



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Fibra de maguey con lignosulfonato de calcio para la  
estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022

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

**AUTOR:**

Andia Baca, Nilo Lemit (ORCID: 0000-0003-4385-5191)

**ASESOR:**

Dr. Omart Demétrio, Tello Malpartida (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

Lima - Perú

2022

## Dedicatoria

A Dios con mucho amor y gratitud, por ser el sustento espiritual en mi vida.

A mis padres José y Edith, que son mis mayores ejemplos, por su incondicional muestra de apoyo, amor y confianza, acompañándome en toda esta larga etapa y ayudándome a culminar uno de mis más grandes sueños.

A mi hermano Éibar Yamil, por sus consejos, apoyo y compañía, que este ejemplo sea motivo de inspiración para perseguir sus metas y objetivos. por ser mi fortaleza y compañía.

A mis abuelos Agosto e Hilda, que siempre me han apoyado, motivado y confiado en mí. A mis abuelitos José y Graciela, quienes desde el cielo guía mis pasos.

A mis tíos y primos, por su apoyo incondicional por darme la confianza en este camino que me he trazado, para culminar con éxito este proyecto



### Agradecimiento

Agradecer en primer lugar a Dios, por haberme permitido lograr una meta más en mi vida.

A mi familia por su apoyo incondicional durante toda mi formación académica.

Además, a todo el personal de la escuela de ingeniería civil por brindarme sus conocimientos e instrucciones durante todo el proceso de investigación.

Finalmente, mi más grande y sincero agradecimiento al Dr. Omart Demétrio Tello Malpartida, que a través de su experiencia y calidad profesional fue mi guía en el desarrollo y éxito de este proyecto de investigación.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos .....	15
IV. RESULTADOS .....	35
V. DISCUSIONES.....	46
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS .....	57

## Índice de tablas

Tabla 1: Propiedades físicas de las fibras.....	9
Tabla 2: Propiedades físico mecánicas de la fibra de Maguey.....	10
Tabla 3: Valores de orientación.....	12
Tabla 4: Coordenadas.....	17
Tabla 5: Cuadro de Granulometría del suelo.....	20
Tabla 6: Cuadro de Límite Líquido NTP 339.128 .....	21
Tabla 7: Cuadro de Límite Plástico NTP 339.128 .....	22
Tabla 8: Cuadro de Granulometría del suelo (C-02).....	23
Tabla 9: Cuadro de datos de Límite Líquido NTP 339.128 .....	24
Tabla 10: Cuadro de Límite Plástico NTP 339.128 .....	25
Tabla 11: Cuadro de Granulometría del suelo.....	25
Tabla 12: Cuadro de Límite Líquido NTP 339.128 .....	26
Tabla 13: Cuadro de Límite Plástico NTP 339.128 .....	27
Tabla 14: Resultados del ensayo Proctor modificado de la muestra N11.....	28
Tabla 15: Cuadro Resultados Máx. Densidad Seca, Cont. Humedad Óptima .	29
Tabla 16: Tabla de datos de contenido humedad óptima.....	32
Tabla 17: Dosificación para Max. Densidad Seca.....	33
Tabla 18: Porcentajes de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%,2% en CHO.....	35
Tabla 19: Normalidad (Contenido de Humedad Óptima) .....	36
Tabla 20: Correlación (Contenido de Humedad Óptima) .....	37
Tabla 21: Categorías de CBR para sub rasante.....	38
Tabla 22: Normalidad (Máxima Densidad Seca).....	38
Tabla 23: Normalidad (Contenido de Humedad Óptima) .....	39
Tabla 24: Categorías de CBR para sub rasante.....	40
Tabla 25: Categorías de CBR para sub rasante (MTC E 132) .....	41
Tabla 26: Normalidad (Resistencia CBR).....	41
Tabla 27: Normalidad (Contenido de Humedad Óptima) .....	42
Tabla 28: Categorías de CBR para sub rasante.....	43
Tabla 29: Normalidad (Ascensión Capilar).....	44
Tabla 30: Normalidad (Contenido de Humedad Óptima) .....	45

## Índice de figuras

Figura 1: Lignosulfonato de Calcio .....	8
Figura 2: Planta de Maguey .....	9
Figura 3: plantas de hojas en roseta, gruesas y carnosas. ....	9
Figura 4: Fibra de Maguey .....	9
Figura 5: Límites de Atterberg .....	12
Figura 6: Diseño de investigación .....	13
Figura 7: Mapa Región Cusco y Mapa del Distrito de San Sebastian .....	15
Figura 8: Localización de las calicatas. ....	16
Figura 9: (C-01) .....	17
Figura 10: (C-02) .....	18
Figura 11: (C-03) .....	18
Figura 12: Muestra de suelo natural de tres calicatas. ....	19
Figura 13: Cuarteo de suelo Natural. ....	19
Figura 14: Ensayo de Granulometría. ....	20
Figura 15: Tamizado del suelo .....	20
Figura 16: Pesado del Suelo .....	20
Figura 17: Registro de la cantidad de suelo que pasó por cada malla. ....	20
Figura 18: Ensayo Casagrande de suelo limoso. ....	20
Figura 19: Ensayo de Límite de plasticidad del suelo limoso. ....	20
Figura 20: Curva Granulométrica (C-01) .....	21
Figura 21: Gráfico de Límite Líquido (C-01) .....	22
Figura 22: Gráfico del Límite de consistencia de suelo natural .....	23
Figura 23: Gráfico de la Curva Granulométrica (C-02) .....	23
Figura 24: Gráfico de Límite Líquido (C-02) .....	24
Figura 25: Curva Granulométrica (C-02) .....	26
Figura 26: Gráfico de Límite Líquido (C-02) .....	27
Figura 27: Compactación de molde a diferente energía de compactación. ....	28
Figura 28: Enrasado y retirado de la placa de base .....	28
Figura 29: Gráfico del Óptimo Contenido de Humedad inicial. ....	29
Figura 30: Gráfico de Máxima Densidad Seca de la muestra al inicio. ....	30
Figura 31: Gráfica del ensayo Proctor modificado de la muestra .....	30

Figura 32: Grafico del CBR de la muestra Natural del suelo .....	31
Figura 33: Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio 2% .....	31
Figura 34: Testigos con dosificaciones al 0%,1%,1.5% y 2% .....	32
Figura 35: Ensayo de Saturación .....	33
Figura 36: Ensayo de compresión CBR .....	33
Figura 37: Ensayo de Ascensión Capilar .....	34
Figura 38: Absorción de humedad .....	34
Figura 39: Gráfica de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%,2% en C.H.O. ....	35
Figura 40: Gráfica de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%,2% en M.D.S. ....	37
Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics .....	38
Figura 41: Gráfica de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%, 2% en CBR. ....	40
Figura 42: Gráfica de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%,2% Ascensión Capilar. ....	43

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar como la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio, influye en la propiedades de la subrasante de suelo limoso, la investigación es del tipo aplicada y de nivel Explicativo con un diseño Experimental, la población estuvo constituida con una longitud de 2 km, como muestra se tomaron tres tramos de la vía Alto Qosqo y el muestreo fue no probabilístico, el procedimiento se realizó con el reconocimiento y recolección de muestra de tres calicatas para determinar las propiedades y características de suelo natural, el mejor resultado se dio mejorando el contenido óptimo de humedad con la dosificación al 2%, también se mejora la Máxima densidad seca la dosificación del 1.5%, mejora el CBR aumentando la capacidad portante del suelo con la dosificación de 1.5% y la ascensión capilar se mantuvo para las distintas dosificaciones. Se concluye que la aplicación de la fibra de maguey con lignosulfonato de calcio, influye de manera positiva en la estabilización de suelo limoso considerándose como dosificación optima al 1.5% de fibra de maguey con lignosulfonato de calcio con el que la subrasante dio mejores resultados.

**Palabras claves:** Fibra de Maguey, Lignosulfonato de Calcio, Estabilización de suelo limoso

## **Abstract**

The objective of this research was to determine how the Maguey Fiber with Calcium Lignosulfonate influences the properties of the silty soil subgrade, the research is of the applied type and of an Explanatory level with an Experimental design, the population was constituted with a length of 2 km, three sections of the Alto Qosqo road were taken as a sample and the sampling was non-probabilistic, the procedure was carried out with the recognition and collection of samples from three test pits to determine the properties and characteristics of natural soil, the best result was improved the optimum moisture content with the dosage at 2%, the maximum dry density is also improved with the dosage of 1.5%, the CBR improves by increasing the bearing capacity of the soil with the dosage of 1.5% and the capillary rise was maintained for the different dosages. It is concluded that the application of maguey fiber with calcium lignosulfonate positively influences the stabilization of silty soil, considering the optimum dosage to be 1.5% of maguey fiber with calcium lignosulfonate, with which the subgrade gave better results.

**Keywords:** Maguey fiber, Calcium lignosulfonate, silty soil stabilization

## I. INTRODUCCIÓN

Los suelos expansivos producen efectos perjudiciales, para reducir estos efectos generalmente se realiza un tratamiento de estabilización. Los tratamientos de estabilización que mejoran las propiedades del suelo natural, la forma más eficiente de que un suelo sea compacto es la Estabilización, que consiste en mezclar un suelo limoso con otro elemento ya sea un aditivo y sustancia que produce una reacción química que endurece el suelo, para lo cual se debe de conocer las propiedades físicas y químicas del aditivo o sustancia así como del suelo para evidenciar las mejoras en este tipo de investigación y aplicarlos ya sea para sub rasante de pavimentos y otro tipo de infraestructura. El presente trabajo consiste en que escala influye la fibra de Maguey, tratada con Lignosulfonato de Calcio, en la estabilización del suelo limoso que son suelos característicos de la zona de Alto Qosqo – San Sebastián, Cusco, esto se realizará mediante ensayos en laboratorio para determinar el contenido de humedad, densidad, CBR, ascensión capilar, cuyos resultados serán sometidos a un análisis de regresión lineal múltiple. La hipótesis planteada del presente trabajo de investigación es como la fibra de Maguey, planta que se encuentra en abundancia en la región del cusco, tratada con Lignosulfonato de Calcio, pueda influir de forma significativa en la estabilización del suelo limoso, así como en la densidad.

De lo anterior se desprende el problema general: P.G: ¿En qué medida la adición de fibra de maguey con Lignosulfonato de calcio influye en la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022?

Por otro lado, los problemas específicos son: P.E.1: ¿En qué medida la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el Contenido Humedad Óptimo para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022? Así mismo, P.E.2: ¿De qué manera la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la densidad máxima seca para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022? Así mismo P.E.3: ¿En qué medida la aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el CBR % para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022? Finalmente, P.E.4:



¿De qué manera la incorporación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Ascensión Capilar para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022?

La **justificación** de la investigación se da en términos de reducción de contaminación ambiental puesto que se trata de optimizar el uso eficiente de materiales y sus consecuentes medidas para la reducción de contaminación de los diferentes niveles de impactos ambientales a partir de diagnósticos que ayudaran a contaminar menos. El Maguey es un material natural y el Lignosulfonato de Calcio, en la estabilización de suelo Limoso que se podrían usar en la subrasante de pavimento en la vía de Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. dejándose de lado la utilización de otros productos químicos, así también se deja de depredar las canteras pues se utiliza el suelo que se encuentra in situ mejorándolo con fibras naturales y lignosulfonato de calcio, mejorando de esta manera la calidad de vida de los pobladores, que habitan en el entorno de la vía.

La metodología que se utilizará en la investigación es aplicada, ya que se desarrolla en el campo de la Ingeniería Civil, como es la estabilización de suelo, que consiste en un conjunto de etapas donde se plantean los problemas específicos utilizando las hipótesis, así como los instrumentos para el trabajo de investigación, este método nos permitirá conocer el comportamiento de este tipo de estabilización mediante las acciones mecánicas y físicas en la que se someterá el estudio.

De esta manera, el **objetivo general** de la presente tesis es: O.G: Determinar en qué medida la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Por otro lado, los objetivos específicos son: O.E.1: Identificar en qué medida la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el Contenido Humedad Optimo para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Asimismo, O.E.2: Evaluar de qué manera la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la densidad máxima seca para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Asimismo, O.E.3: Calcular en qué medida la aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el

CBR% para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Finalmente O.E.4: Evaluar de qué manera la incorporación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Ascensión Capilar para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Como hipótesis general se plantea: H.G: La Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye favorablemente en la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Las hipótesis específicas son: H.E.1: La Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el Contenido Humedad Óptimo para la estabilización de suelo limoso de la vía alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Así mismo, H.E.2: La adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la densidad máxima seca para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Así mismo, H.E.3: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el CBR % para la estabilización de suelo limoso de la vía alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022. Finalmente, H.E.4: La incorporación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Ascensión Capilar para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales, tenemos a: (FERNÁNDEZ, et al., 2021) en su artículo de investigación denominado *Rendimiento del lignosulfonato de calcio como estabilizador de arcilla altamente expansiva*, tuvo como **objetivo** de estudio comprobar la capacidad de la efectividad del lignosulfonato de calcio (CLS) en su aplicación como estabilizador para un suelo expansivo. Este estabilizador es un polímero con un antecedente de base biológica obtenido como subproducto de la industria del papel. Con el uso de lignosulfonato de calcio no solo se logra mejorar las propiedades del suelo, también tienen el veneficio de reducir costos tanto económicos y ambientales con la eliminación con el uso del mismo, los **materiales** para este estudio se utilizó la arcilla esmectita natural y el uso del estabilizante, **población** se consideró la cuenca del golfo San Jorge, extraída de un depósito superficial para la **muestra y muestreo** se realizó una prueba en un suelo arcilloso con la aplicación de lignosulfonato de calcio usando al 0.3 y 0.5% la arcilla se estabilizó favorablemente, la cual se determinó estudiando su influencia en las propiedades físicas de la arcilla (límites de Atterberg, capacidad de intercambio catiónico, superficie específica). **Los resultados** que se obtuvieron al realizar pruebas de hinchamiento libre y presión de hinchamiento se observaron que el lignosulfonato de calcio tiene un comportamiento de reducir en casi la mitad estas dos muestras además reducir en una cuarta parte la presión libre de hinchamiento y de hinchamiento de arcilla. Se **concluyó** que al aplicar una reducida cantidad de lignosulfonato de calcio en una muestra de arcilla tiene una respuesta satisfactoria como estabilizador para reducir el hinchamiento de la arcilla natural.

(QINGSHENG, et al., 2015) en su artículo de investigación denominado *Comportamiento al cizallamiento del limo arenoso tratado con lignosulfonato*, menciona que los estabilizantes químicos tradiciones son usados para diferentes áreas con el objetivo de obtener una mejor compresibilidad y resistencia en las propiedades del suelo de subrasante, pero tiene la particularidad de cambiar el HP del suelo, Genera impactos negativos para el medio ambiente. El **objetivo** de esta investigación es probar un estabilizador alternativo que supere estos problemas mediante el uso de lignosulfonato de calcio en un suelo limo arenoso,

como **materiales** se necesitó de aplicar Proctor estándar, para la **población** en este estudio se consideró la zona de estudio de un terraplén que presenta un suelo limo arenoso ubicado en Penrith Nueva Gales del Sur, Australia, con la **muestra y muestreo** se evidencia el contenido aproximadamente del suelo con un 49% limo, 42% arena y 9% arcilla, los resultado del ensayo al suelo limo arenoso indican que la densidad seca máxima es de 1.920 gr/cm<sup>3</sup>, y contenido de humedad óptimo del 12 %. Para los **resultados** se discuten los resultados de las pruebas triaxiales monótonas y se **concluyó** que la resistencia a la compresión y el módulo de deformación, agregando lignosulfonato de calcio en un 2% al suelo limo arenoso, se evidencia un incremento correspondiente de 136 kPa (es decir, 91,0%) y 157 kPa (es decir, 83,9%), respectivamente, sin embargo, se evidencia que al exceder el 2% de lignosulfonato de calcio el rendimiento empieza a descender. así mismo, con pruebas compresión triaxial y compresión triaxial, la tensión del desviador final de lignosulfonato de calcio con la muestra tratada subió a más de 9 kPa en comparación con la muestra no tratada, específicamente bajo presiones de confinamiento bajas (es decir  $\sigma = 15$  kPa). Así mismo, El ensayo de ductilidad del suelo tratado con lignosulfonato de calcio resultó inalterada en comparación con su contraparte, y el exceso de poro al final se observó que fue menor en el suelo tratado, que su contraparte no tratada en todos los niveles de  $\sigma$ .

Como antecedentes nacionales, tenemos a: (ORTEGA, 2018), en su trabajo de tesis denominado *Estabilización de afirmado con bajo CBR adicionando fibras de maguey para base de pavimentos*, tuvo como **objetivo** que se quiere analizar la reducida capacidad portante del suelo que se contempla en el uso de pavimentos, con la finalidad de poder demostrar la estabilización mediante la incorporación de **fibra de maguey**, El **tipo de estudio** que se usó fueron del tipo aplicado, **la población de estudio** está empleada en C.P. Cascajal Alto (Campamento) distrito de Chimbote. La **muestra y el muestreo** con esta investigación se busca proponer como lugar de estudio el afirmado de la cantera Campamento Cascajal, Se consiguen los **resultados** que nos ayuda a conseguir la comparación y le definición de cómo se comporta la estabilización al agregar un porcentaje de fibra de maguey, Finalmente se **concluye** con los resultados obtenidos, que el CBR de la prueba se incrementó en 47.76% y 48.84% en

relación al patrón, y la mejor opción de clasificar su aplicación es en las SUB-BASES granulares de acuerdo al Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

(SALAZAR, et al., 2021) en su trabajo de tesis denominado *Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con fibra de cabuya y cal en la Calle el Carmen - Carabayllo, 2021*, tuvo como **objetivo** estudiar e Identificar de qué manera la fibra de cabuya y cal se comporta cuando se realice la aplicación con el fin de mejorar las propiedades y característica para la subrasante de la zona para conseguir información que aporte y suponga de un beneficio con esta investigación para futuros proyectos en esta rama de la ingeniería, El **tipo de estudio** que se uso fue del tipo aplicada, **la población de estudio** fueron 14 cuadras de la Calle el Sol. La **muestra y el muestreo** fueron no probabilístico, Para los **resultados** se realizó una muestra de suelo arcilla limo inorgánica, aplicando el 3%, 5% y 7% de cal y el 0.25%, 0.5% y 1% de fibra de cabuya, y se obtuvo con un 1% de fibra de cabuya un OCH de 16% y MDS de 1.900gr/cm<sup>3</sup>, para el 5% y 7% de cal el OCH fue 15.5% y la MDS fue 1.832gr/cm<sup>3</sup>, asimismo con el 1% de fibra de cabuya el CBR fue 10.8%, y el 7% de cal aumentó a 9.3%, se **concluyó** que el ensayo de laboratorio CBR tiene una mejor resistencia con el 1% de fibra de cabuya se obtuvo un CBR de 10.8%, se trabajó con un patrón C1 de 9.2% de categoría 2 de subrasante regular, a una subrasante buena de categoría 3 según el MTC.

(PORFIRIO, 2020) en su trabajo de investigación denominado *Mejoramiento de suelo arcilloso nivel subrasante aplicando fibra de cabuya en Av. Cuzco- Distrito Mi Perú- Callao 2020*, tuvo como **objetivo** de estudio evaluar en qué medida influye la incorporación de un agente estabilizante como es la fibra de cabuya para el mejoramiento de subrasante analizando las propiedades de un suelo arcilloso, añadiendo dosificaciones de 10%,15% y 20% de fibra en las pruebas de plasticidad, compactación y resistencia del suelo, la **población** que conforma este estudio abarca toda la Av. Cuzco del distrito Mi Perú, Callao. La **muestra y el muestreo** realizado es no probabilístico por que realiza el estudio de un sector y del cual será considerado como patrón de estudio la Avenida Cuzco. Los **resultados** dieron un valor de 7%, al incorporar el 10%, 15%, de agente estabilizador ayudando a incrementar la Max. Densidad Seca a 2.026 gr/cm<sup>3</sup>, de

la misma forma con el Óptimo Contenido de Humedad 7.6% al agregar una dosificación de 20% del estabilizante de Fibra de Cabuya, en el ensayo realizado para obtener la compresión, se elevó satisfactoriamente el módulo de rotura con la dosificación al 22% llegando a obtener un valor de (6.65 gr/cm<sup>2</sup>). La Carga Máxima por 3.545 gr. Y se **concluye** que con esta investigación que la aplicación de fibra de cabuya al suelo natural, ayuda a estabilizar superficies con baja capacidad de tenacidad cuando son sometidos a la compresión, mejorando la resistencia del terreno.

