 0% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.4	20.00	84.95	648.0	1.92	7.63
3	Probeta (M-4), 3% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.71	860.7	1.96	10.53
4	Probeta (M-5), 3% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.55	929.2	1.96	11.39
5	Probeta (M-7), 6% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.39	1210.0	1.96	14.87
6	Probeta (M-8), 6% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.71	1212.8	1.96	14.84
7	Probeta (M-10), 9% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.71	785.9	1.96	9.62
8	Probeta (M-11), 9% de grasa y ciclos de cong./descong.	31/01/2022	10.2	20.00	81.71	707.2	1.96	8.65

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DOSIFICADOS SIN CICLOS DE CONGELAMIENTO

N°	Identificación de muestras	Fecha de obtencion	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm ²)	Carga (Kg)	Relacion Alt./Diám.	Resistencia a la compresion (Kg/cm ²)
1	Probeta (M-1) 0% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	632.0	2.00	8.05
2	Probeta (M-2) 0% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	647.0	2.00	8.24
3	Probeta (M-4) 3% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	855.6	2.00	10.89
4	Probeta (M-5) 3% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	918.0	2.00	11.69
5	Probeta (M-7) 6% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	1180.0	2.00	15.02
6	Probeta (M-8) 6% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	1177.0	2.00	14.99
7	Probeta (M-10) 9% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	775.5	2.00	9.87
8	Probeta (M-11) 9% de grasa organica	31/01/2022	10.0	20.00	78.54	698.7	2.00	8.90

TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L Ing. Alfredo Caspar Apaza CIP 128571	Nombre y firma LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104	Nombre y firma Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRX

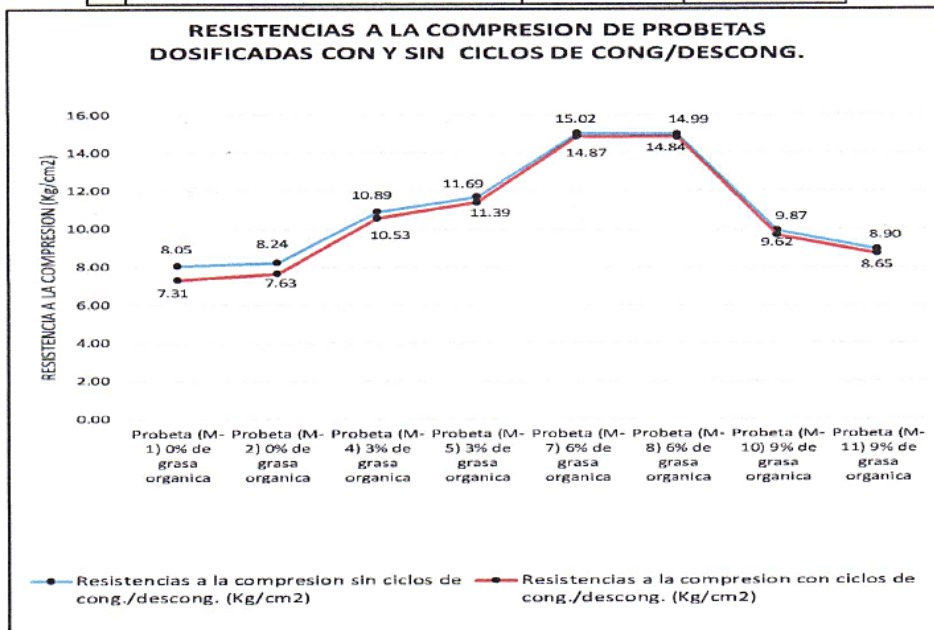


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE MTC E121

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : APLICACIÓN DE GRASA ORGÁNICA RESIDUAL ANTE CICLOS DE CONGELAMIENTO/DESCONGELAMIENTO EN SUELO DE SUBRASANTE DE LA CALLE MUÑA, ALTOQOSQO-CUSCO, 2021
UBICACIÓN : A.P.V. FLORESTA DEL INCA-ALTOQOSQO-SANSEBASTIAN/PROV. CUSCO/DEP. CUSCO
MUESTRA : CALICATA N° 02 (C-02) PROF. : 1.50m **INFORME N°** : LAB-ENE-2022
MATERIAL : ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL) **FECHA** : 07/02/2022
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO **REALIZADO POR** : BACH. C.Q.CH.
TESISTA : BACH. CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ **REVISADO POR** : Ing. Felimon Vilca Yucra