**Clasificación de suelo:** Conforme manifiesta (BORSELLI, 2021), Existen dos sistemas para la clasificación de suelos que son empleados para fines de ingeniería, el primero se trata del Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS o USCS) que es empleado para la mayoría de trabajos de ámbito geotécnico, el segundo consiste en el sistema de clasificación AASHTO que es utilizado generalmente para la construcción de carreteras. Los dos sistemas hacen uso de los resultados del estudio granulométrico y la determinación de los límites de Atterberg (LL, LP, IP) los cuales establecerán objetivamente la clasificación del suelo.

**Estabilización de suelos:** Según (ANGULO ROLDAN, et al., 2020), La estabilización de suelos está definido como el mejoramiento de las propiedades del suelo que tiene como finalidad optimizar sus propiedades mecánicas, la trabajabilidad, la estabilidad de materiales y la resistencia al corte de suelos, por otro lado se denomina también estabilidad del suelo cuando en condiciones de saturación y frente a fuertes cambios de clima los suelos tienen la capacidad de soportar cargas, presentando resistencia sin evidencia de deformaciones, ni desgaste por el uso al cual está expuesto. No obstante, si los suelos no presentan características óptimas que aseguren su estabilidad se puede aplicar otras técnicas como la sustitución de suelos, la combinación de suelos y la modificación de sus propiedades denominada estabilización.

**Lignosulfonato de calcio:** De acuerdo con (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2014), El lignosulfonato de calcio es un polímero de base biológica, producida a partir del licor de pulpa de madera obtenido como subproducto de la industria del papel, este material se emplea para diferentes fines, uno de los más relevantes es su uso como estabilizador de

suelos, el cual además de mejorar las propiedades del suelo, también elimina los costos económicos y ambientales.

Por consiguiente, según (Li, y otros, 2019), el lignosulfonato de calcio se emplea como una técnica de estabilización química, que afianzará directamente los cimientos del suelo consolidando sus partículas y aumentando la resistencia mediante reacciones químicas, este es un tipo de material ecológico que puede aumentar los límites de Atterberg y la resistencia a la compresión garantizando su efecto estabilizador y revelando sus mecanismos de fortalecimiento.



Figura 1: *Lignosulfonato de Calcio*

**Fibra de maguey:** El maguey, denominado también agave o cabuya, es una planta nativa con orígenes en el continente norteamericano, ahora cultivada en muchas partes del mundo, esta especie crece en bosques áridos, semiáridos y templados ubicados también en zonas andinas en tierras de escasa producción agrícola. (MAESTRI, 2020). Por consiguiente, la fibra de maguey se presenta como un material duro y resistente que se encuentra en las denominadas pencas y que es obtenido previo proceso de su materia prima de donde se extraen los tejidos o hileras que posteriormente tendrán diferentes empleos como la fabricación de cuerdas, textiles o material de construcción.



Figura 2: *Planta de Maguey*



Figura 3: *plantas de hojas en roseta, gruesas y carnosas.*

**Propiedades físico mecánicas del maguey:** Según (ABREU LEJANO, y otros, 2018), Las fibras extraídas de las pencas de Maguey presentan una buena resistencia a la tracción, de manera que esta resistencia es ligeramente superior en comparación a otras fibras como la abaca y el benote o denominado también como fibra de coco, además de presentar un bajo alargamiento.



Figura 4: *Fibra de Maguey*

Tabla 1: *Propiedades físicas de las fibras.*

<b>Fibra</b>	<b>Resistencia a la tracción</b>	<b>Elongación</b>
Benote	112.6 N/g.m.	20.43%
Abaca	215.9 N/g.m.	2.59%
Maguey	232.3 N/g.m.	2.59%

Fuente: (ABREU LEJANO, y otros, 2018)



En cuanto a las propiedades mecánicas se puede ver que los valores para el módulo de tracción son de 7-22 GPa y la resistencia a la tracción 340- 700 MPa. Presentándose como valores considerablemente altos. Por otro lado, es importante mencionar que estas diferencias dependen de la composición y naturaleza de las fibras.

Tabla 2: *Propiedades físico mecánicas de la fibra de Maguey*

Radio de fibras de Maguey ( $\mu\text{m}$ )	$\sigma$ (Mpa)	$\epsilon$ (%)	E(Gpa)
60 - 80	154 $\pm$ 47	16.4 $\pm$ 8.2	2.9 $\pm$ 1.2
80 - 100	65 $\pm$ 42	13.6 $\pm$ 11.9	1.9 $\pm$ 0.6
100 - 120	80 $\pm$ 12	22.3 $\pm$ 6.0	1.3 $\pm$ 0.2
120 - 140	70 $\pm$ 21	19.1 $\pm$ 10.7	1.4 $\pm$ 0.3
60 - 140	100 $\pm$ 32	19.3 $\pm$ 8.2	1.7 $\pm$ 1.1

Fuente: (ABREU LEJANO, y otros, 2018)

**Ensayo de CBR (California Bearing Ratio):** Según (KURNAZ, y otros, 2019) los ensayos de CBR consiste en evaluar la resistencia de la subrasante, la subbase y la capa base del suelo, los resultados son utilizados en los modelos para diseño de carretera, esta prueba fue por primera vez desarrollada por el Departamento de Carreteras del Estado de California, esta prueba se realiza bajo condiciones de humedad y densidad, se trata en penetrar una muestra de suelo con un émbolo de área estándar, el valor de CBR aumenta con el incremento de la consistencia de la superficie, este ensayo es importante en la previa ejecución de la construcción de vías para transporte terrestre, la evaluación del valor CBR de zonas compactadas para efectuar el ensayo se necesita de un tiempo largo y posteriormente el análisis de la muestra en laboratorio, con esto se determina el valor del CBR ejecutando el método de uso de datos, Las variables seleccionadas para los modelos desarrollados son contenido de grava, contenido de arena, actualmente hay nuevas formas de obtener el diseño para una vía terrestre, el CBR continúa usándose en la actualidad por su facilidad y simplicidad en su ejecución.

**Norma ASTM D 1883:** De acuerdo con (SÁNCHEZ LEAL, 2020), en la norma ASTM D 1883-07, el ensayo CBR trata de la aplicación de carga que emplea un pistón metálico, con una medida de 0.5 pulgadas al cuadrado de área, el cual se introduce desde la superficie compactado el suelo en un molde metálico

ejerciendo una velocidad continua de penetración. En este sentido, el CBR expresa la relación que logra entre la carga unitaria en el pistón necesaria para la penetración en el suelo ensayado, y la carga unitaria que demanda en introducir una cantidad idéntica en el suelo.

**Permeabilidad de suelos:** Según (Vicky, 2019), La capacidad del suelo para permitir el flujo de agua a través de él se denomina *permeabilidad del suelo*, esto es un factor muy importante para las estructuras que están en contacto con el agua. El flujo de agua en el suelo tiene lugar a través de espacios vacíos, que están interconectados, de manera que, el agua no fluye en línea recta, sino en un camino sinuoso. Sin embargo, en la mecánica del suelo se considera que el flujo está en línea recta a una velocidad efectiva en donde la velocidad del flujo depende del tamaño de los poros. En este sentido la permeabilidad de los suelos refleja la capacidad con la que pasa el agua a través de los poros, lo cual genera un resultado decisivo respecto al costo y las dificultades que se pueden encontrar en muchas acciones constructivas.

**Análisis granulométrico de suelos:** El análisis granulométrico tiene como finalidad establecer cuantitativamente la disposición en cuanto a los tamaños de partículas en el suelo. Este ensayo sirve para determinar los porcentajes de suelo que pasan por diferentes tamices de la serie empleada en el proceso. Por consiguiente, el análisis granulométrico de suelos es uno de los ensayos fundamentales y simples para calificar un determinado suelo, de manera que, únicamente mediante este ensayo ya podemos aproximarnos a las particularidades geotécnicas del suelo como la capacidad portante, deformabilidad y permeabilidad. (MACG Ingeniería y Geotecnia). Según él (Manual de ensayo de materiales, 2016), Para el análisis granulométrico la proporción de muestra necesaria, está sujeto a la cantidad entre finos y gruesos que pueda filtrarse o no por el tamiz N° 10 (2,000 mm) y del volumen máximo del material con la finalidad de que sea una proporción suficiente para poder considerarla representativa.

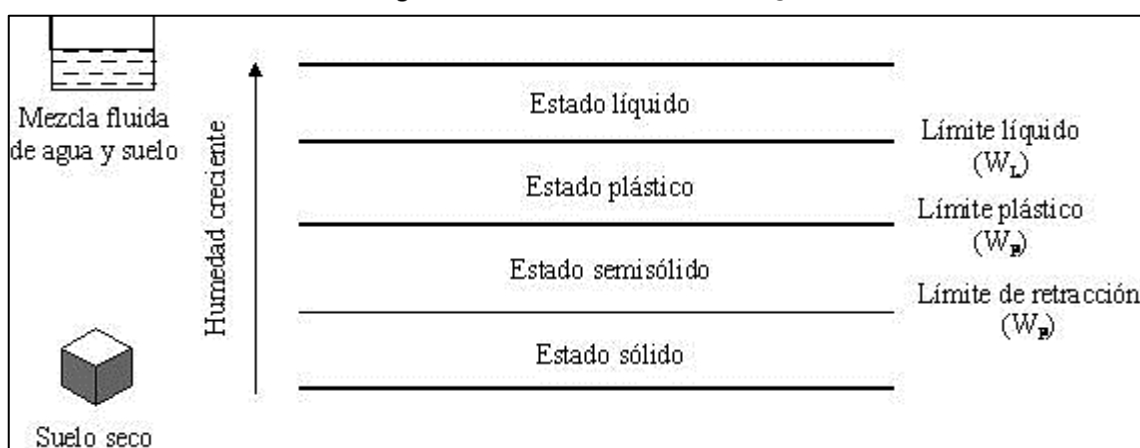
Tabla 3: Valores de orientación

Tamaño máximo		Cantidad mínima retenida en el tamiz (Nº 10) 2,00 mm
Nominales	Redondeados	
9,5 mm (3/8")	10 mm	500 g
19,0 mm (3/4")	20 mm	1000 g
25,4 mm (1")	25 mm	2000 g
38,0 mm (1.1/2")	40 mm	3000 g
50,8 mm (2")	50 mm	4000 g
76,2 mm (3")	80 mm	5000 g

Fuente: (Manual de ensayo de materiales, 2016)

**Límites de Atterberg:** Según (FRANCH, 2013), este método es un aporte del científico sueco Albert Mauritz Atterberg que desarrolló esta técnica para caracterizar el comportamiento y la consistencia de los suelos de granos finos incorporando diferentes contenidos de humedad. Los límites de Atterberg se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino puede encontrarse en cuatro estados de consistencia que varía según su humedad: sólido, semisólido, plástico y líquido. Por consiguiente, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco, entonces al añadir agua lentamente va pasando de manera progresiva a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Es por eso, que los contenidos de humedad en los puntos de cambio de un estado al otro son designados como límites de Atterberg.

Figura 5: Límites de Atterberg



Fuente: (FRANCH, 2013)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación de la presente tesis es aplicada, regido por un conjunto de procesos que plantea resolver las necesidades de la sociedad con la finalidad de conseguir nueva información de resultados que sean útiles y estimables para la estabilización de suelo utilizando la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio, para estabilizar un suelo Limoso en una vía ubicada en Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco. (BAENA PAZ, 2017 pág. 18)

#### Nivel de investigación

El nivel de investigación que se aplicó fue explicativo ya que se busca explicar las causas de los fenómenos que se estudian mediante la descripción en forma directa o indirecta de las variables. (HERNANDES SAMPIERI, et al., 2014 p. 45)

#### Diseño de la investigación

En los trabajos de investigación es de diseño cuasiexperimental, porque se realizarán diversas pruebas con variables y tratamientos independientes para el estudio del suelo (HERNANDES SAMPIERI, et al., 2014 p. 151), donde en cada muestra se utilizarán las Fibras de maguey en distintas medidas y condiciones (Húmedas y secas), con medición del tiempo de ejecución de tratamiento con Lignosulfonato de Calcio en distintas medidas y condiciones, seguidamente se realizará las pruebas en laboratorio de mecánica de suelos y determinar las propiedades Físicas y Mecánicas de cada muestra, con la finalidad de determinar el porcentaje exacto que se debe de agregar de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio, para una óptima estabilización del suelo de acuerdo al siguiente gráfico:

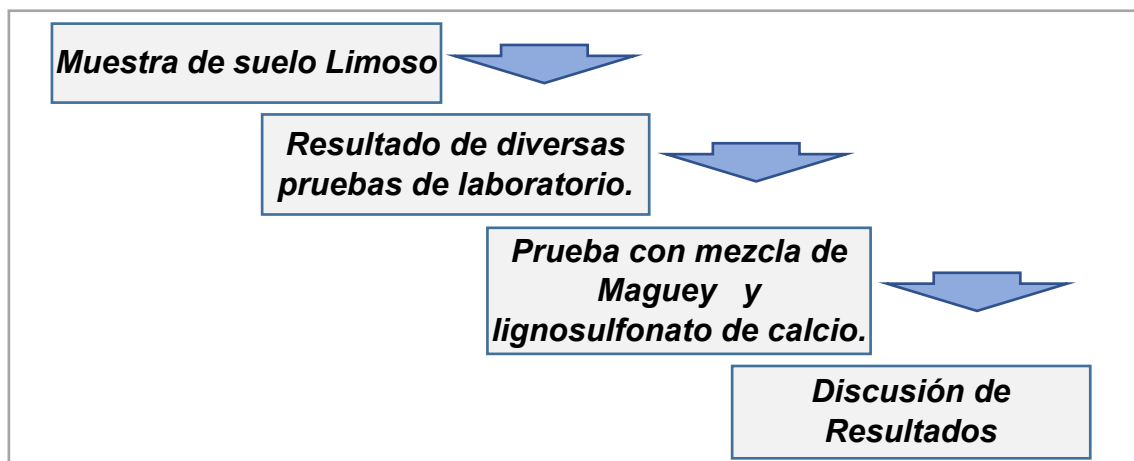


Figura 6: *Diseño de investigación*

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

La Variable analiza lugares hechos o personas que puedan adaptar diferentes valores, puede determinar la relación de causa y efecto de un estudio y comportamiento de varios aspectos de investigación, es fundamental tener una cierta claridad de este término.

Variable independiente: Fibra de maguey con lignosulfonato de calcio

Variable dependiente: Estabilización de suelo limoso

La operacionalización se puede definir de una manera clara de cómo se hará el análisis de las características de una investigación, esto se subdivide en dimensiones y a su vez en indicadores que ayudan a una observación directa.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población es el conjunto de todos los individuos (objetos, personas, documentos, data, eventos, empresas, situaciones, etc.) a investigar (VARA, 2012 pág. 221). La zona de la investigación se encuentra situado en la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022 que tiene una longitud de 2 kilómetros, para la muestra se trazó 3 tramos de la vía Alto Qosqo, realizando la excavación de 3 calicatas de acuerdo a lo que indica la norma de pavimentos urbanos E-010, donde se extraen muestras de suelo con los que se determinarán las propiedades y características física y mecánicas del suelo, para realizar el análisis de los ensayos para la estabilización del suelo, el muestreo es no probabilístico, porque suponen realizar un procedimiento para seleccionar a partir de las características de la investigación, más que por un criterio de nivel estadístico de generalización. (HERNANDES SAMPIERI, et al., 2014 p. 189)

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La principal técnica de recolección de datos para la presente tesis es la **observación** estructurada a través de formatos estándar de ingeniería. Los instrumentos de recolección de datos para la investigación serán las fichas y los formatos de campo validados por expertos.

### 3.5. Procedimientos

#### Ubicación de la Zona de Estudio.

Departamento: Cusco  
Provincia : Cusco  
Distrito : San Sebastián  
Sector : Vía Alto Qosqo.

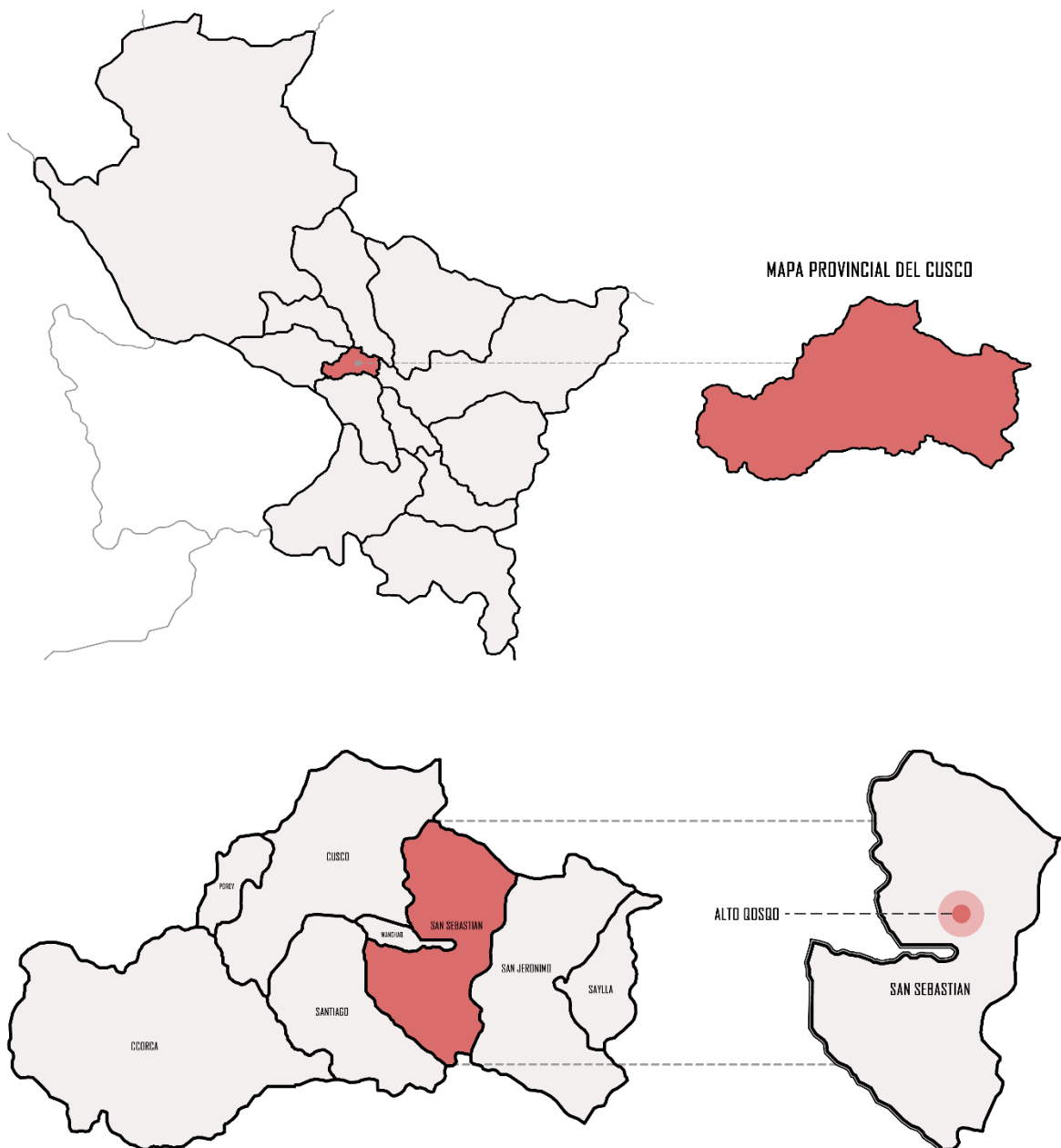
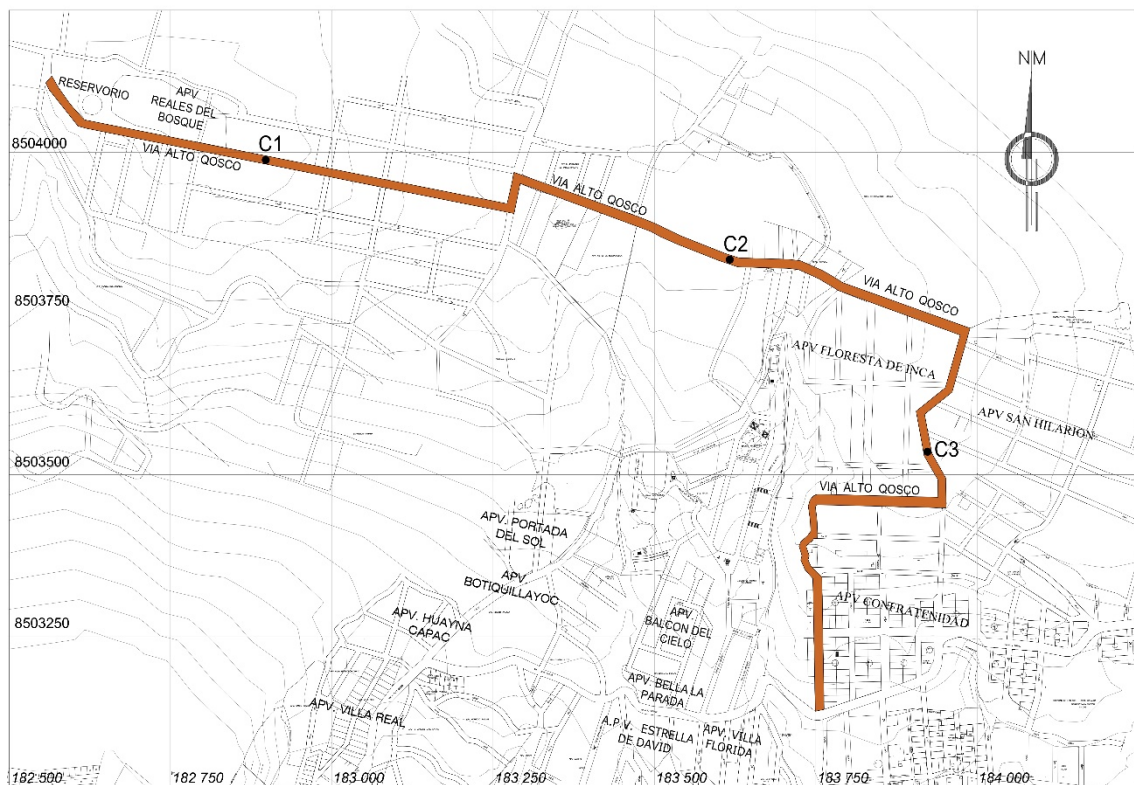


Figura 7: Mapa Región Cusco y Mapa del Distrito de San Sebastian

Ubicación del estudio se desarrolla en el sector de Alto Qosqo, del distrito de San Sebastián – Cusco, a este sector se accede por el 3er, 5to paradero, así como del paradero denominado Sol de Oro de la Avenida de la Cultura del distrito de San Sebastián, con un tiempo aproximado de llegada al sector entre 10 a 15 minutos, por la vía de acceso principal denominado anillo vial principal que bordea todo el sector de Alto Qosqo y conecta varios Asociaciones de pro vivienda, este anillo vial cuenta con una sección de vía de 14.00 metros lineales. Así como las vías secundarias cuya sección de vía fluctúan entre los 10.00 metros lineales, las que conecta a las vías de tercer orden cuyas secciones de vías varían entre 8 y 5 metros lineales, donde se realizó 03 calicatas en distintos tramos de la vía.

Figura 8: Localización de las calicatas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: *Coordenadas*

CALICATA	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD	PROGRESIVA	COORDENADAS UTM	
				E	N
C 1	VIA ALTO QOSQO	1.50	0 + 375	182972.31	8503962.16
C2	VIA ALTO QOSQO	1.50	0 + 1169	183680.81	8503802.36
C3	VIA ALTO QOSQO	1.50	0 + 1746	183936.86	8503489.01

Fuente: Elaboración propia

### Excavación de zanja para calicatas

Se realizó mediante el uso de herramientas manuales para excavación de zanjas en tres sectores de la vía Alto Qosqo, de donde se extrajo las muestras de suelo limoso para el posterior análisis de las propiedades físico-mecánicas en laboratorio.

Figura 9: (C-01)

#### Descripción:

Calicata (C-01):

Ubicación: E-182972.31

N-8503962.16

Dimensiones: 0.80x 0.80 m

Profundidad: 1.50 m





Figura 10: (C-02)

**Descripción:**

Calicata (C-02):

Ubicación: E-183680.81

N-8503802.36

Dimensiones: 0.80x 0.80 m

Profundidad: 1.50 m



Figura 11: (C-03)

**Descripción:**

Calicata (C-03):

Ubicación: E-183936.86

N-8503489.01

Dimensiones: 0.80x 0.80 m

Profundidad: 1.50 m



## Trabajo en Laboratorio

Se extrajo la muestra de suelo limoso de tres calicatas ubicados en diferentes tramos de la vía Alto Qosqo, de acuerdo al manual de carretera en la sección de suelos y pavimentos. Se realizó en total 3 calicatas en diferentes progresivas, para determinar el suelo con las propiedades críticas, al que se procederá aplicar la fibra de maguey con lignosulfonato de calcio y ver el comportamiento.



Figura 12: Muestra de suelo natura de tres calicatas.



Figura 13: Cuarteo de suelo Natural.

## Clasificación de suelo

### Granulometría

La granulometría determina la clasificación de suelo mediante el sistema de clasificación SUCS. que demuestra la distribución de diferentes tamaños de partículas del suelo que se expresa en porcentajes en relación al peso total de la muestra en seco, en nuestro caso el tamaño del suelo tiene interés en la selección del material para la estabilización del tipo de suelo de la zona de estudio.





Figura 14: *Ensayo de Granulometría.*



Figura 16: *Pesado del Suelo*

Figura 15: *Tamizado del suelo*



Figura 17: *Registro de la cantidad de suelo que pasó por cada malla.*



Figura 18: *Ensayo Casagrande de suelo limoso.*



Figura 19: *Ensayo de Límite de plasticidad del suelo limoso.*

### Calicata C-01

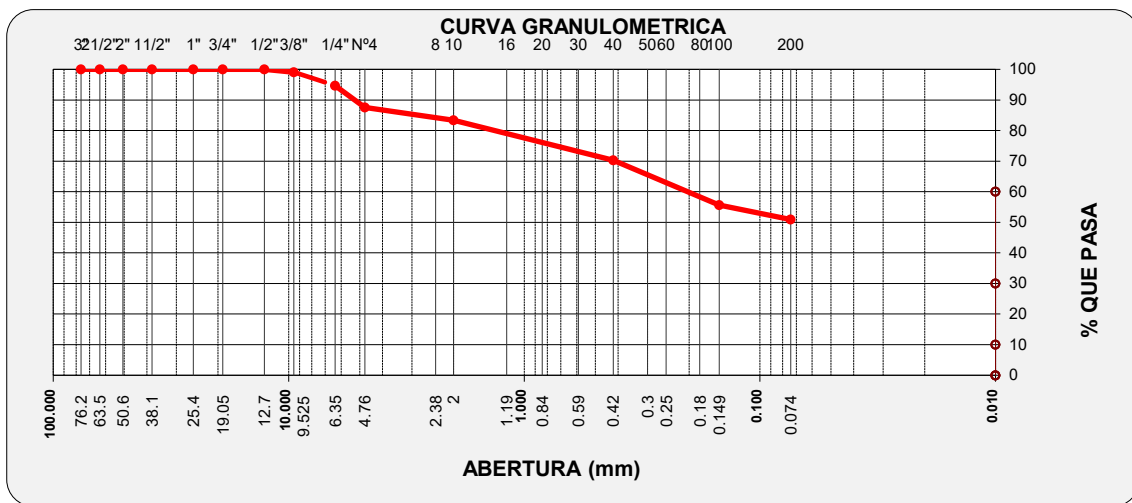
Tabla 5: *Cuadro de Granulometría del suelo*

Tipo Agregado	Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa
GRAVAS	3"	76.2				100
	2 1/2"	63.5	0	0	0	100
	2"	50.6	0	0	0	100
	1 1/2"	38.1	0	0	0	100
	1"	25.4	0	0	0	100
	3/4"	19.05	0	0	0	100
	1/2"	12.7	0	0	0	100
ARENA GRUESA	3/8"	9.525	7.3	0.9	0.9	99.1
	1/4"	6.35	35.9	4.4	5.3	94.7
	No4	4.76	58	7.2	12.5	87.5
	8	2.36	0	0	12.5	87.5

	10	2	33.3	4.1	16.6	83.4
	16	1.19	0	0	16.6	83.4
ARENA FINA	30	0.6	0	0	16.6	83.4
	40	0.42	106	13.1	29.7	70.3
	50	0.3	0	0	29.7	70.3
	100	0.149	118.8	14.7	44.4	55.6
	200	0.074	38.1	4.7	49.1	50.9
LIMOS Y ARCILLAS	< 200		412	50.9	100	0
Total			<b>809.4</b>	<b>100</b>		

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 20: Curva Granulométrica (C-01)



Clasificación SUCS :	<b>CL-ML</b>	L.L :	<b>24.34</b>
Clasificación AASHTO :	<b>A-4 (3)</b>	I.P :	<b>5.41</b>

### Límites de consistencia

Mediante los límites de consistencia se ha determinado el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) para encontrar el valor del índice plástico (IP).

Tabla 6: Cuadro de Límite Líquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	26	23	22	13
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	38.75	39.06	34.10	30.54
R + Suelo Seco	34.98	35.21	31.14	28.29
Peso Recip.	19.00	19.46	19.42	19.86
Peso Agua	3.77	3.85	2.96	2.25
Peso S. Seco	15.98	15.75	11.72	8.43
% de Humedad	23.59	24.44	25.26	26.69

Figura 21: Grafico de Limite Liquido (C-01)

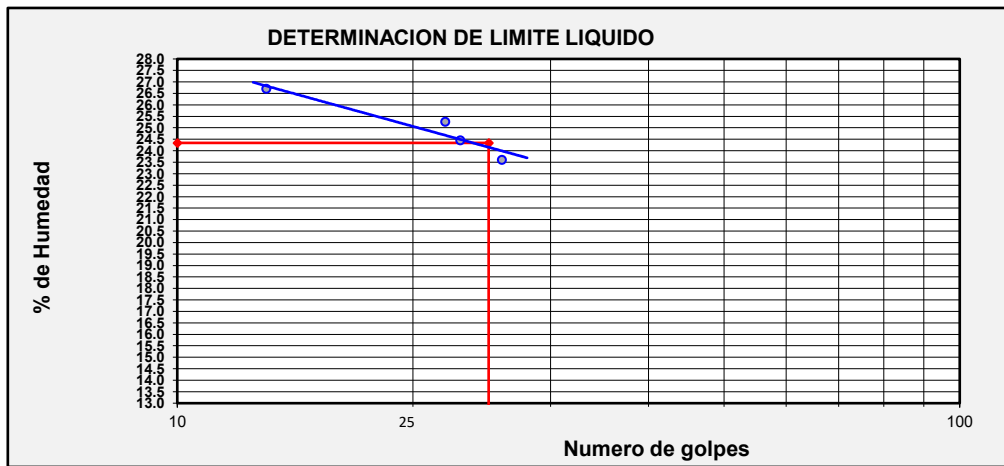


Tabla 7: Cuadro de Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	
Recipiente N°	a	b	c	
R + Suelo Hum.	22.34	22.98	23.03	
R + Suelo Seco	21.82	22.45	22.45	
Peso Recip.	19.17	19.69	19.22	
Peso Agua	0.52	0.53	0.58	
Peso S. Seco	2.65	2.76	3.23	
% de Humedad	19.62	19.20	17.96	18.93

**Definición.** - El ensayo granulométrico del suelo por tamizado, realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C E.I.R.L. Según la clasificación SUCS, demuestra que el material obtenido de la **C-01**, logra pasar el 50.90 % a la malla N° 200 siendo un material de finos.

El resultado de los límites de consistencia es:

LL=24.34 %

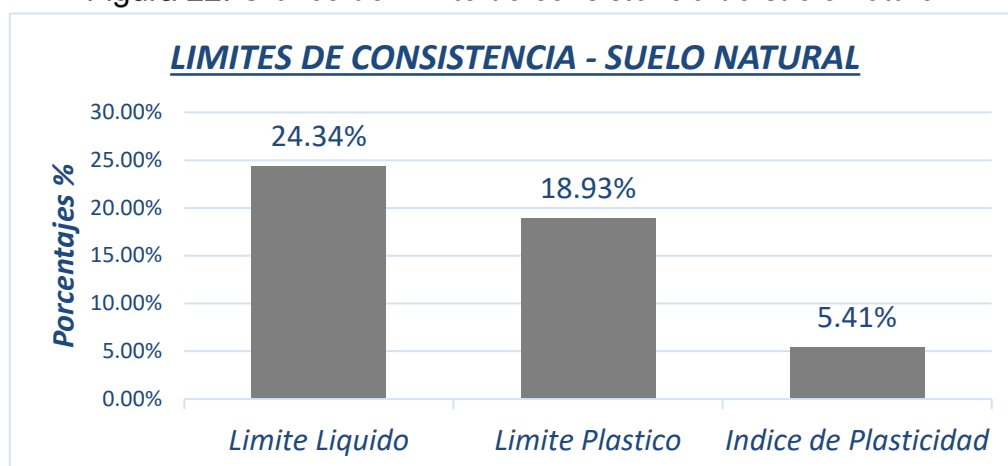
LP=18.93%

Con el resultado de los límites de consistencia (LL Y LP), se determinó el índice de plasticidad (IP) con lo que se obtuvo el siguiente resultado:

$$IP = LL - LP = 24.34 - 18.93 = 5.41\%$$

Esto nos indica que según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS), se clasifica como Limo Arcilloso (CL) es ligeramente plástico.

Figura 22: Gráfico del límite de consistencia de suelo natural



Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

**Definición.** - Se puede observar el Límite Líquido de 24.34%, Límite Plástico 18.93% y un Índice de plasticidad de 5.41%, donde el índice del suelo siempre se mantendrá húmedo.

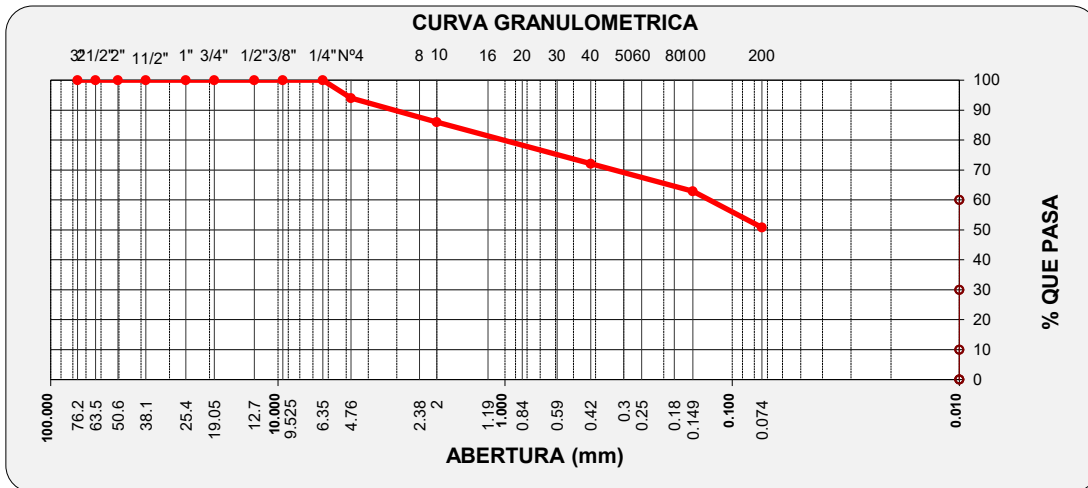
### Calicata C-02

Tabla 8: Cuadro de Granulometría del suelo (C-02)

Tipo Agragado	Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa
GRAVAS	3"	76.2	0			100
	2 1/2"	63.5	0	0	0	100
	2"	50.6	0	0	0	100
	1 1/2"	38.1	0	0	0	100
	1"	25.4	0	0	0	100
	3/4"	19.05	0	0	0	100
	1/2"	12.7	0	0	0	100
	3/8"	9.525	0	0	0	100
ARENA GRUESA	1/4"	6.35	0	0	0	100
	No4	4.76	78	6	6	94
	8	2.36	0	0	6	94
	10	2	103	8	14	86
	16	1.19	0	0	14	86
ARENA FINA	30	0.6	0	0	14	86
	40	0.42	179	13.9	27.9	72.1
	50	0.3	0	0	27.9	72.1
	100	0.149	119	9.2	37.1	62.9
	200	0.074	156	12.1	49.2	50.8
LIMOS Y ARCILLAS	< 200		655	50.8	100	0
Total			1290	100		

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 23: Gráfico de la Curva Granulométrica (C-02)



Clasificación SUCS :	<b>CL-ML</b>	L.L :	<b>22.58</b>
Clasificación AASHTO:	<b>A-4 (3)</b>	I.P :	<b>4.32</b>

### Límites de consistencia

Mediante los límites de consistencia se ha determinado el límite (LL) y el límite plástico (LP). para encontrar el valor del índice plástico (IP) para calicata (C-02).

Tabla 9: Cuadro de datos de Límite Líquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	31	26	20	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	35.36	30.54	27.21	36.13
R + Suelo Seco	32.77	27.99	24.72	33.11
Peso Recip.	20.90	16.63	13.98	20.56
Peso Agua	2.59	2.55	2.49	3.02
Peso S. Seco	11.87	11.36	10.74	12.55
% de Humedad	21.82	22.45	23.18	24.06

Figura 24: Grafico de Limite Liquido (C-02)

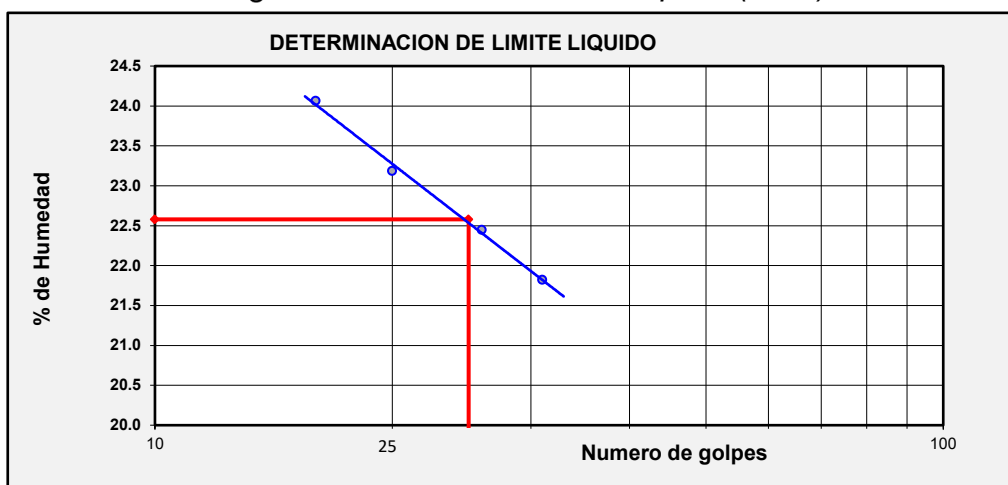


Tabla 10: Cuadro de Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	
Recipiente N°	a	b	c	
R + Suelo Hum.	14.81	15.10	14.46	
R + Suelo Seco	13.68	13.85	13.31	
Peso Recip.	7.50	6.98	7.03	
Peso Agua	1.13	1.25	1.15	
Peso S. Seco	6.18	6.87	6.28	
% de Humedad	18.28	18.20	18.31	18.26

**Definición.** - El ensayo granulométrico del suelo por tamizado, realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C E.I.R.L. Según la clasificación SUCS, demuestra que el material obtenido de la **CALICATA 02**, logra pasar el 50.80 % a la malla N° 200 siendo un material de finos.