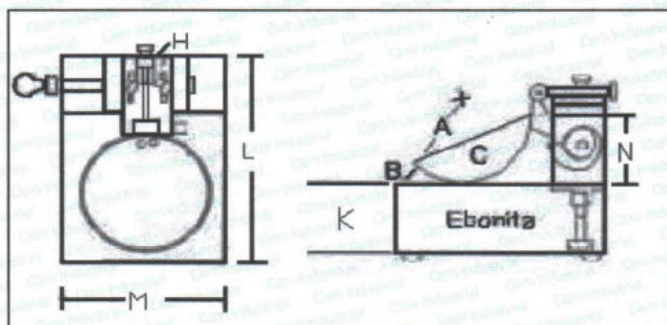
N°	Identificación de muestras	Resistencias a la compresion sin ciclos de cong./descong. (Kg/cm2)	Resistencias a la compresion con ciclos de cong./descong. (Kg/cm2)
1	Probeta (M-1) 0% de grasa organica	8.05	7.31
2	Probeta (M-2) 0% de grasa organica	8.24	7.63
3	Probeta (M-4) 3% de grasa organica	10.89	10.53
4	Probeta (M-5) 3% de grasa organica	11.69	11.39
5	Probeta (M-7) 6% de grasa organica	15.02	14.87
6	Probeta (M-8) 6% de grasa organica	14.99	14.84
7	Probeta (M-10) 9% de grasa organica	9.87	9.62
8	Probeta (M-11) 9% de grasa organica	8.90	8.65



TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
<p>Nombre y firma</p> <p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.</p> <p>Ing. Alvaro Apaza</p>	<p>Nombre y firma</p> <p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS G&C E.I.R.L.</p> <p>Ing. Juan Vilca Casa Apaza CIP 184104</p>	<p>Nombre y firma</p> <p>Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP. 170064 CIV. N° 012979VCZR</p>

Anexo 8. Certificados de calibración del equipo.

		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	LL-197-2021
Laboratorio de Longitud		Pág. 1 de 2	
Expediente	20125		
Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L		
Dirección	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).	
Instrumento de medición	CAZUELA CASAGRANDE		
Marca (o Fabricante)	PINZUAR LTDA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.	
Modelo	PS - 11		
Número de Serie	1297		
Procedencia	COLOMBIA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.	
Código	NO INDICA		
Ubicación del Equipo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.	
Lugar de Calibración	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN		
Fecha de Calibración	2021-10-29		
Método de Calibración			
La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la norma ASTM D4318, MTC E-110.			
Trazabilidad			
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).			
Patrones utilizados:	L-0891-2021; T-0292-2021.		
Condiciones Ambientales			
Temperatura promedio:	19.2 °C ;	Humedad relativa prom.	25.0 HR%
Observaciones			
<ul style="list-style-type: none">· Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"· La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.· Las dimensiones del aparato de límite líquido son las especificadas en la MTCE-110.			
Sello	Fecha de emisión	Jefe del laboratorio de calibración	
	2021-10-31	 JESUS QUINTO C. JEFE DE LABORATORIO	
Centro Especializado en Metrología Industrial Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima • Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777 • ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com			



Dimensiones MTC E-110 Aparato de Límite Líquido

Descripción	Conjunto de la cazuela			Base			
	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho
Dimensiones (mm)	54	2.0	27	47	50	150	125
Tolerancia (mm)	2	0.1	1	1.5	5	5	5

Resultado de Medición

Dimensiones medidas en el Aparato de Límite Líquido.

Descripción	Conjunto de la cazuela			Base			
	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho
Dimensiones (mm)	55.8	1.98	27.58	50.14	50.02	150.2	125.08
Incertidumbre (mm)	0.5	0.05	0.5	0.8	0.6	0.6	0.6



Fin de documento.