Los resultados de los límites de consistencia son:

LL=22.58 %

LP=18.26%

Con el resultado de los límites de consistencia (LL Y LP), se determinó el índice de plasticidad (IP) con lo que se obtuvo el siguiente resultado:

$$IP = LL - LP = 22.58 - 18.26 = 4.32\%$$

Esto nos indica que según la carta de plasticidad del sistema de clasificación SUCS se clasifica como Limo Arcilloso (CL) de baja plasticidad.

### Calicata C-03

Tabla 11: Cuadro de Granulometría del suelo

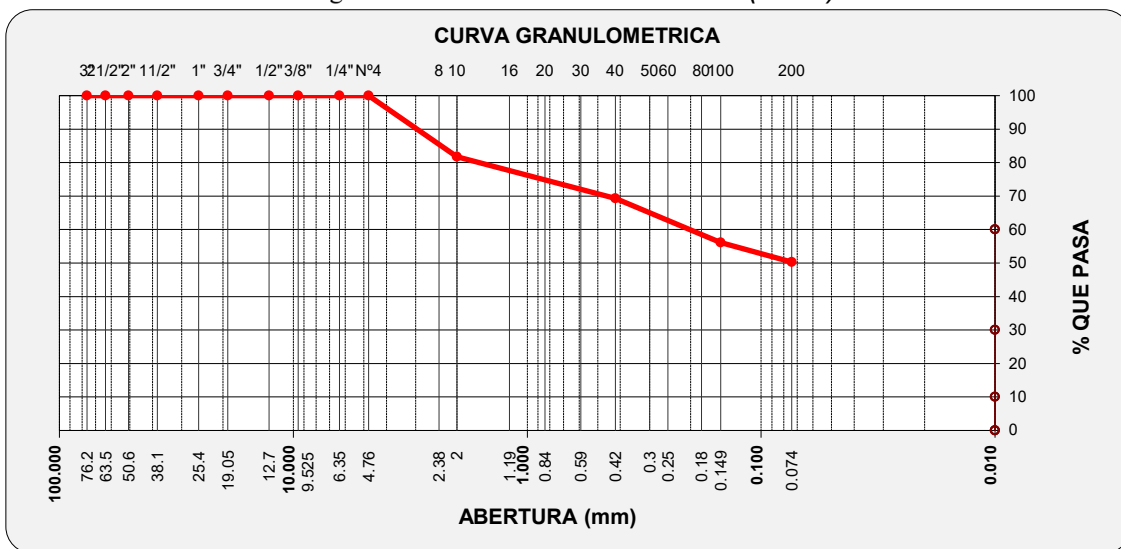
Tipo Agragado	Malla Tamiz	mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
GRAVAS	3"	76.2				100	
	2 1/2"	63.5	0	0	0	100	
	2"	50.6	0	0	0	100	
	1 1/2"	38.1	0	0	0	100	
	1"	25.4	0	0	0	100	
	3/4"	19.05	0	0	0	100	
	1/2"	12.7	0	0	0	100	
ARENA GRUESA	3/8"	9.525	0	0	0	100	
	1/4"	6.35	0	0	0	100	
	No4	4.76	0	0	0	100	
	8	2.36	0	0	0	100	



	10	2	66.5	18.3	18.3	81.7	
	16	1.19	0	0	18.3	81.7	
ARENA FINA	30	0.6	0	0	18.3	81.7	
	40	0.42	45	12.4	30.7	69.3	
	50	0.3	0	0	30.7	69.3	
	100	0.149	48	13.2	43.9	56.1	
	200	0.074	21	5.8	49.7	50.3	
LIMOS Y ARCILLAS	< 200		182.6	50.3	100	0	
Total			363.1	100			

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Figura 25: Curva Granulométrica (C-02)



Clasificación SUCS :	<b>CL-ML</b>	L.L :	22.89
Clasificación AASHTO:	<b>A-4 (3)</b>	I.P :	4.32

### Límites de consistencia

Mediante los límites de consistencia se ha determinado el límite (LL) y el límite plástico (LP) para encontrar el valor del índice plástico (IP).

Tabla 12: Cuadro de Límite Líquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4	
Nº de Golpes	31	26	21	16	
Recipiente Nº	A	B	C	D	
R + Suelo Hum.	28.42	28.30	28.03	29.92	
R + Suelo Seco	25.82		25.58	25.38	26.77
Peso Recip.	13.90		13.71	14.03	13.96
Peso Agua	2.60		2.72	2.65	3.15
Peso S. Seco	11.92		11.87	11.35	12.81
% de Humedad	21.81		22.91	23.35	24.59

Figura 26: Grafico de Limite Liquido (C-02)

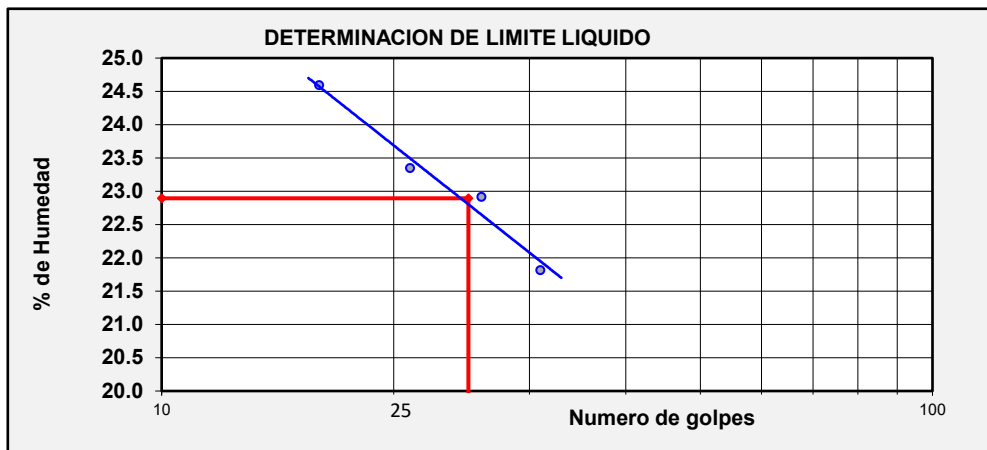


Tabla 13: Cuadro de Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	
Recipiente N°	a	b	c	
R + Suelo Hum.	13.98	13.03	14.58	
R + Suelo Seco	12.89	12.07	13.42	
Peso Recip.	7.03	6.98	7.07	
Peso Agua	1.09	0.96	1.16	
Peso S. Seco	5.86	5.09	6.35	
% de Humedad	18.60	18.86	18.27	18.58

**Definición.** - El ensayo granulométrico del suelo por tamizado, realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C E.I.R.L. Según la clasificación SUCS, demuestra que el material obtenido de la **CALICATA 03**, logra pasar el 50.30 % a la malla N° 200 siendo un material de finos.

El resultado de los límites de consistencia es:

LL=22.89 %

LP=18.58%

Con el resultado de los límites de consistencia (LL Y LP), se determinó el índice de plasticidad (IP) con lo que se obtuvo el siguiente resultado:

$$IP = LL - LP = 22.89 - 18.58 = 5.46\%$$

Esto nos indica que según la carta de plasticidad del sistema de clasificación SUCS se clasifica como Limo Arcilloso (CL) de baja plasticidad.

## Proctor modificado



Figura 27: Compactación de molde a diferente energía de compactación.

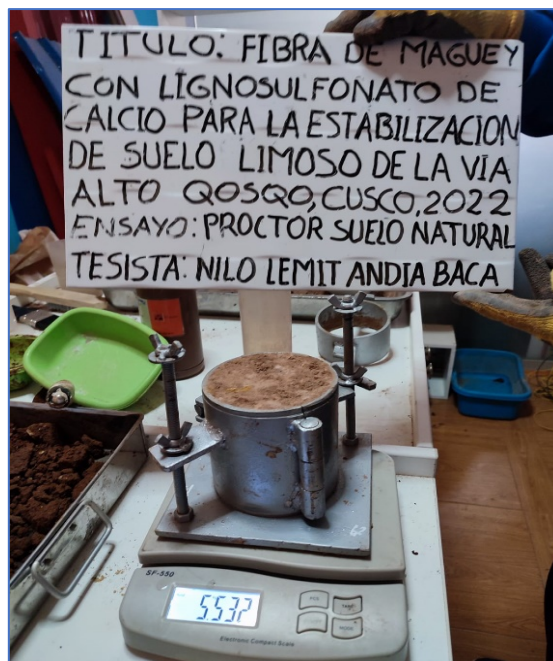


Figura 28: Enrasado y retirado de la placa de base

Una vez realizadas las pruebas de laboratorio de cada uno de los ensayos, se consiguieron los resultados, los cuales fueron procesados de conformidad a la norma ASTM D-1557.

Utilizando estas ecuaciones según la norma se determinó realizando el análisis de las propiedades de suelo, con estos datos se ha establecido la Max. densidad seca y también el contenido de humedad óptimo de compactación.

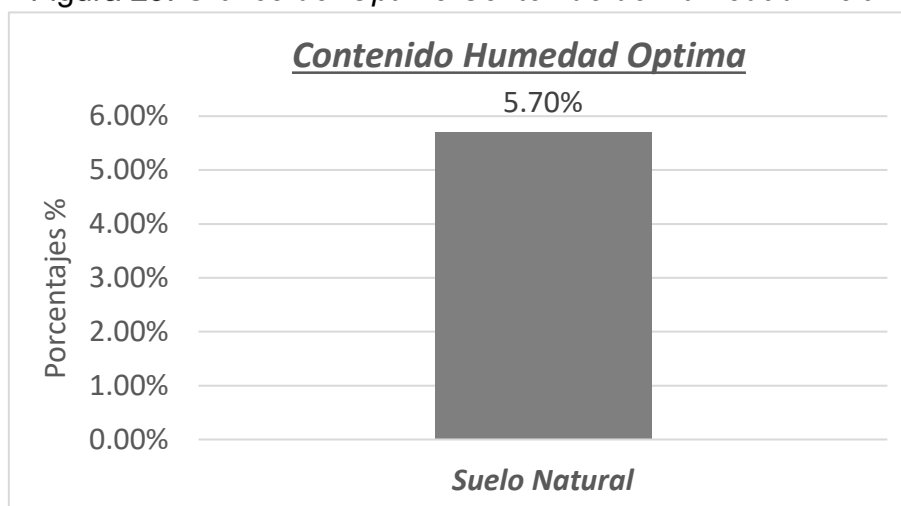
### Obtención de Densidad máxima seca y Cont. óptimo de humedad

#### Muestra Calicata C-1

Tabla 14: Resultados del ensayo Proctor modificado de la muestra N11

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5412	5512	5642	5599
Peso molde (gr.)	3580	3580	3580	3580
Peso suelo compactado (gr.)	1832	1932	2062	2019
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.6	1418.6	1418.6	1418.6
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.291</b>	<b>1.362</b>	<b>1.454</b>	<b>1.423</b>

Figura 29: Gráfico del Óptimo Contenido de Humedad inicial.



Fuente: Elaboración propia

**Definición.** - Del ensayo de Proctor modificado de la muestra natural del suelo, se obtiene como resultado un 5.70% de CONTENIDO DE HUMEDAD.

Tabla 15: Cuadro Resultados Máx. Densidad Seca, Cont. Humedad Óptima

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.09	19.47	15.33	16.27	29.56	30.19	35.00	35.04
Tara + suelo húmedo (gr.)	65.98	64.94	53.20	63.70	51.02	55.83	58.98	60.12
Tara + suelo seco (gr.)	65.09	64.03	52.11	62.26	49.87	54.44	57.32	58.07
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	46.89	45.47	37.87	47.43	21.46	25.64	23.98	25.08
Peso del Suelo Seco (gr.)	46.00	44.56	36.78	45.99	20.31	24.25	22.32	23.03
Peso de agua (gr.)	0.89	0.91	1.09	1.44	1.15	1.39	1.66	2.05
Humedad (%)	1.93	2.04	2.96	3.13	5.66	5.73	7.44	8.90
Promedio	1.99		3.05		5.70		8.17	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.27		1.32		1.38		1.32	
Máx. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.375				Contenido Humedad Óptima (%)		5.7	

Figura 30: Gráfico de Máxima Densidad Seca de la muestra al inicio.



Fuente: Elaboración propia.

**Definición.** - Se realizó el ensayo de Proctor modificado de la muestra natural del suelo, donde se tiene como resultado un 1.38  $\text{gr/cm}^3$  de MÁXIMA DENSIDAD SECA.

Figura 31: Gráfica del ensayo Proctor modificado de la muestra

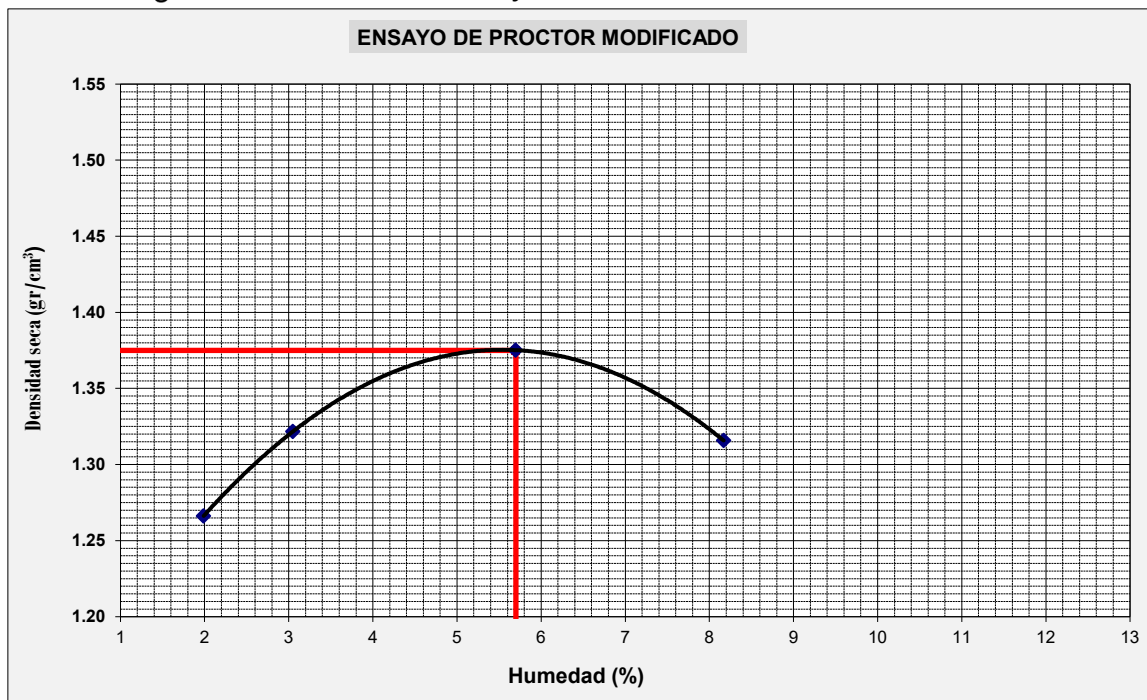
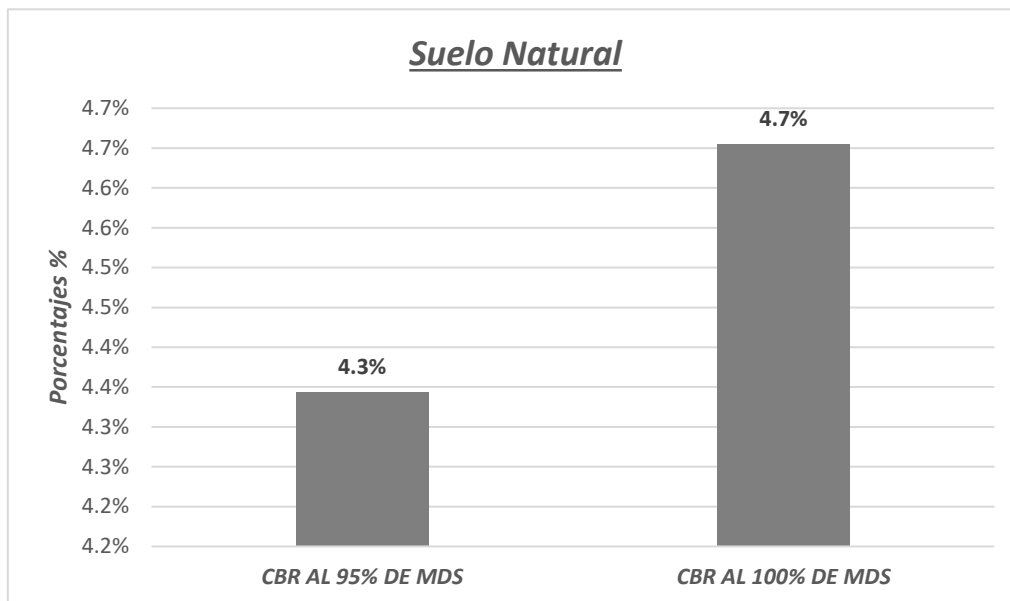


Figura 32: Grafico del CBR de la muestra Natural del suelo



Fuente: Elaboración Propia.

**Definición.** - Al ensayo de CBR, se tiene como referencia la muestra del suelo donde se mide su capacidad portante o resistencia con una penetración al 0.1" el cual nos indica el CBR al 95% un 4.3% y CBR al 100% un 4.7%.

### Contenido de Humedad Óptima al (FM+LC al 1%, 1.5%, 2%)

Figura 33: Fibra de Maguay con Lignosulfonato de Calcio 2%





Tabla 16: *Tabla de datos de contenido humedad óptima*

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.55	20.35	20.26	20.43	20.33	20.33	20.36	20.31
Tara + suelo húmedo (gr.)	150.45	134.31	161.32	161.41	161.00	121.67	121.37	160.49
Tara + suelo seco (gr.)	147.84	132.03	156.09	157.14	154.06	116.75	114.76	151.24
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	129.90	113.96	141.06	140.98	140.67	101.34	101.01	140.18
Peso del Suelo Seco (gr.)	127.29	111.68	135.83	136.71	133.73	96.42	94.40	130.93
Peso de agua (gr.)	2.61	2.28	5.23	4.27	6.94	4.92	6.61	9.25
Humedad (%)	2.05	2.04	3.85	3.12	5.19	5.10	7.00	7.06
Promedio	2.05		3.49		5.15		7.03	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.353		1.394		1.423		1.346	

Contenido Humedad Óptima (%)	5.15
------------------------------	------

**Definición.** – Para determinar el contenido humedad óptimo dosificado, se aplicó al suelo patrón el agente estabilizante de fibra de maguey tratado con lignosulfonato de calcio en dosificaciones de 1%, 1.5%, 2% con una longitud de 4 cm. del peso del suelo patrón junto al porcentaje de humedad y colocar el material al molde y golpear con el pisón por capas.

#### Máxima Densidad Seca (FM+LC al 1%, 1.5%, 2%)

Figura 34: Testigos con dosificaciones al 0%, 1%, 1.5% y 2%



Tabla 17: Dosificación para Max. Densidad Seca

MUESTRAS	ADICIONAMIENTO	DOSIFICACIÓN
(C-1)	Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	0%
(C-1)	Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	1%
(C-1)	Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	1.5%
(C-1)	Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	2%

**Definición.** – para determinar la Max. Densidad seca se realizó el ensayo Proctor modificado, el cual se procede con la aplicación del agente estabilizante al suelo natural incorporando la fibra de maguey tratado con lignosulfonato de calcio en dosificaciones de 1%, 1.5%, 2% con una longitud de 4 cm. respecto al peso del suelo patrón.

**California Bearing Ratio (CBR) - (FM+LC 1%, 1.5%, 2%)**



Figura 35: Ensayo de Saturación



Figura 36: Ensayo de compresión CBR

**Definición.** – para determinar el CBR se realizó previamente el ensayo de Proctor modificado con el estabilizante de fibra de maguey tratado con lignosulfonato de calcio en dosificaciones de 1%, 1.5%, 2% con una longitud de 4 cm, y se sumergió en agua durante 5 días tomando la muestra de expansión, seguidamente se saca el molde y se deja escurrir para luego colocar a la prensa el cual ajusta el testigo y se hace la lectura de presión ejercida para calcular el esfuerzo de soporte.



## Resultados de Ascensión Capilar (FM+LC al 1%, 1.5%, 2%)



Figura 37: Ensayo de Ascensión Capilar



Figura 38: Absorción de humedad

**Definición.** - para determinar la ascensión se realizó el ensayo de compactación de las dosificaciones de 0%, 1%, 1.5%, 2% de fibra de maguey con lignosulfonato de calcio con una longitud de 4 cm, seguidamente los testigos fueron llevados al horno de secado y posteriormente se realizó el ensayo de capilaridad con las diferentes dosificaciones, colocando los testigos en un recipiente con una altura de 1 cm de agua expuestas durante 60 min.

### Método de análisis de datos

El procesado de datos mediante una ficha técnica de campo, análisis de datos recolectados, esta investigación servirá como antecedente de futuras investigaciones en el estudio de estabilización de suelos con los métodos aplicados.

El análisis y pruebas de laboratorio: Al registrado los datos se analizó en forma analítica e interpretativa para extraer resultados y formular las conclusiones.

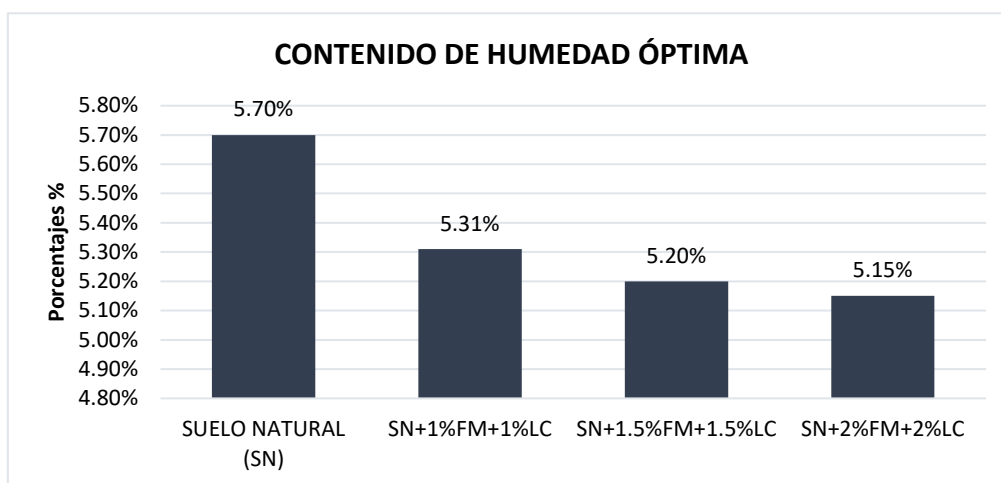
### Aspectos éticos

En el proyecto de investigación que se realiza, se toma en cuenta los principios éticos, donde la información de los trabajos, como el levantamiento de datos y otros estudios serán verdaderos, el cual debe reflejar el profesionalismo del desarrollo del trabajo de investigación, respetando la propiedad intelectual, las cuales se anexarán al final.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Contenido de Humedad Óptima

Figura 39: Gráfica de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%,2% en C.H.O.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Porcentajes de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%,2% en CHO.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)</b>	<b>Sistema de clasificación de suelos (AASHTO)</b>	<b>Porcentaje de dosificación (%)</b>	<b>Contenido humedad óptima (%)</b>	<b>Variación en porcentaje respecto al SN</b>
<i>Suelo natural</i>	CL-ML	A-4 (3)	0%	5.70 %	100%
<i>Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio</i>	CL-ML	A-4 (3)	1%	5.31 %	93.16 %
	CL-ML	A-4 (3)	1.5%	5.20 %	91.23 %
	CL-ML	A-4 (3)	2%	5.15 %	90.35 %

Fuente: Elaboración Propia

#### Interpretación:

Se puede observar según la figura 32 y tabla 16 que al añadir fibra de maguey tratado con lignosulfonato de Calcio a la muestra de suelo natural se obtiene un CHO. de 5.70%, y tiende a disminuir el contenido de Humedad Optimo hasta un 5.15% al estar aumentando la cantidad de la dosificación de FM+LC, donde se evidencia que influye ligeramente en el contenido de humedad con una diferencia de 9.65 % que es menor a la del suelo natural más crítica.

## Contrastación de Hipótesis:

Tabla 19: Normalidad (Contenido de Humedad Óptima)

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Contenido de Humedad Óptima	,298	4	.	,843	4	,206
Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	,192	4	.	,971	4	,850

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics

### Planteamiento de Normalidad

Hipótesis para normalidad

H0: Los datos de la variable de Contenido de Humedad Óptima tiene normalidad

H1: Los datos de la variable Contenido de Humedad Óptima no tiene normalidad

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

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna

Si  $p\text{-valor} = 0.206$ , reemplazando que  $0.206 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula.

En conclusión: la variable de Contenido de Humedad Óptima tiene normalidad por lo tanto se usó el sistema de correlación de Pearson.

### Planteamiento de Correlación de Pearson

Hipótesis para la correlación de Pearson

H0: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio no influye en el Contenido Humedad Óptimo

H1: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el Contenido Humedad Óptimo

Tabla 20: *Correlación (Contenido de Humedad Óptima)*

Correlaciones			
		Contenido de Humedad Óptima	Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio
Contenido de Humedad Óptima	Correlación de Pearson	1	-,971*
	Sig. (bilateral) <b>p-valor</b>		,029
	N	4	4
Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	Correlación de Pearson	-,971*	1
	Sig. (bilateral)	,029	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

*Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics*

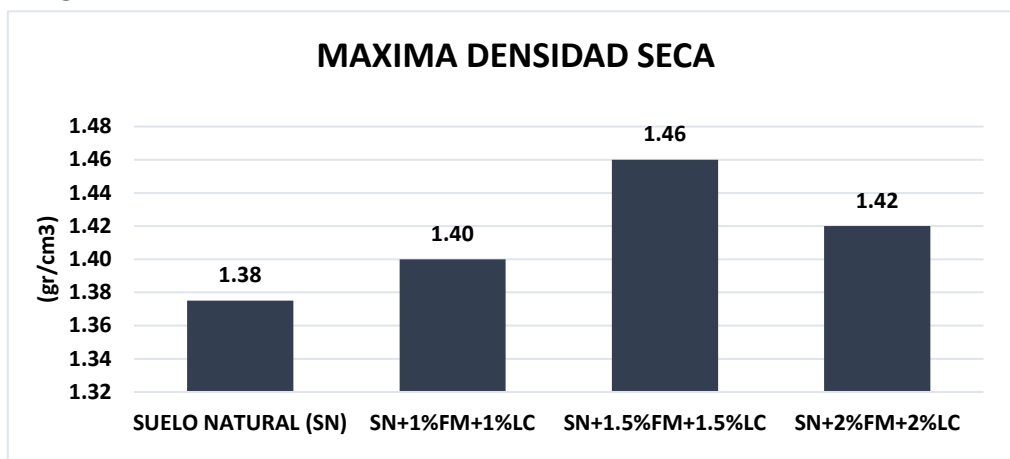
Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna

p-valor = 0.029; reemplazando que  $0.029 < 0.05$  entonces aceptar la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística para indicar que La Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el Contenido Humedad Optimo, pero tiene una correlación de Pearson de manera inversa y negativa ( $r=0.971$ ). Se acepta la hipótesis para este estudio ya que la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio si influye en el Contenido Humedad Optimo disminuyendo con cada dosificación para la estabilización de suelo limoso de la vía alto Qosqo, san Sebastián, cusco, 2022

#### 4.2. Máxima Densidad Seca (FM+LC al 1%, 1.5%, 2%)

Figura 40: *Gráfica de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%,2% en M.D.S.*



*Fuente: Elaboración Propia*

Tabla 21: Categorías de CBR para sub rasante

<b>MÁXIMA DENSIDAD SECA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)</b>	<b>Sistema de clasificación de suelos (AASHTO)</b>	<b>Porcentaje de dosificación (%)</b>	<b>Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Variación en porcentaje respecto al SN</b>
<i>Suelo natural</i>	CL-ML	A-4 (3)	0%	1.38 gr/cm <sup>3</sup>	100 %
<i>Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio</i>	CL-ML	A-4 (3)	1%	1.40 gr/cm <sup>3</sup>	101.45 %
	CL-ML	A-4 (3)	1.5%	1.46 gr/cm <sup>3</sup>	105.80 %
	CL-ML	A-4 (3)	2%	1.42 gr/cm <sup>3</sup>	102.90 %

Fuente: Elaboración Propia

### Interpretación:

De la prueba realizada en laboratorio donde se hizo la dosificación al suelo limoso de la calicata más crítica del sector donde se viene realizando el estudio, se puede observar en la figura 33 y tabla 19 que al añadir fibra de maguey tratado con lignosulfonato de Calcio a la muestra de suelo natural tiende a aumentar la Máxima Densidad Seca del suelo limoso con cada dosificación hasta llegar a una diferencia de 0.08 gr/cm<sup>3</sup> entre el suelo natural y la dosificación del 1.5%, y tiende a decaer un 0.04 gr/cm<sup>3</sup> en la dosificación al 2 % de FM+LC. Finalmente se puede observar que a mayor adición la tendencia es disminución de la Max. Densidad Seca.

### Contrastación de Hipótesis:

Tabla 22: Normalidad (Máxima Densidad Seca)

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Máxima Densidad Seca	,224	4	.	,929	4	,589
Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	,192	4	.	,971	4	,850

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics

### **Planteamiento de Normalidad**

Hipótesis para normalidad

H0: Los datos de la variable Máxima Densidad Seca tiene normalidad

H1: Los datos de la variable Máxima Densidad Seca no tiene normalidad

*Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05 = 5%$  (por lo que el nivel de confianza es al 95%)*

Si p-valor  $\leq 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna

Si p-valor = 0.589, reemplazando que  $0.589 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula.

En conclusión: la variable de Máxima Densidad Seca tiene normalidad por lo tanto se usó el sistema de correlación de Pearson.

### **Planteamiento de Correlación de Pearson**

Hipótesis para la correlación de Pearson

H0: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio no influye en la Máxima Densidad Seca

H1: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Máxima Densidad Seca

Tabla 23: Normalidad (Contenido de Humedad Óptima)

<b>Correlaciones</b>			
		Máxima Densidad Seca	Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio
Máxima Densidad Seca	Correlación de Pearson	1	,952*
	Sig. (bilateral) p-valor		,048
	N	4	4
Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	Correlación de Pearson	,952*	1
	Sig. (bilateral)	,048	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

*Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics*

Si p-valor  $\leq 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna

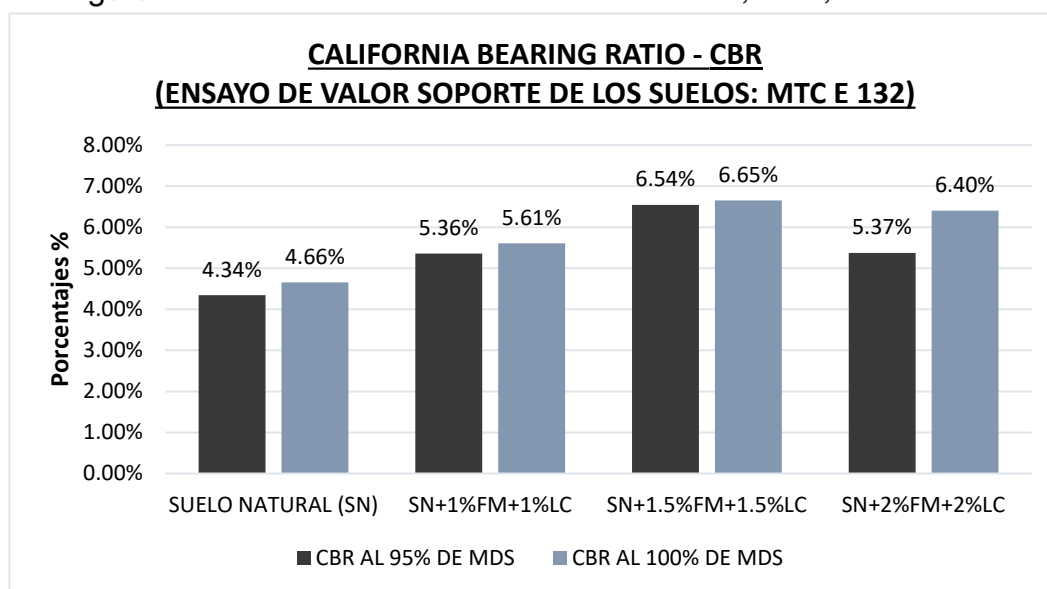
p-valor = 0.048; reemplazando  $0.048 < 0.05$  entonces se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística significativa para indicar que la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Máxima Densidad Seca, pero tiene una correlación de Pearson de manera directa y positiva ( $r=0.952$ ).

Se acepta la hipótesis para este estudio ya que la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio al 1.5%, afecta positivamente en el estudio debido a que dio un mejor resultado para la Máxima Densidad Seca a favor de una mejor compactación para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, cusco, 2022.

#### 4.3. California Bearing Ratio (CBR) - (FM+LC 1%, 1.5%, 2%)

Figura 41: Gráfica de dosificaciones FM+LC 1%, 1.5%, 2% en CBR.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Categorías de CBR para sub rasante

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)</b>					
Descripción	Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)	Sistema de clasificación de suelos (AASHTO)	Porcentaje de dosificación (%)	California Bearing Ratio (CBR al DMS 95%)	Variación en porcentaje respecto al SN
Suelo natural	CL-ML	A-4 (3)	0%	4.34 %	100 %
Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	CL-ML	A-4 (3)	1%	5.36 %	123.50 %
	CL-ML	A-4 (3)	1.5%	6.54 %	150.69 %
	CL-ML	A-4 (3)	2%	5.37 %	123.73 %

Fuente: Elaboración Propia

## Interpretación:

En el ensayo de CBR en laboratorio que se obtuvieron se observar en la figura 35 y tabla 22 que existe un mejor comportamiento en la estabilidad del suelo limoso al incorporar el 1.5% Fibra de Maguey con lignosulfonato de calcio, con una diferencia de 50.69% por encima del CBR del suelo natural más crítico, resultando ser más óptimos para la estabilización de suelo limoso para este estudio, también esto mejora las propiedades de Flexión por tracción y la resistencia a la compresión por las características de las fibras de maguey.

Tabla 25: *Categorías de CBR para sub rasante (MTC E 132)*

Categoría de Subrasante	CBR
Subrasante Inadecuada	CBR<3%
Subrasante Pobre	3%≤CBR<6%
Subrasante Regular	6%≤CBR<10%
Subrasante Buena	10%≤CBR<20%
Subrasante Muy buena	20%≤CBR<30%
Subrasante Excelente	CBR≥30%

Fuente: (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2014) - Sección suelos y Pavimentos.

## Contrastación de Hipótesis:

Tabla 26: *Normalidad (Resistencia CBR)*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia CBR	,265	4	.	,900	4	,444
Fibra de Maguey con lignosulfonato de Calcio	,192	4	.	,971	4	,850

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: *Elaboración propia en IBM SPSS Statistics*

## Planteamiento de Normalidad

Hipótesis para normalidad

H0: Los datos de la variable de Resistencia CBR tiene normalidad



H1: Los datos de la variable de Resistencia CBR no tiene normalidad

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

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna

Si  $p\text{-valor} = 0.444$ , reemplazando que  $0.444 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula.

En conclusión: la variable de Resistencia CBR tiene normalidad por lo tanto se usó el sistema de correlación de Pearson.

### **Planteamiento de Correlación de Pearson**

Hipótesis para la correlación de Pearson

H0: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio no influye en la Resistencia CBR

H1: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Resistencia CBR

Tabla 27: Normalidad (Contenido de Humedad Óptima)

<b>Correlaciones</b>			
		Resistencia CBR	Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio
Resistencia CBR	Correlación de Pearson	1	,951*
	Sig. (bilateral) <b>p-valor</b>		,049
	N	4	4
Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	Correlación de Pearson	,952*	1
	Sig. (bilateral)	,048	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: *Elaboración propia en IBM SPSS Statistics*

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna

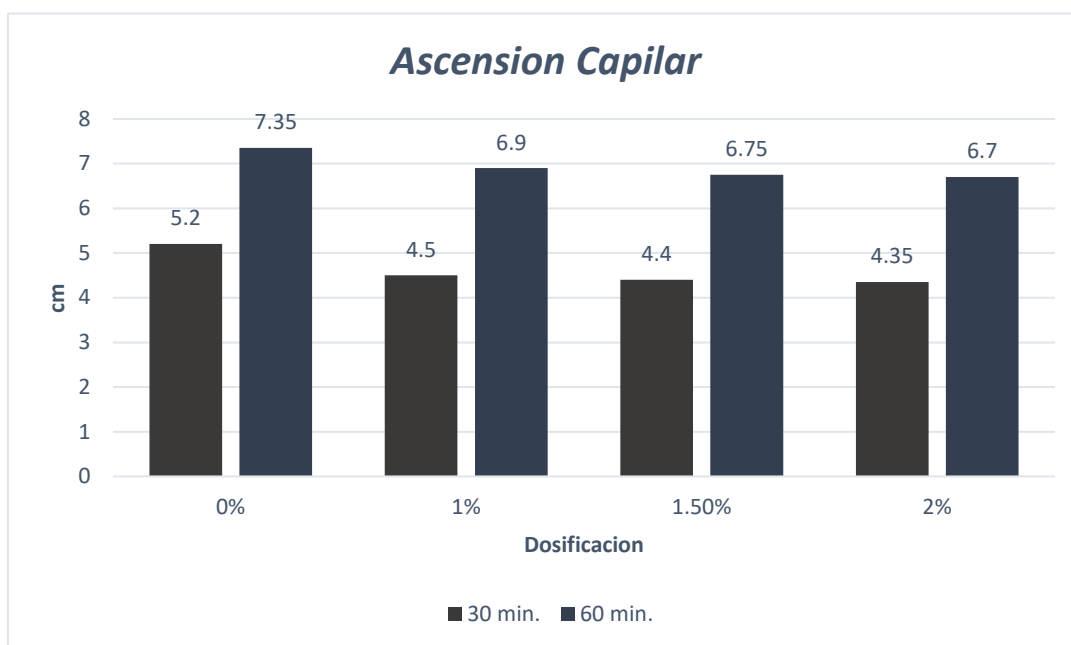
$p\text{-valor} = 0.049$ ; reemplazando  $0.049 < 0.05$  entonces se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística significativa para indicar que La Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Resistencia CBR, pero tiene una correlación de Pearson de manera directa y positiva ( $r=0.951$ ).

Se acepta la hipótesis para este estudio ya que la aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio al 1.5 % influye positivamente en el CBR % para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, san Sebastián, cusco, 2022. Según la tabla 19 se observa que los porcentajes de CBR mayor o igual al 6 % están en la categoría de Regulares para mejoramiento de subrasante.