Expediente 20125

Solicitante LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L

Dirección APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

Instrumento de Medición **BALANZA NO AUTOMÁTICA**

Marca (o Fabricante) HENKEL

Modelo ELECTRONIC SCALE

Número de Serie KG028582

Procedencia CHINA

Tipo ELECTRÓNICO

Identificación NO INDICA

Alcance de Indicación 0 g a 2000 g

División de escala (d) o resolución 0,01 g

Div. verifc. de escala (e) 0,2 g

Capacidad Mínima 0,1 g

Clase de exactitud III

Ubic. Del Instrumento LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Lugar de Calibración APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

Fecha de Calibración 2021-10-29

Método de Calibración

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Edición cuarta.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados:

LM-C-041-2021; LM-C-064-2021; LM-C-040-2021; T-0292-2021.

Sello



Fecha de emisión

2021-10-31

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	19,2 °C	Final	19,2 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Medición Nº	Carga L1 = 1000,0 g			Carga L2 = 2000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163
2	1000,02	0,005	0,115	2000,07	0,007	0,163
3	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,006	0,154
4	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
5	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163
6	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,006	0,154
7	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
8	1000,02	0,005	0,115	2000,06	0,007	0,153
9	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,006	0,164
10	1000,03	0,005	0,125	2000,07	0,007	0,163

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p (g)
1000	0,01	0,6
2000	0,01	0,6

2	5
1	
3	4

Posición
de las

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Cargas

Temperatura	Inicial	19,3 °C	Final	19,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				e.m.p ±g	
	Carga min. (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		E _c (g)
1	0,10	0,10	0,003	0,097	600	600,07	0,004	0,166	0,069	0,6
2		0,10	0,003	0,097		600,03	0,005	0,125	0,028	0,6
3		0,10	0,003	0,097		600,02	0,004	0,116	0,019	0,6
4		0,10	0,003	0,097		600,05	0,005	0,145	0,048	0,6
5		0,10	0,003	0,097		600,03	0,004	0,126	0,029	0,6

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	19,3 °C	Final	19,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p	
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)		
Eo	0,1	0,10	0,003	0,097					± g	
	0,2	0,50	0,003	0,397	0,300	0,50	0,003	0,397	0,300	0,2
	1	1,00	0,003	0,097	0,000	1,00	0,003	0,097	0,000	0,2
	10	10,00	0,004	0,096	-0,001	9,99	0,004	0,086	-0,011	0,2
	50	50,02	0,004	0,116	0,019	49,97	0,004	0,066	-0,031	0,2
	100	100,03	0,004	0,126	0,029	99,98	0,005	0,075	-0,022	0,2
	500	500,08	0,005	0,175	0,078	500,06	0,004	0,156	0,059	0,6
	1000	1000,09	0,005	0,185	0,088	1000,08	0,004	0,176	0,079	0,6
	1500	1500,07	0,005	0,165	0,068	1500,06	0,004	0,156	0,059	0,6
	1800	1800,07	0,006	0,164	0,067	1800,07	0,004	0,166	0,069	0,6
	2000	2000,06	0,006	0,154	0,057	2000,06	0,004	0,156	0,059	0,6

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.

E: Error encontrado

I: Indicación de la balanza.

E₀: Error en cero.

ΔL: Carga adicional.

E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{0,00754^2 + 0,00000000010608^2}$ R²

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + -0,0000519217$ R

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.
- Se obtuvo un peso inicial de 2000,15 g para una pesa patrón de 2000 g.



Fin del documento.

Centro Especializado en Metrología Industrial
Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima

• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777
• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

Laboratorio de Temperatura

Pág. 1 de 4

Expediente 20125
Solicitante LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L
Dirección APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN
Equipo HORNO
Marca (o Fabricante) PINZUAR LTDA
Modelo PG 190
Número de Serie 206
Procedencia NO INDICA
Identificación NO INDICA
Instrumento de Medición Termómetro con Indicación Digital
Marca / Modelo AUTONICS
Alcance de Indicación 50 °C a 300 °C
Div. de escala (Resoluc.) 0.1 °C
Identificación NO INDICA
Selector CONTROLADOR DIGITAL
Marca / Modelo AUTONICS
Alcance de Indicación 50 °C a 300 °C
Div. de escala (Resoluc.) 0.1 °C
Ubicación LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Lugar de Calibración APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN
Fecha de Calibración 2021-10-29

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa según el PC-18, 2da. Ed., Junio 2009 "Procedimiento Para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como medio Termostático".

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados: LT-196-2021; LT-197-2021; T-0292-2021.