#### 4.4. Resultados de Ascensión Capilar

Figura 42: Gráfica de dosificaciones FM+LC 1%,1.5%,2% Ascensión Capilar.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28: Categorías de CBR para sub rasante

<b>ASCENSION CAPILAR</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)</b>	<b>Sistema de clasificación de suelos (AASHTO)</b>	<b>Porcentaje de dosificación (%)</b>	<b>Ascension Capilar (cm)</b>	<b>Variación en porcentaje respecto al SN</b>
Suelo natural	CL-ML	A-4 (3)	0%	7.35 cm	100 %
Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio	CL-ML	A-4 (3)	1%	6.90 cm	93.88 %
	CL-ML	A-4 (3)	1.5%	6.75 cm	91.84 %
	CL-ML	A-4 (3)	2%	6.70 cm	91.16 %

Fuente: Elaboración Propia

### Interpretación:

Las pruebas realizadas a los testigos en laboratorio para determinar Ascensión capilar cuyas dosificaciones se emplearon al 1%, 1.5%, 2%, según la figura 36 y tabla 26 se aprecia que se obtuvieron resultados similares las todas las dosificaciones con un rango mínimo que alcanzó los 6.7cm de altura de absorción de agua, con una diferencia de 8.84% respecto al suelo natural más crítico, esto nos da a entender que la fibra de maguey no impermeabiliza el suelo.

### Contrastación de Hipótesis:

Tabla 29: Normalidad (Ascensión Capilar)

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ascensión Capilar	,284	4	.	,848	4	,218
Fibra de Maguey con lignosulfonato de Calcio	,192	4	.	,971	4	,850

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics

### Planteamiento de Normalidad

Hipótesis para normalidad

H0: Los datos de la variable de Ascensión Capilar tiene normalidad

H1: Los datos de la variable de Ascensión Capilar no tiene normalidad

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

Si p-valor  $\leq 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna

Si p-valor = 0.218, reemplazando que  $0.218 > 0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula.

En conclusión: la variable de Ascensión Capilar tiene normalidad por lo tanto se usó el sistema de correlación de Pearson.

### Planteamiento de Correlación de Pearson

Hipótesis para la correlación de Pearson

H0: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio no influye en la Ascensión Capilar.

H1: La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Ascensión Capilar.

Tabla 30: Normalidad (Contenido de Humedad Óptima)

Correlaciones			
		Ascensión Capilar	Fibra de Maguey con lignosulfonato de Calcio
Ascensión Capilar	Correlación de Pearson	1	-,973*
	Sig. (bilateral) <b>p-valor</b>		,027
	N	4	4
Fibra de Maguey con lignosulfonato de Calcio	Correlación de Pearson	-,973*	1
	Sig. (bilateral)	,027	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: *Elaboración propia en IBM SPSS Statistics*

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna

$p\text{-valor} = 0.027$ ; reemplazando  $0.027 < 0.05$  entonces se acepta la hipótesis Alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística significativa para indicar que la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la Ascensión Capilar, pero tiene una correlación de Pearson de manera inversa y negativa ( $r=0.927$ ). Se acepta la hipótesis para este estudio ya que la aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye Ascensión Capilar para la estabilización de suelo limoso, pero no de forma significativa ya que los resultados son similares en todas las dosificaciones.

## **V. DISCUSIONES**

### **5.1. Indicador: Contenido de Humedad Óptimo**

Según (AISWARYA T., et al., 2015) en su investigación menciona la incorporación de 0.8% y 1% de Fibra de palmera en suelo limoso, donde se obtuvo como resultados de laboratorio del suelo para un patrón de 38,75% de C.H.O y al incorporar el 1 % de fibra de palmera tratada con hidróxido de sodio al 5% dio un resultado más bajo de 37% de C.H.O. disminuye un 4.52% de contenido óptimo de humedad.

Según (GUERRA, 2019) en su investigación menciona la incorporación de 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de pseudotallo de plátano en un suelo arcilloso, se obtuvo un resultado respecto al suelo patrón de 30% C.H.O. y al incorporar las dosificaciones se obtienen resultados de 26.20%, 24% y 21.50% en el C.H.O. disminuyendo respecto al suelo patrón un 28.33% con la dosificación al 0.75% de fibra. En la presente investigación, el suelo patrón muestra un resultado de contenido óptimo de humedad de 5.70%, pero al incorporar las dosificaciones del 1%, 1.5%, 2% de fibra de maguey arroja resultados de 5.31%, 5.20% y 5.15% de C.H.O., disminuyó un 9.64% en el contenido de Humedad Óptimo.

Comparando la aplicación de fibras, los ensayos en ambas investigaciones presentaron resultados: en la investigación de (AISWARYA T., et al., 2015) y (GUERRA, 2019) se obtuvo una disminución del Contenido de Humedad Óptimo, en contraste a la presente investigación se realizó tres ensayos y se evidenció una disminución de Contenido de Humedad óptimo con cada dosificación aplicada, se concuerda con los resultados de ambas investigaciones de contenido óptimo de humedad.

### **5.2. Indicador Máxima Seca: Densidad**

Según (RAMOS, 2020) en su investigación mencionan la incorporación de 10%, 15% y 20% de Fibra de cabuya donde obtuvo como resultado de laboratorio del suelo Natural 2.03 gr/cm<sup>3</sup> de M.D.S, al incorporar las dosificaciones arrojan resultados de 2.07gr/cm<sup>3</sup>, 2.08gr/cm<sup>3</sup> y 2.10gr/cm<sup>3</sup> de máxima densidad seca, aumentando un 6.7%.

Según (SALAZAR, et al., 2021) en su investigación mencionan la incorporación de 0.25%, 0.5% y 1% de Fibra de Cabuya, donde obtuvo como resultado de laboratorio del suelo patrón 1.868 gr/cm<sup>3</sup> de MDS y al incorporar las dosificaciones dio resultados de 1.87gr/cm<sup>3</sup>, 1.88gr/cm<sup>3</sup>, 1.89gr/cm<sup>3</sup> y 1.90gr/cm<sup>3</sup> de MDS, aumentando un 1.71% en la máxima densidad seca. En la presente investigación, el suelo patrón muestra un resultado de Max. Densidad Seca de 1.38 gr/cm<sup>3</sup>, pero al incorporar las dosificaciones del 1%,1.5%,2% de fibra de maguey arroja resultados de 1.40 gr/cm<sup>3</sup>,1.46gr/cm<sup>3</sup> y 1.42 gr/cm<sup>3</sup> obteniendo un aumento en la Max. Densidad Seca.

Comparando la aplicación de las dosificaciones en los ensayos de las investigaciones que realizaron (RAMOS, 2020) y (SALAZAR, et al., 2021), se evidencio un incremento de la máxima densidad seca, en contraste con los resultados de la presente investigación, al ejecutar tres ensayos se evidenció un incremento de máxima densidad seca con cada dosificación aplicada, se concuerda con los resultados de las otras investigaciones.

### **5.3. Indicador: CBR**

Según (SALAZAR, et al., 2021) en su investigación mencionan la incorporación de 0.25%, 0.5% y 1% de Fibra de Cabuya para un suelo de tipo arcilla limo inorgánica, donde obtuvo como resultado de laboratorio del suelo patrón de 9.2% de CBR y al incorporar las dosificaciones de fibra de Cabuya dio resultados de 9.9%, 9.9% y 10.8% de CBR, aumentando un 17.39% respecto al patrón en el CBR. En la presente investigación, el suelo patrón muestra un resultado de CBR de 4.66%, pero al incorporar las dosificaciones del 1%,1.5%,2% de fibra de maguey arroja resultados de 5.60%, 6.70% y 6.40, resultando un aumento del patrón con el resultado más alto de CBR de 43.77%.

En comparación con la aplicación de fibras de Maguey, los ensayos en ambas investigaciones presentaron un aumento de la de CBR, en la investigación de (SALAZAR, et al., 2021) al realizar el análisis de las propiedades del suelo de las tres pruebas se obtuvo un incremento del CBR, en equiparación con los resultados obtenidos de los ensayos realizados también se observó un incremento en el CBR con cada dosificación aplicada, por lo que se concuerda con los resultados obtenidos en ambas investigaciones.

#### **5.4. Indicador: Ascensión Capilar**

Según (LUNA, et al., 2021) en su investigación mencionan la incorporación de 2%, 6% y 15% de Fibra de Agave obteniendo como resultados realizados en laboratorio respecto al suelo patrón con absorción de agua con una altura de 6.64 cm, con la adición Fibra de Agave al suelo patrón se obtuvieron un resultado de 6.20cm, 6.23cm y 6.18cm de altura en el ensayo de ascensión capilar, resultando una disminución del 6.93%. De los resultados obtenidos en la presente investigación, el suelo patrón muestra un resultado de Ascensión Capilar para un tiempo transcurrido de 60 min mostrando una absorción de agua con una altura de 7.35 cm, pero al incorporar las dosificaciones del 1%, 1.5%, 2% de fibra de maguey con lignosulfonato de calcio arroja resultados de 6.90cm, 6.75cm, 6.70cm, resultando una disminución de absorción de agua con la dosificación del 2% con una diferencia de 8.84%.

Realizando la comparación de ambas investigaciones se determinó que en la investigación de (LUNA, et al., 2021) se obtuvieron resultados del comportamiento de absorción con la prueba de ascensión capilar observando una disminución con la aplicación de cada dosificación, respecto a la investigación realizada se obtuvo resultados similares con la disminución de absorción de humedad, por lo que se concuerda con los resultados de las otras investigaciones.

## **VI. CONCLUSIONES**

### **Objetivo 1:**

Identificar en qué medida la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el Contenido Humedad Óptimo para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022.

*Conclusión 1:* En la presente investigación se ha determinado que la adición de fibra de maguey influye positivamente dado que disminuye el contenido de humedad óptimo de la siguiente Manera; para 1% ha disminuido en 0.39% respecto al patrón, para 1.5% ha disminuido el 0.50% y para el 2% disminuyó en 0.55%, según se indica en la figura 39 y tabla 18. De lo mencionado se puede concluir que a mayor contenido de fibra de maguey aumenta la disminución de contenido de humedad óptimo.

### **Objetivo 2:**

Evaluar de qué manera la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio afecta en la Max. Densidad Seca para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022.

*Conclusión 2:* De los resultados obtenidos en la presente investigación se ha evaluado que la adición de fibra de maguey con Lignosulfonato de Calcio influye positivamente dado que disminuye la Max. Densidad Seca de la siguiente Manera; para 1% ha aumentado en 101.45% respecto al suelo patrón, para 1.5% ha aumentado el 105.80% y para el 2% aumentado en 102.90%, según se indica en la figura 40 y tabla 21. Se puede definir del estudio que a mayor contenido de fibra de maguey aumenta la disminución de la Max. Densidad Seca favoreciendo el proceso de compactación.

### **Objetivo 3:**

Calcular en qué medida la aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el CBR % para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022.

*Conclusión 3:* Del cálculo obtenido en la investigación realizada se define que la adición de fibra de maguey con Lignosulfonato de Calcio influye positivamente dado que aumenta el CBR de la siguiente Manera; para 1% ha aumentado en



123.50%, respecto al suelo patrón, para 1.5% ha aumentado el 150.69% y para el 2% aumentado en 123.73%, según se indica en la figura 41 y la tabla 24. Se puede determinar que a mayor contenido de fibra de maguey aumenta positivamente el CBR, además se observa que a mayor porcentaje de fibra de maguey la tendencia de los resultados es de disminución obteniéndose el valor máximo para 1.5%. Según el Manual de suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Suelos y Pavimentos, los porcentajes de dosificación que cumplen con el CBR mínimo requerido (6%) son 1.5 y 2%.

#### **Objetivo 4:**

Evaluar de qué manera la aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio afecta en la Ascensión Capilar para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022.

*Conclusión 4:* De los resultados de la investigación obtenidos, se ha definido que la adición de fibra de maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la ascensión Capilar para suelos limosos de baja plasticidad de la siguiente Manera; para 1% ha disminuido en 93.88% respecto al suelo patrón, para 1.5% ha disminuido el 91.84% y para el 2% ha disminuido en 91,16%, según se indica en la figura 42 y tabla 28. Se puede precisar del estudio que las dosificaciones tuvieron una reducida disminución de 8.84% con la absorción de agua respecto al suelo patrón.

#### **Objetivo General:**

Con la adición de fibra de maguey con lignosulfonato de calcio se ha determinado que influye positivamente en la estabilización del suelo limoso de la vía alto Qosqo, disminuyendo el contenido óptimo de humedad con la dosificación al 2%; también mejora la Máxima densidad seca en favor del proceso de compactación con la dosificación del 1.5%; mejora el CBR aumentando la capacidad portante del suelo con la dosificación de 1.5%; y la ascensión capilar se mantuvo para las distintas dosificaciones. Finalmente, la dosificación óptima que influye en la subrasante de suelo limoso es la del 1.5% de fibra de maguey con lignosulfonato de calcio.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayo en otros tipos de suelos (gravas, arenas) adicionando fibra de maguey con lignosulfonato de calcio con la finalidad de obtener una mejor perspectiva de los suelos de la región del cusco. Se recomienda también realizar el estudio en laboratorio de la fibra de maguey con la finalidad de obtener sus propiedades.
- Utilizar la fibra de maguey con lignosulfonato de calcio en una dosificación del 1.5% para incrementar la máxima densidad seca de un suelo limoso de baja plasticidad esto para obtener una buena compactación y densificación.
- Realizar los ensayos de capacidad soporte del suelo (CBR), con otras dosificaciones de fibra de maguey con lignosulfonato de calcio para estabilización de suelo, dado que los resultados evidenciaron un incremento de la capacidad de resistencia de la subrasante al aumentar la dosificación.
- Usar la fibra de maguey con lignosulfonato de calcio ante la ascensión capilar en suelo limoso de baja plasticidad esto a causa que los resultados en esta investigación disminuyeron de 7.35 cm a 6.7cm la altura de ascensión capilar, con una influencia de 8.84% con respecto al suelo natural.

## REFERENCIAS

ABREU LEJANO, Bernardo y DE VERA PINEDA, Kyle Solomon. 2018. *Investigation of the effects of different natural fibers on the strength of Compressed Stabilized Earth Blocks (Cseb)*. International Journal of GEOMATE, s.l. : 2018.

AGUIRRE ESPINOZA, EDWAR y DE LA TORRE DUEÑAS, Cleto. 2019. *Metodología de la investigación científica*. s.l. : Distribuidora, Imprenta, Editorial, Librería Moshera S.R.L., 2019.

AGUIRRE FUELANTALA, Guillermo Alberto y FUEL VALENCIA, Jairo Fernando. 2021. *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos finos mediante la adición de residuos sólidos provenientes de fibras vegetales*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogota : 2021.

AISWARYA T., S and DEEPHY B., L. 2015. Effect of Untreated and Treated Oil Palm Fibre on Compaction and Shear Strength Characteristics of Soil. *International journal of engineering research and technology*. [Online] 2015. ISSN: 2278-0181.

ANGULO ROLDAN, Mariselva and ZAVALA PAPA, Cintia Nicol. 2020. *Estabilización de los suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas como capa de rodadura*. FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA - UCP, Iquitos : 2020.

ASTM. *ASTM D-1883 Método de prueba estándar para la proporción de rodamientos de California (CBR) de suelos compactados en laboratorio*. s.l. : ASTM, Normas.

BAENA PAZ, Guillermina. 2017. *Metodología de la investigación*. 3a Edición. Mexico : Grupo Editorial Patria, 2017.

BOEIRO, Alvaro. 2020. El sistema de clasificación de suelos AASHTO. *Geo*. [En línea] 2020. <https://geo-webonline.com/el-sistema-de-clasificacion-de-suelos-aashto/>.

BOOKCIVIL. 2019. Clasificación del suelo de acuerdo a SUCS y AASHTO . *Clasificación del suelo de acuerdo a SUCS y AASHTO* . [En línea] 15 de Octubre

de 2019. <https://www.bookcivil.com/ciclo-basico/clasificacion-del-suelo-de-acuerdo-a-sucs-y-aahsto-excel/>.

BORSELLI, Lorenzo. 2021. *GEOTECNIA I*. Instituto de Geología, facultad De Ingeniería, UASLP, Potosi : 2021.

CABEZAS, Erick Julian y SERRANO, Yesica Fernanda. 2019. Evaluación de la resistencia de un suelo grueso reforzado con fibras de coco (cocotero, cocos nucifera). [En línea] Septiembre de 2019. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6481>.

CABIA ADRIANO, Kelia Gregoria y ESPINOZA ROMERO, Gonzalo Aquino. 2021. *Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos usando fibra de cabuya y bambú, Las Moras – Huánuco 2021*. Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2021.

CADENA JEREZ, Jherson Andrés y ROMÁN RUEDA, Silvia Fernanda. 2020. *Clasificación de suelos en el municipio de Girón (Santander, Colombia) por medio de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg*. Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga : 2020.

CONDORI TAIPE, Anylu Vilma y SOLANO PEÑALOZA, Yair Anderson. 2019. *INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY EN LA COMPRESIÓN, TRACCIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOBE*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica : 2019.

CONSTRUMATICA. 2021. Ensayo CBR. *Ensayo CBR*. [En línea] 29 de Noviembre de 2021. [https://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo\\_CBR](https://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR).

FERNÁNDEZ, Mariano T., et al. 2021. Performance of calcium lignosulfonate as a stabiliser of highly expansive clay. [Online] Marzo 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214391220303573>. ISSN 2214-3912.

FRANCH, Juan. 2013. Geosuport. *Geosuport*. [En línea] 6 de Enero de 2013. <https://estudiosgeotecnicos.info/index.php/descriptores-geotecnicos-5-plasticidad-limites-de-atterberg-y-consistencia/#comment-24827>.

GUERRA, Kehila Bethsua. 2019. *Capacidad portante (CBR) de tres suelos arcillosos incorporando fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes*. Universidad Privada del Norte (UPN, Cajamarca, Perú : 2019.

HERNANDES SAMPIERI, Roberto, FERNANDES COLLADO, Carlos and BAPTISTA LUCIO, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*.

KURNAZ, Fikret y KAYA, Yilmaz. 2019. ResearchGate. [En línea] Jul. de 2019.

Li, Guoyu, y otros. 2019. Engineering properties of loess stabilized by a type of eco-material, calcium lignosulfonate. *Revista árabe de geociencias*. [En línea] Octubre de 2019. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4876-0>.

LUNA, Edwin and QUISPE, Gandy. 2021. *Fibras de agave americana tratada con óxido de calcio en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de pavimentos rígidos en la ciudad de Cusco*. Universidad Continental, Cusco, Perú : 2021.

MACG Ingeniería y Geotecnia. *macgingenieriacivil. macgingenieriacivil*. [En línea] <https://www.macgingenieriacivil.com/analisis-granulometrico-de-suelos-por-tamizado-granulometria/>.

MAESTRI, Nicoletta. 2020. thoughtco. *thoughtco*. [En línea] 21 de Enero de 2020. <https://www.thoughtco.com/domestication-history-of-agave-americana-169410>.

Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". 2014. Sección Suelos y pavimentos. [Online] 2014.

Manual de ensayo de materiales. 2016. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. [En línea] Mayo de 2016. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).

MEJIA PERALTA, Maria Celeste y GUTIERREZ FONTALVO, Jhennyfer Jeraldyn. 2021. *Potencial de mallas tejidas en fibras de fique (furcraea) para la protección del suelo y el control de erosión en taludes*. Universidad de La Salle, Bogotá : 2021.

ORTEGA, Nancy Geraldine. 2018. *Estabilización de afirmado con bajo CBR adicionando fibras de maguey para base de pavimentos*. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú : 2018.

Peruana, Norma Técnica. 2000. *NTP 339.147. SUELOS. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares*. Lima : INDECOPI, 2000.

PORFIRIO, Ramos Fernández. 2020. *Mejoramiento de suelo arcilloso nivel subrasante aplicando fibra de cabuya en Av. Cuzco- Distrito Mi Perú- Callao 2020*. Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2020.

QINGSHENG, Chen and BUDDHIMA, Indraratna. 2015. Shear Behaviour of Sandy Silt Treated With Lignosulfonate. [Online] Agosto 2015. ISSN: 0008-3674.

RAMOS, Porfirio. 2020. *Mejoramiento de suelo arcilloso nivel subrasante aplicando fibrade cabuya en Av. Cuzco- Distrito Mi Perú- Callao 2020*. Universidad Cesar Vallejo, Lima : 2020.

Rocks, Annual Book of ASTM Standards: Soils and. 2019. *Annual Book of ASTM Standards: Soils and Rocks*. USA : American Society for Testing and Materials, 2019.

SALAZAR, Julisa and VALLE, Malory Joselyn. 2021. *Mejoramiento de las propiedades de la subrasante con fibra de cabuya y cal en la Calle el Carmen - Carabayllo, 2021*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú : 2021.

SÁNCHEZ LEAL, Freddy J. 2020. Geotechtips. *Geotechtips*. [En línea] 29 de Diciembre de 2020. <https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr>.

Sanjeev , Kumar, Anil , Kumar Sahu y Sanjeev , Naval. 2020. *Influence of Jute Fibre on CBR Value of Expansive Soil*. Civil Engineering Journal, India : 2020.

SCHWENDLER, Daniel Henrique. 2013. Estabilização de dois solos do Rio Grande do Sul com Lignosulfonato de cálcio para fins rodoviários. *Universidade de Santa Cruz do Sul*. [En línea] 2013. <http://hdl.handle.net/11624/1137>.

SUÉLLEN LOPES, Gualberto. 2020. Tratamento de fibras de sisal com lignosulfonato para aprimoramento das propriedades dos compósitos de fibrocimento. [En línea] 2020. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/30011>.

VARA, Arístides Alfredo. 2012. *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. Universidad de San Martín de Porres, Lima : 2012.

Vicky. 2019. civilengineeringnotes. *civilengineeringnotes*. [En línea] 14 de Enero de 2019. <https://civilengineeringnotes.com/permeability-of-soil-darcys-law/>.

YEPEZ PIQUERAS, Victor. 2014. Universidad Politecnica de Valencia: La estabilización de suelos. *Universidad Politecnica de Valencia: La estabilización de suelos*. [En línea] 23 de Enero de 2014. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>.

# **ANEXOS**



## Matriz de Consistencia

FIBRA DE Maguey con Lignosulfonato de Calcio para la Estabilización de Suelo Limoso de la Vía Alto Qosqo, Cusco, 2022							
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<b>P.G:</b> ¿En qué medida la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022?	<b>O.G:</b> Determinar en qué medida la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022	<b>H.G:</b> La Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye favorablemente en la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022	<b>FIBRA DE Maguey con LIGNOSULFATO DE CALCIO</b>	Estabilizador mecánico: fibra de Maguey Estabilizador químico: Lignosulfonato de Calcio	Dosis de fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio (en peso del suelo) 0% 1% 1.5% 2.0%	Instrumentos y Ficha técnica de Laboratorio	Método: Cuantitativo
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICO</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				
<b>P.E.1:</b> ¿En qué medida la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el <b>Contenido Humedad Optimo</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022?	<b>O.E.1:</b> Identificar en qué medida la Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el <b>Contenido Humedad Optimo</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022	<b>H.E.1:</b> La Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el <b>Contenido Humedad Optimo</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022	<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO</b>	Propiedades físicas	Contenido Humedad Óptimo %	NTP 339.141 ASTM D 1557	Tipo de Investigación: Aplicado
<b>P.E.2:</b> ¿De qué manera la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la <b>Densidad máxima seca</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022?	<b>O.E.2:</b> Evaluar de qué manera la adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la <b>Densidad máxima seca</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía alto qosqo, San Sebastián, cusco, 2022	<b>H.E.2:</b> La adición de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la <b>Densidad máxima seca</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía alto qosqo, san Sebastián, cusco, 2022			Densidad máxima seca Gr/cm <sup>3</sup>	NTP 339.141 ASTM D 1557	Diseño de Investigación: Cuasi Experimental
<b>p.e.3:</b> ¿En qué medida la aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el <b>CBR %</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022?	<b>O.E.3:</b> Calcular en qué medida la aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el <b>CBR %</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía alto qosqo, San Sebastián, cusco, 2022	<b>H.E.3:</b> La aplicación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en el <b>CBR %</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía alto qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022		CBR %	ASTM D 1883	Nivel de la Investigación: explicativo	
<b>P.E.4:</b> ¿De qué manera la incorporación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la <b>Ascensión Capilar</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022?	<b>O.E.4:</b> Evaluar de qué manera la incorporación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la <b>Ascensión Capilar</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022	<b>H.E.4:</b> La incorporación de Fibra de Maguey con Lignosulfonato de Calcio influye en la <b>Ascensión Capilar</b> para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, San Sebastián, Cusco, 2022		Propiedades mecánicas	Ascensión Capilar %	Manual de ensayos de materiales del MTC.	Técnica: Observación

### Matriz de Operacionalización de las Variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
FIBRA DE MAGUEY CON LIGNOSULFATO DE CALCIO	El uso de la fibra de Maguey es una opción para reforzar la estabilización del suelo mediante la adición de fibra vegetal no contaminante.	Se realizarán los ensayos de laboratorio mediante la adición de Fibra de Maguey con lignosulfonato de Calcio, con la incorporación de las dosificaciones al 1%, 1.5% y 2% de suelo patrón más crítico, que influyen en el comportamiento de las características y propiedades de la estabilización de la subrasante.	Estabilizador mecánico: fibra de Maguey	Dosis de fibra de Maguey (en peso del suelo)	0% 1% 1.5% 2.0%
	El uso de lignosulfonato tiene propiedades estabilizantes naturales, que ayuda a los suelos limosos a mejorar sus propiedades de resistencia y durabilidad.		Estabilizador químico: Lignosulfonato de Calcio	Dosis de Lignosulfonato de Calcio (en peso del suelo seco)	
ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO	La estabilización del suelo es un proceso con el cual se logra aumentar las propiedades físicas y mecánicas para aumentar la resistencia al corte y la capacidad de carga del suelo, con la estabilidad del suelo se logra obtener la disminución de permeabilidad y la reducción de contracción e hinchamiento del suelo.	Para la estabilización de la subrasante para suelo limoso de baja plasticidad se incorporan los agentes estabilizadores que ayudan a mejorar las propiedades de contenido de humedad óptima, la máxima densidad seca, la resistencia del suelo y ascensión capilar.	Propiedades físicas	Contenido Humedad Óptimo	%
				Densidad máxima seca	g/cm3
			Propiedades mecánicas	CBR	%
				Ascensión Capilar	%

# FICHAS DE RECOLECCION DE DATOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Fibra de Maguey con lignosulfonato de calcio y subrasante

**TITULO:** "Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022"

## Parte A: Datos generales

Tesista 01: Nilo Lemit Andia Baca

Fecha: Lima, 15 noviembre 2021

## Parte B: Aplicación de la Fibra

0%	OK
1%	OK
1.5%	OK
2%	OK

Tesis: (SALAZAR, et al., 2021) Mejoramiento de la subrasante con fibra de cabuya: 0%, 0.25%, 0.5% y 1%.


## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Nombres:

Título: Ingeniero Civil

N° Reg. CIP:

Firma:

  
Henry Sánchez Villalba  
INGENIERO CIVIL.  
CIP 185213.

Nombres:

Título: Ingeniero Civil

N° Reg. CIP: .

Firma:

  
  
Ing. Julio César Mayorga Mayorga  
INGENIERO CIVIL  
CIP 207174

Nombres:

Título: Ingeniero Civil

N° Reg. CIP:

Firma:

  
  
Felimón Vilca Yucra  
INGENIERO CIVIL  
CIP 170064



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115**

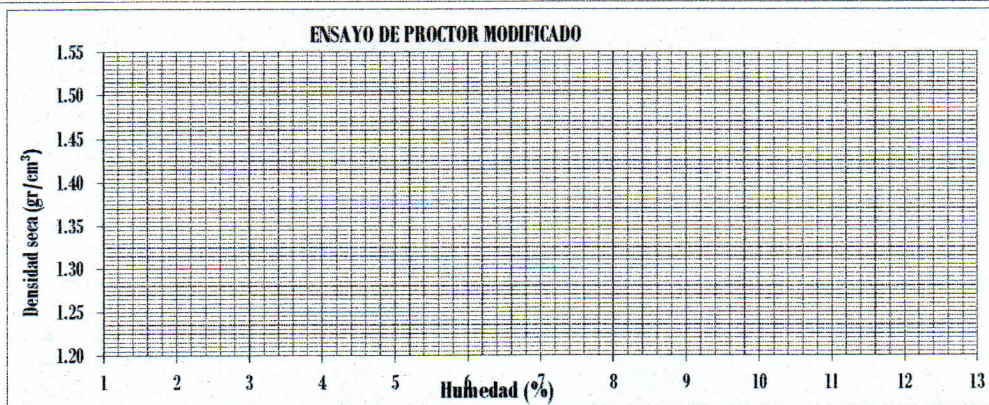
**FICHA DE DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian Cusco.  
**MATERIAL** : C-1  
**FECHA** : Enero 2022

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

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 <sup>3</sup> )								

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )		Contenido Humedad Optima (%)	
--	--	---------------------------------	--



ESPECIALISTA	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma  Henry Sanchez Villaiba INGENIERO CIVIL. CIP 135213.	Nombre y firma   Ing. Julio Cesar Mayorga Mayorga INGENIERO CIVIL CIP 202124	Nombre y firma  Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012370VCZBY





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

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

FICHA DE DATOS DE LA MUESTRA

**TESTIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**CALICATA** : Suelo Natural  
**FECHA** : Enero 2022

**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.)**

	1	2	3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura			
Diámetro			
Volumen			

	MOLDE N° 20	MOLDE N° 21	MOLDE N° 22
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES

**DATOS DE COMPACTACION**

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**

	14	25	43	31	19	17
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

			1			2			3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
17/01/2022	12.00	00 horas									
18/01/2022	12.00	24 horas									
19/01/2022	12.00	48 horas									
20/01/2022	12.00	72 horas									
21/01/2022	12.00	96 horas									

**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	Lb	PSI	Lb	PSI	Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025									
1.0 min	1.27	0.050									
1.5 min	1.91	0.075									
2.0 min	2.54	0.100									
4.0 min	5.08	0.200									
6.0 min	7.62	0.300									
8.0 min	10.16	0.400									
10.0 min	12.70	0.500									

ESPECIALISTA	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma  Henry Sanchez Villalba INGENIERO CIVIL. CIP 185213	Nombre y firma  Nilo Lemit Andia Baca INGENIERO CIVIL CIP 170064	Nombre y firma  Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRX



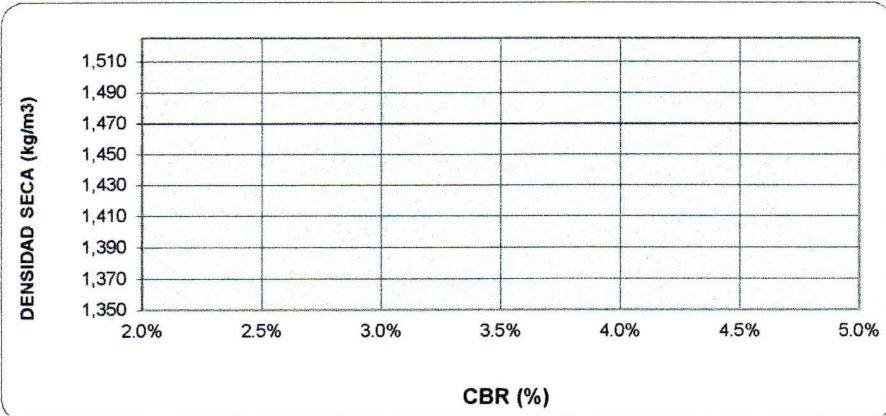
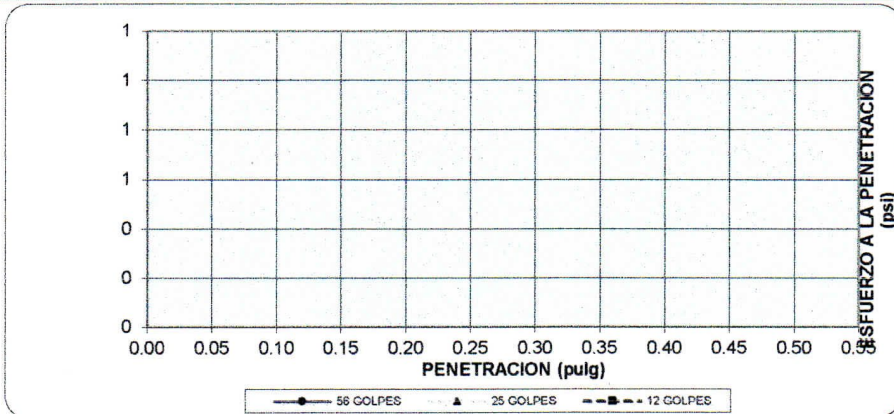


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

FICHA DE DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, SanSebastian, Cusco.  
**CALICATA** : Suelo Natural  
**FECHA** : Enero 2022


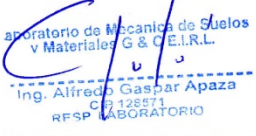


RESULTADOS

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

ESPECIALISTA	ESPECIALISTA	ESPECIALISTA
Nombre y firma  Henry Sanchez Villalba INGENIERO CIVIL CIP 185213	Nombre y firma   Ing. Julio Cesar Mayorga Mayorga INGENIERO CIVIL CIP 203124	Nombre y firma  Felimon Vilca Yucra INGENIERO CIVIL CIP 170064 CIV. N° 012979VCZRX

# ENSAYOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.		
<b>SOLICITANTE</b>	: Nilo Lemit Andia Baca	
<b>TESIS</b>	: Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022	
<b>UBICACIÓN</b>	: Alto Qosqo, San Sebastian Cusco.	
<b>FECHA</b>	: Enero 2022	
<b>CALICATA</b>	: C-1	
<b>CALICATA</b>  <b>C-1</b>		
<b>RESUMEN DE RESULTADOS</b>		
Humedad Natural	Contenido de Humedad	7.69%
Limites de consistencia	Limite Liquido	24.34%
	Limite Plastico	18.93%
	Indice de Plasticidad	5.41%
Clasificación	SUCS	CL-ML
	AASHTO	A-4 (3)
Parametros Suelo	MDS	1.38 g/cm3
	Humedad Optima	5.70 %
Observaciones	Muestras tipo Mab NTP 339.151	
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&C E.I.R.L. Ing. Juan Victor Casa Apaza CIP 104104		
 Laboratorio de Mecanica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L. Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 128571 RFS LABORATORIO		





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



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127 / NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : C-1

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 809.4  
 Peso de muestra lavada: 397.4  
 Perdida por lavada: 412.0

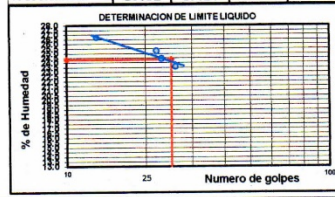
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.00	
2"	50.600	0.0	0.0	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.00	
1"	25.400	0.0	0.0	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.00	
3/8"	9.525	7.3	0.9	99.10	
1/4"	6.350	35.9	4.4	94.70	
No4	4.760	58.0	7.2	87.50	
10	2.000	33.3	4.1	16.6	83.40
40	0.420	106.0	13.1	29.7	70.30
100	0.149	118.8	14.7	44.4	55.60
200	0.074	38.1	4.7	49.1	50.90
< 200		412.0	50.90	100.0	0.00
Total		<b>809.4</b>			

**Límite Líquido NTP 339.128**

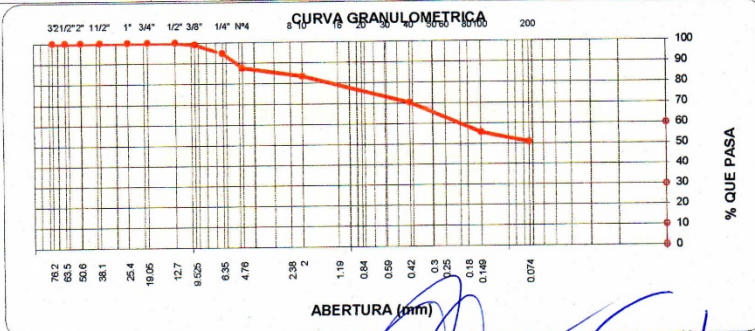
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	26	23	22	13
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	38.75	39.06	34.10	30.54
R + Suelo Seco	34.98	35.21	31.14	28.29
Peso Recip.	19.00	19.46	19.42	19.86
Peso Agua	3.77	3.85	2.96	2.25
Peso S. Seco	15.98	15.75	11.72	8.43
% de Humedad	23.59	24.44	25.26	26.69

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3	
Recipiente Nº	a	b	c	
R + Suelo Hum.	22.34	22.98	23.03	
R + Suelo Seco	21.82	22.45	22.45	
Peso Recip.	19.17	19.69	19.22	
Peso Agua	0.52	0.53	0.58	
Peso S. Seco	2.65	2.76	3.23	
% de Humedad	19.62	19.20	17.96	18.93



Clasificación SUCS : **CL-ML** L.L. : **24.34** Máx. Dens. Seca : **1.38**  
 Clasificación AASHTO : **A-4 (3)** I.P. : **5.41** Humedad Óptima : **5.70**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.  
 Ing. Juan Víctor Gaspar Apaza  
 CIP 104104  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 12871  
 RFP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : C-1

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

N° de muestra		1	2	3
Cápsula	g	15.43	23.8	19.91
Cápsula + suelo húmedo	g	51.45	73.95	72.67
Cápsula + suelo seco	g	48.83	70.48	68.85
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>7.84</b>	<b>7.43</b>	<b>7.81</b>
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>7.69</b>		

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



Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
CIP 104104

Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 22571  
RESP. LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115**

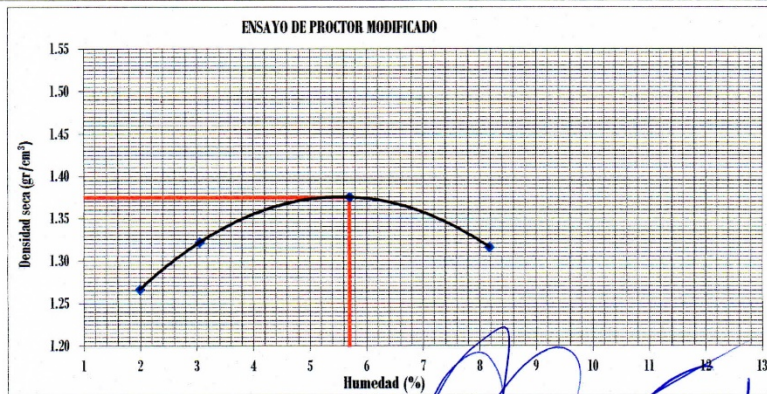
**DATOS DE LA MUESTRA**

**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sansebatian, Cusco.  
**MATERIAL** : C-1  
**FECHA** : Enero 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5412	5512	5642	5599
Peso molde (gr.)	3580	3580	3580	3580
Peso suelo compactado (gr.)	1832	1932	2062	2019
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.6	1418.6	1418.6	1418.6
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.291	1.362	1.454	1.423

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.09	19.47	15.33	16.27	29.56	30.19	35.00	35.04
Tara + suelo húmedo (gr.)	65.98	64.94	53.20	63.70	51.02	55.83	58.98	60.12
Tara + suelo seco (gr.)	65.09	64.03	52.11	62.26	49.87	54.44	57.32	58.07
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	46.89	45.47	37.87	47.43	21.46	25.64	23.98	25.08
Peso del Suelo Seco (gr.)	46.00	44.56	36.78	45.99	20.31	24.25	22.32	23.03
Peso de agua (gr.)	0.89	0.91	1.09	1.44	1.15	1.39	1.66	2.05
Humedad (%)	1.93	2.04	2.96	3.13	5.66	5.73	7.44	8.90
Promedio	1.99		3.05		5.70		8.17	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.266		1.322		1.375		1.316	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.38	Contenido Humedad Optima (%)	5.70
--	------	------------------------------	------





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.  
 Ing. Juan Victor Casa Apaza  
 CIP 104104  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 128571  
 MSP LABORATORIO