Condiciones Ambientales

Temperatura ambiental : Inicial: 20.4 °C ; Final : 20.4 °C
Humedad Relativa ambiental: Inicial: 24.0 HR% ; Final : 24.0 HR%

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2021-10-31

CEM INDUSTRIAL

JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial
Mz. A, Lote 1B, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima
• Telf.: 8717346 • CEL: 958009776 / 958009777

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C ± 10 °C

Tiempo (min)	T. ind. (°C) (Termómetro del equipo)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T.prom °C	Tmax-Tmin °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110.1	115.3	113.8	114.0	114.3	113.3	116.0	113.0	112.0	111.0	113.0	113.6	5.0
2	109.0	109.8	113.7	108.2	114.4	109.1	112.3	111.3	113.9	113.9	115.1	112.2	6.9
4	111.0	105.3	113.9	108.7	115.7	108.6	112.9	113.0	116.1	116.1	117.1	112.7	11.8
6	110.0	105.7	114.1	108.6	115.2	109.2	112.1	113.5	115.4	115.4	117.3	112.7	11.6
8	108.0	106.7	113.8	107.9	114.5	108.3	111.5	109.8	112.7	112.7	114.3	111.2	7.8
10	109.0	111.2	113.4	113.8	112.0	114.6	115.9	116.8	109.9	109.9	112.3	113.0	6.9
12	111.0	110.1	118.7	113.1	118.5	114.4	116.7	117.1	117.3	117.3	119.1	116.2	9.0
14	109.0	110.6	118.4	112.3	118.5	112.5	115.5	116.3	117.3	117.3	118.1	115.7	7.9
16	108.0	110.2	117.8	111.3	118.0	112.2	115.8	114.8	117.5	117.5	116.8	115.2	7.8
18	109.0	109.3	117.1	111.1	117.6	111.8	114.2	113.1	117.1	117.1	116.6	114.5	8.3
20	108.0	110.0	117.3	110.1	117.3	111.3	114.1	113.3	115.7	115.7	116.8	114.2	7.3
22	111.0	108.3	116.3	109.6	117.2	110.5	114.7	114.5	116.6	116.6	114.7	113.9	8.9
24	110.0	109.4	117.1	109.7	116.6	110.6	114.1	113.1	116.2	116.2	114.7	113.8	7.7
26	108.0	110.0	117.7	110.5	117.6	112.8	115.3	115.2	116.9	116.9	115.3	114.8	7.7
28	108.0	108.5	115.9	109.6	115.6	110.2	113.4	113.6	115.3	115.3	115.6	113.3	7.4
30	109.0	110.0	117.2	110.0	116.6	111.9	114.2	112.9	115.3	115.3	114.3	113.8	7.2
32	108.0	109.6	117.9	111.0	117.7	111.6	114.0	115.1	114.5	114.5	116.7	114.3	8.3
34	110.0	107.8	115.9	109.3	116.6	110.3	114.1	112.3	114.8	114.8	114.5	113.0	8.8
36	109.0	108.6	116.3	110.1	115.7	110.4	113.6	111.7	113.9	113.9	112.9	112.7	7.7
38	108.0	109.6	117.3	110.9	116.7	111.2	114.8	112.9	117.7	117.7	114.8	114.4	8.1
40	108.0	109.9	117.9	111.7	117.8	112.4	115.4	114.2	117.8	117.8	117.9	115.3	8.0
42	110.0	109.3	117.5	111.3	117.9	111.8	112.8	113.1	115.6	115.6	114.5	113.9	8.6
44	108.0	110.2	118.0	112.4	117.7	113.5	113.2	114.9	118.0	118.0	118.1	115.4	7.9
46	110.0	110.4	117.5	111.7	118.2	113.5	113.8	113.9	118.1	118.1	117.8	115.3	7.8
48	110.0	111.3	118.0	117.8	123.0	115.6	114.0	118.2	117.8	117.8	119.6	117.3	11.7
50	108.0	110.0	118.5	113.8	122.1	114.7	114.6	118.5	119.5	119.5	119.4	117.1	12.1
52	108.0	110.5	118.3	113.6	121.6	114.6	115.9	116.8	119.9	119.9	120.0	117.1	11.1
54	109.0	110.2	118.2	112.2	119.1	112.4	114.6	115.4	116.9	116.9	117.7	115.4	8.9
56	110.0	108.8	116.4	110.1	117.0	111.5	114.4	116.6	116.5	116.5	114.9	114.3	8.2
58	111.0	108.5	116.8	111.0	117.4	111.5	112.4	112.2	116.4	116.4	115.1	113.8	8.9
60	111.0	110.2	117.5	111.6	117.1	112.0	112.3	114.6	115.5	115.5	116.2	114.3	7.3
T.PRON	109.2	109.5	116.7	111.2	117.3	111.9	114.1	114.2	116.1	116.0	116.2	114.3	
T.MAX	111.0	115.3	118.7	117.8	123.0	115.6	116.7	118.5	119.9	119.9	120.0		
T.MIN	108.0	105.3	113.4	107.9	112.0	108.3	111.5	109.8	109.9	109.9	112.3		
DTT	3.0	10.0	5.3	9.9	11.0	7.3	5.2	8.7	10.0	10.0	7.7		

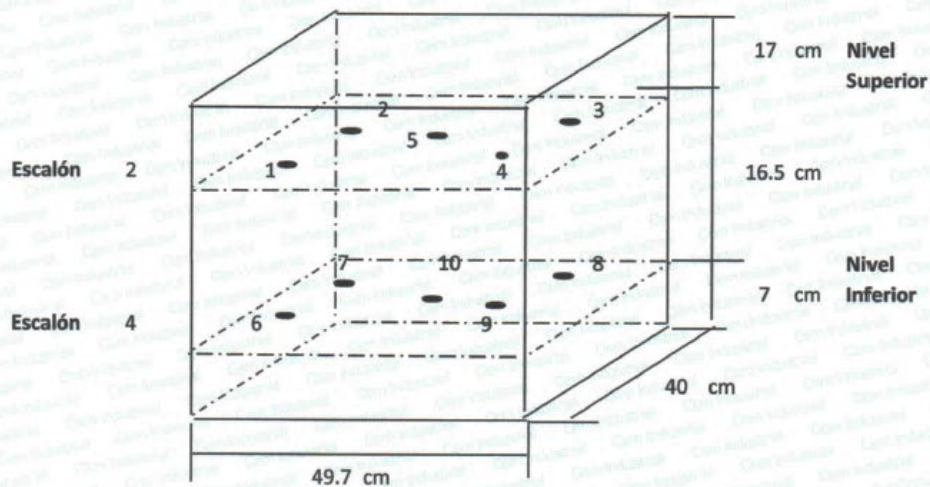


Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	123.0	0.8
Mínima Temperatura Medida	105.3	0.8
Desviación de Temperatura en el Tiempo	11.0	0.2
Desviación de Temperatura en el Espacio	8.5	0.2
Estabilidad Medida (±)	0.2	0.1
Uniformidad Medida	12.1	0.1

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura Máxima.
T.MIN : Temperatura Mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

MEDIO ISOTERMO - ESTUFA**Distribución de termopares en el equipo**

Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivas parrillas.

Los termopares del 1 al 5 están ubicados a 2 cm por encima de la parrilla superior.

Los termopares del 6 al 10 están ubicados a 2 cm por debajo de la parrilla inferior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 4,5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo de la estufa.

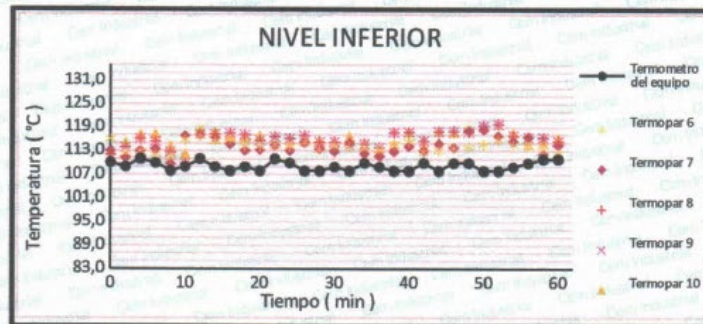
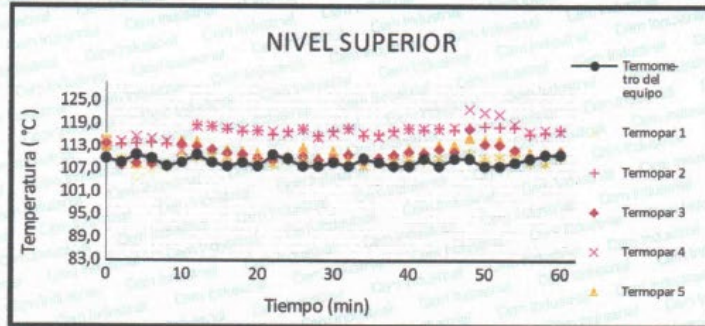
Los escalones indican las posiciones de las parrillas.

Observación:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ para una distribución normal correspondiente a una probabilidad de aproximadamente 95 %.



Temperatura de trabajo 110 °C



Fotografía mostrando la ubicación de los sensores de temperatura en el medio isoterma



Fin del documento.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-084-2020

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 19020
Solicitante LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y MATERIALES G&C E.I.R.L
Dirección APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

Instrumento de Medición Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión

Equipo Calibrado MAQUINA DE CORTE DIRECTO

Alcance de Indicación 500 LBF
Marca (o Fabricante) GILSON
Modelo HM-382-F
Número de Serie 1028
Identificación A01
Procedencia USA
Indicador de Lectura DIGITAL
Marca (o Fabricante) KAROL WARNER
Modelo 6574
Número de Serie 4183
Identificación A03
Procedencia USA
Alcance de Indicación 0 LBF A 500 LBF
Resolución 0,01 LBF
Transductor de Fuerza CELDA S
Alcance de Indicación 1500LBF
Marca (o Fabricante) NO INDICA
Modelo NO INDICA
Número de Serie HI3060246
Fecha de Calibración 2019-05-07
Ubic. Del Equipo LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
Y MATERIALES G&C E.I.R.L

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Lugar de Calibración APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN

Sello Fecha de emisión Jefe del laboratorio de calibración



2021-10-31

CEM INDUSTRIAL
Jesús Quinto C.
JESÚS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Laboratorio de Masa

Pág. 1 de 3

Expediente	20125
Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L
Dirección	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN
Instrumento de Medición	BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca (o Fabricante)	HENKEL
Modelo	ELECTRONIC SCALE
Número de Serie	LE 028520
Procedencia	CHINA
Tipo	ELECTRÓNICO
Identificación	NO INDICA
Alcance de Indicación	0 g a 30 Kg
División de escala (d) o resolución	0,1 g
Div. verific. de escala (e)	0,1 g
Capacidad Mínima	0,1 g
Clase de exactitud	III
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Lugar de Calibración	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN
Fecha de Calibración	2021-10-29
Método de Calibración	

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Edición cuarta.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados:

LM-C-041-2021; LM-C-064-2021; LM-C-040-2021; T-0292-2021.

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2021-10-31

CEM INDUSTRIAL
Jesus Quinto C.
JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial
Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima
• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

Anexo 9. Boleta de ensayos de laboratorio

BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA						
G&C E.I.R.L. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA MZA. D LOTE. 1 APV. MINKA PRDRO CAMIONERO 2 CDRS ARRIB C3P LADRILL SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO						BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA RUC: 20601355974
Fecha de Vendimiento : Fecha de Emisión : 11/03/2022 Señor(es) : CRISTHIAN QUISPE CHAVEZ DNI : 47459578 Establecimiento del Emisor : APV. MINKA MZA. D LOTE. 1 PRDRO CAMIONERO 2 CDRS ARRIB C3P LADRILL CUSCO-CUSCO-SAN SEBASTIAN Tipo de Moneda : SOLES Observación :						
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	ENSAYO DE LABORATORIO CON DOSIFICACIONES 0%, 3% , 6% Y 9% CON GRASA INORGANICA.	3050.8474576271	0.00	3,600.00	0.00
<div style="border: 1px solid gray; width: 100%; height: 20px; margin: 5px 0;"></div>						
Otros Cargos : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> Otros Tributos : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> ICBPER : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> Importe Total : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 3,600.00"/>						
<p>(*) Sin impuestos. (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.</p>						
SON: TRES MIL SEISCIENTOS Y 00/100 SOLES Op. Gravada : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 3,050.85"/> Op. Exonerada : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> Op. Inafecta : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> ISC : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> IGV : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 549.15"/> ICBPER : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> Otros Cargos : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> Otros Tributos : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> Monto de Redondeo : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 0.00"/> Importe Total : <input style="width: 50px;" type="text" value="S/ 3,600.00"/>						