**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : C-2

**CALICATA**  
**: C-2**

RESUMEN DE RESULTADOS		
Humedad Natural	Contenido de Humedad	6.89%
Limites de consistencia	Limite Liquido	22.58%
	Limite Plastico	18.26%
	Indice de Plasticidad	4.32%
Clasificación	SUCS	CL-ML
	AASHTO	A-4 (3)
Parametros Suelo	MDS	1.45 g/cm3
	Humedad Optima	5.58 %

**Observaciones** : Muestras tipo Mab NTP 339.151

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&C E.I.R.L.**  
 Ing. Juan Victor Casa Apaza  
 CIP 104104

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 128571  
 RPS LABORATORIO





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



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

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

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**TESIS** : Fibra de Maguay con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : C-2

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 1290.0  
 Peso de muestra lavada: 635.0  
 Pérdida por lavada: 655.0

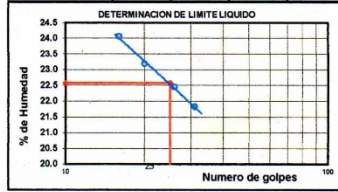
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200	0.00		100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	100.00	
2"	50.600	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No4	4.760	78.0	6.00	94.00	
10	2.000	103.0	8.00	86.00	
40	0.420	179.0	13.90	72.10	
100	0.149	119.0	9.20	62.90	
200	0.074	156.0	12.10	50.80	
< 200		655.0	50.80	100.0	0.00
Total		1290.0	100.00		

**Límite Líquido NTP 339.128**

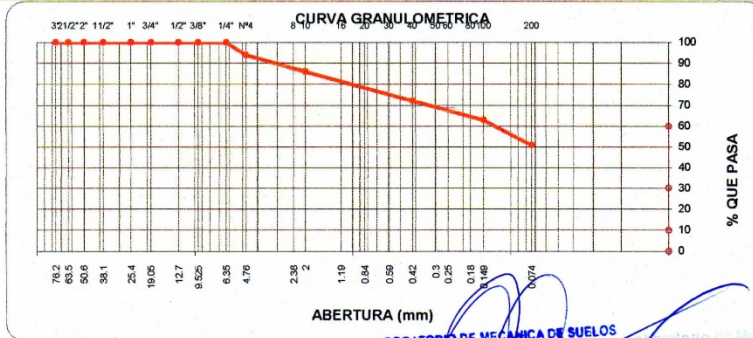
Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	31	26	20	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	35.36	30.54	27.21	36.13
R + Suelo Seco	32.77	27.99	24.72	33.11
Peso Recip.	20.90	16.63	13.98	20.56
Peso Agua	2.59	2.55	2.49	3.02
Peso S. Seco	11.87	11.36	10.74	12.55
% de Humedad	21.82	22.45	23.18	24.06

**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	14.81	15.10	14.46
R + Suelo Seco	13.68	13.85	13.31
Peso Recip.	7.50	6.98	7.03
Peso Agua	1.13	1.25	1.15
Peso S. Seco	6.18	6.87	6.28
% de Humedad	18.28	18.20	18.31



Clasificación SUCS : **CL-ML** L.L. : **22.58** Máx. Dens. Seca : **1.45**  
 Clasificación AASHTO : **A-4 (3)** I.P. : **4.32** Humedad Óptima : **5.58**



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

Ing. Juan Victor Casa Apaza  
CIP 104104



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



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : C-2

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

N° de muestra		1	2	3
Cápsula	g	20.11	20.15	20.21
Cápsula + suelo húmedo	g	201.93	209.56	193.59
Cápsula + suelo seco	g	190.34	197.32	182.31
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>6.81</b>	<b>6.91</b>	<b>6.96</b>
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>6.89</b>		

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



Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
CIP 104104

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
Y MATERIALES G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 28571  
RFSP LABORATORIO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

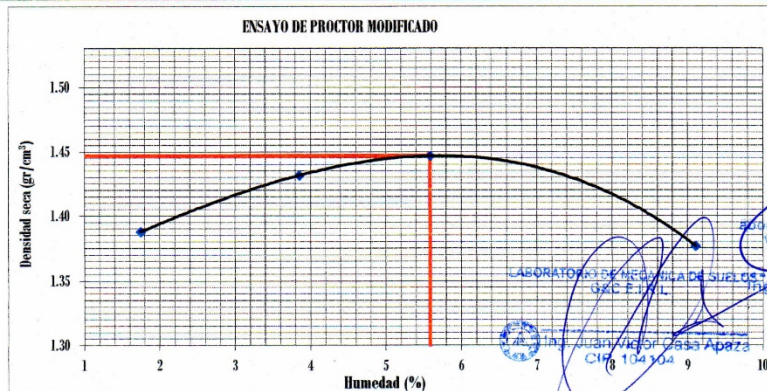
**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**MATERIAL** : C-2  
**FECHA** : Enero 2022

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	5583	5689	5747	5711
Peso molde (gr.)	3580	3580	3580	3580
Peso suelo compactado (gr.)	2003	2109	2167	2131
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.6	1418.6	1418.6	1418.6
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.412	1.487	1.528	1.502

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	19.78	19.81	19.94	20.03	19.88	20.02	19.93	19.87
Tara + suelo húmedo (gr.)	104.80	98.91	114.67	116.84	118.42	113.76	129.10	146.11
Tara + suelo seco (gr.)	103.27	97.62	111.58	112.83	113.52	108.51	120.21	135.32
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	85.02	79.10	94.73	96.81	98.54	93.74	109.17	126.24
Peso del Suelo Seco (gr.)	83.49	77.81	91.64	92.80	93.64	88.49	100.28	115.45
Peso de agua (gr.)	1.53	1.29	3.09	4.01	4.90	5.25	8.89	10.79
Humedad (%)	1.83	1.66	3.37	4.32	5.23	5.93	8.87	9.35
Promedio	1.75		3.85		5.58		9.11	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.388		1.432		1.447		1.377	
x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.45				Contenido Humedad Optima (%)		5.58	



Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apeza  
 CIP 128571  
 RFP LABORATORIO  
 CIP 104104



**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : C-3

# CALICATA C-3

## RESUMEN DE RESULTADOS

Humedad Natural	Contenido de Humedad	8.23%
Límites de consistencia	Límite Líquido	22.89%
	Límite Plástico	18.58%
	Índice de Plasticidad	4.32%
Clasificación	SUCS	CL-ML
	AASHTO	A-4 (2)
Parámetros Suelo	MDS	1.48 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Óptima	5.46 %

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
G&C E.I.R.L.  
Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
CIP 104104  
Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Caspar Apaza  
CIP 128571  
RESP LABORATORIO



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



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA  
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127 / NTP 339.128**

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : C-3

**Granulometría (NTP 339,127)**

**Datos de ensayo**

Peso Total : 363.1  
Peso de muestra lavada: 180.5  
Perdida por lavada: 182.6

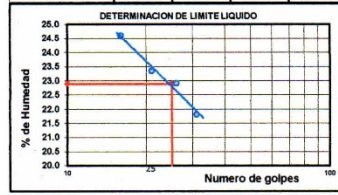
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.00	
2"	50.600	0.0	0.0	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.00	
1"	25.400	0.0	0.0	100.00	
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.00	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.0	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.0	100.00	
No.4	4.760	0.0	0.0	100.00	
10	2.000	66.5	18.30	81.70	
40	0.420	45.0	12.40	69.30	
100	0.149	48.0	13.20	43.9	56.10
200	0.074	21.0	5.80	49.7	50.30
< 200		182.6	50.30	100.0	0.00
Total		363.1	100.00		

**Límite Líquido NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	31	26	21	16
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.	28.42	28.30	28.03	29.92
R + Suelo Seco	25.82	25.58	25.38	26.77
Peso Recip.	13.90	13.71	14.03	13.96
Peso Agua	2.60	2.72	2.65	3.15
Peso S. Seco	11.92	11.87	11.35	12.81
% de Humedad	21.81	22.91	23.35	24.59

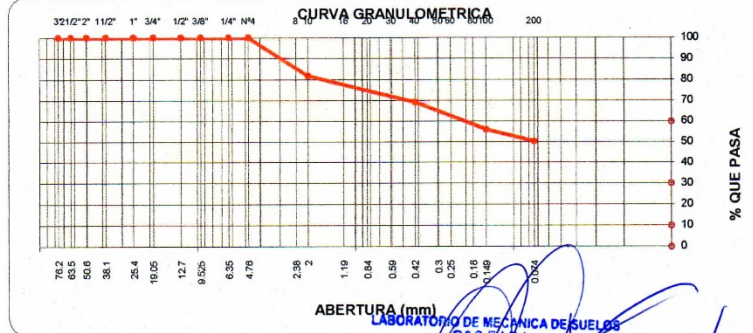
**Límite Plástico NTP 339.128**

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.	13.98	13.03	14.58
R + Suelo Seco	12.89	12.07	13.42
Peso Recip.	7.03	6.98	7.07
Peso Agua	1.09	0.96	1.16
Peso S. Seco	5.86	5.09	6.35
% de Humedad	18.60	18.86	18.27



Clasificación SUCS : **CL-ML** L.L. : **22.89** Máx. Dens. Seca : **1.48**  
Clasificación AASHTO : **A-4 (2)** I.P. : **4.32** Humedad Óptima : **5.46**

**CURVA GRANULOMETRICA**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
G&C E.I.R.L.  
Ing. Juan Víctor Casa Apeza  
CIP 104104  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G&C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apeza  
CIP 128571  
RESP. LABORATORIO





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



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

**DATOS DE LA MUESTRA**

**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca

**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022

**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.

**FECHA** : Enero 2022

**CALICATA** : C-3

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

N° de muestra		1	2	3
Cápsula	g	19.11	18.96	19.23
Cápsula + suelo húmedo	g	150.26	172.65	166.59
Cápsula + suelo seco	g	140.23	160.93	155.49
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>8.28</b>	<b>8.26</b>	<b>8.15</b>
<b>Promedio</b>	<b>%</b>	<b>8.23</b>		


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




Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
CIP 104104

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 129971  
RESP. LABORATORIO



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



---

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

---

**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115**

---

**DATOS DE LA MUESTRA**

**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022

**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca

**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.

**MATERIAL** : C-3

**FECHA** : Enero 2022

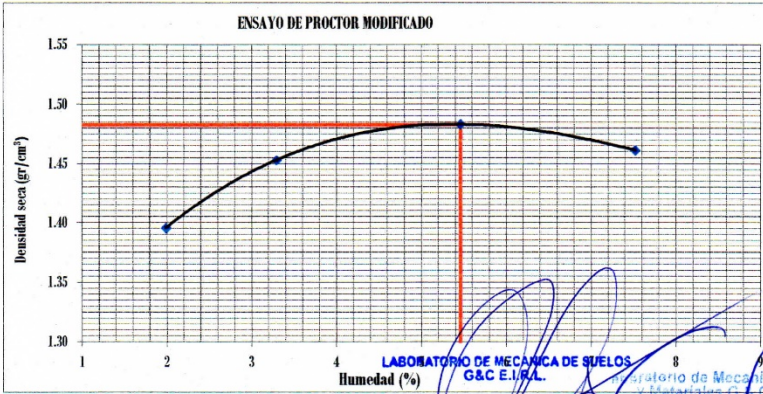
Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas C-24	5	5	5	5
Número de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	5599	5709	5799	5809
Peso molde (gr.)	3580	3580	3580	3580
Peso suelo compactado (gr.)	2019	2129	2219	2229
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.6	1418.6	1418.6	1418.6
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.423	1.501	1.564	1.571

**Humedad (%)**

Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	14.02	14.01	15.20	13.70	14.27	14.13	13.65	14.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	98.62	89.09	91.52	90.67	88.37	79.01	84.98	85.51
Tara + suelo seco (gr.)	97.07	87.54	89.33	87.98	84.23	75.92	79.89	80.61
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	84.60	75.08	76.32	76.97	74.10	64.88	71.33	71.51
Peso del Suelo Seco (gr.)	83.05	73.53	74.13	74.28	69.96	61.79	66.24	66.61
Peso de agua (gr.)	1.55	1.55	2.19	2.69	4.14	3.09	5.09	4.90
Humedad (%)	1.87	2.11	2.95	3.62	5.92	5.00	7.68	7.36
Promedio	1.99		3.29		5.46		7.52	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.396		1.453		1.483		1.461	

x. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.48	Contenido Humedad Optima (%)	5.46
--	------	------------------------------	------

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**




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

Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
CIP 104104

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
Ing. Caspar Apaza  
CIP 104571  
MSP LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.												
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS												
ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132												
DATOS DE LA MUESTRA												
<b>TESIS</b> : Fibra de Magüey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022 <b>SOLICITANTE</b> : Nilo Lemit Andia Baca <b>UBICACIÓN</b> : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco. <b>CALICATA</b> : Suelo Natural <b>FECHA</b> : Enero 2022												
<b>DATOS GENERALES</b>												
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.375	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:								
Humedad Optima	5.7%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO: CL-ML								
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : A-4 (3)								
<b>DATOS DEL MOLDE (cm.)</b>												
	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									
<b>DATOS DE COMPACTACION</b>												
	MOLDE Nº 20	MOLDE Nº 21	MOLDE Nº 22									
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7,980	7,812	7,759									
Peso del Molde (gr)	4,225	4,225	4,294									
Peso de la Muestra Compacta (gr)	3,755	3,587	3,465									
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.59	1.52	1.47									
Densidad Seca (gr/cm3)	1.51	1.44	1.39									
<b>DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>												
	14	25	43	31	19	17						
Peso del Tarro (gr)	13.97	13.92	14.02	13.86	13.84	14.03						
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	87.25	83.31	82.61	84.37	85.65	85.82						
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	83.26	79.45	78.84	80.62	81.64	81.84						
Peso del Agua (gr)	3.99	3.86	3.77	3.75	4.01	3.98						
Peso del Suelo Seco (gr)	69.29	65.53	64.82	66.76	67.80	67.81						
Contenido de Humedad	5.76%	5.89%	5.82%	5.62%	5.91%	5.87%						
Contenido de Humedad Promedio	5.82%		5.72%		5.89%							
<b>DATOS DE ABSORCION</b>												
	1	2	3									
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8,087	8,102	8,187									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7,980	7,812	7,759									
Porcentaje de Absorción	2.85%	8.08%	12.35%									
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>												
CTE. DIAL EXPANSION 0.001												
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	9	0.009	0.18%	21	0.021	0.41%	28	0.028	0.55%	
19/01/2022	12.00	48 horas	9	0.009	0.18%	22	0.022	0.43%	30	0.030	0.59%	
20/01/2022	12.00	72 horas	9	0.009	0.18%	22	0.022	0.43%	30	0.030	0.59%	
21/01/2022	12.00	96 horas	11	0.011	0.22%	26	0.026	0.51%	30	0.030	0.59%	
<b>ENSAYO DE PENETRACION</b>												
CTE. ANILLO = 9.8423 * DIAL + 3.1048												
AREA PISTON 3.0 Pulg. Cuadradas			1 56 GOLPES			2 25 GOLPES			3 12 GOLPES			
TIEMPO		PENETRACION		Dial	Carga	Estuer.	Dial	Carga	Estuer.	Dial	Carga	Estuer.
	(mm)	(pulg)	mm	Lb	PSI		Lb	PSI		Lb	PSI	
0.5 min	0.64	0.025	7	72	24	4	42	14	3	33	11	
1.0 min	1.27	0.050	12	121	40	6	62	21	4	42	14	
1.5 min	1.91	0.075	18	180	60	9	92	31	6	62	21	
2.0 min	2.54	0.100	23	229	76	12	121	40	9	92	31	
4.0 min	5.08	0.200	46	456	152	24	239	80	18	180	60	
6.0 min	7.62	0.300	69	682	227	36	357	119	27	269	90	
8.0 min	10.16	0.400	92	909	308	48	476	159	36	357	119	
10.0 min	12.70	0.500	115	1135	378	60	594	198	45	446	149	



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**G&C E.I.R.L.**  
 Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
 CIP 104104

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 124571  
 RESP LABORATORIO

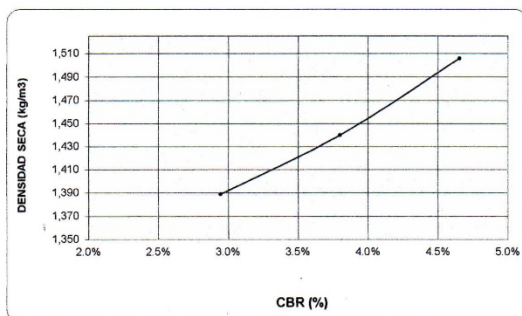
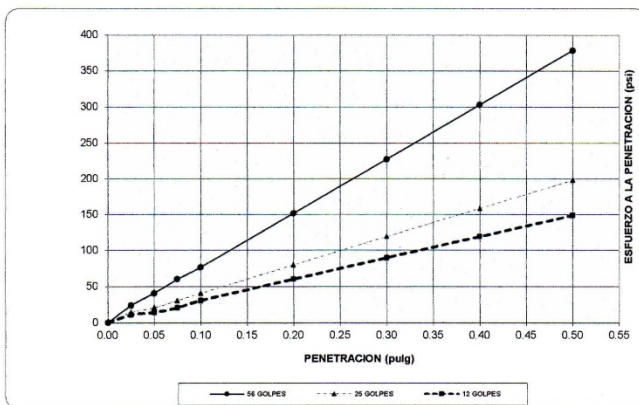


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andía Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**CALICATA** : Suelo Natural  
**FECHA** : Enero 2022



RESULTADOS			
MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> )	1.38	CBR AL 95% DE MDS =	4.3%
HUMEDAD OPTIMA (%)	5.70	CBR AL 100% DE MDS =	4.7%
	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
56 GOLFES	0.22%	2.85%	
25 GOLFES	0.51%	8.08%	
12 GOLFES	0.59%	12.35%	

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



Ing. Juan Victor Casa Apaza  
CIP 104104

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G & C E.I.R.L.  
Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 121571  
RFBP LABORATORIO



**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : Dosificación 1%

**CALICATA**

**: Dosificación 1%**

RESUMEN DE RESULTADOS		
Clasificación	SUCS	CL-ML
	AASHTO	A-4(3)
Parametros Suelo	MDS	1.40 g/cm <sup>3</sup>
	Humedad Optima	5.31 %
CBR	Al 95%	5.36%
	Al 100 %	5.61%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151

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



Ing. JUAN VICTOR CESA APAZA  
CIP/ 104104

Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G&C E.I.R.L.

Ing. ANTONIO CASAPARRUTTA  
CIP/ 104104  
RESP. LABORATORIO





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : Dosificación 1%

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5488	5596	5666	5609
Peso molde (gr.)	3580	3580	3580	3580
Peso suelo compactado (gr.)	1908	2016	2086	2029
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.6	1418.6	1418.6	1418.6
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.345	1.421	1.470	1.430

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	14.16	14.28	14.00	13.99	13.99	14.01	14.01	13.84
Tara + suelo húmedo (gr.)	89.42	89.02	83.78	100.84	87.72	84.66	85.10	84.78
Tara + suelo seco (gr.)	87.07	87.37	81.35	97.60	84.08	81.02	80.12	80.45
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	75.26	74.74	69.78	86.85	73.73	70.65	71.09	70.94
Peso del Suelo Seco (gr.)	73.71	73.09	67.35	83.61	70.09	67.01	66.11	66.61
Peso de agua (gr.)	1.55	1.65	2.43	3.24	3.64	3.64	4.98	4.33
Humedad (%)	2.10	2.26	3.61	3.88	5.19	5.43	7.53	6.50
Promedio	2.18		3.74		5.31		7.02	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.316		1.370		1.396		1.337	



Máx. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.40	Contenido Humedad Óptima (%)	5.31
--	------	------------------------------	------




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

Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
 CIP 104104  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 12857  
 RFSF LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.														
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132														
DATOS DE LA MUESTRA														
<b>TESIS</b> : Fibra de Magüey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022 <b>SOLICITANTE</b> : Nilo Lemit Andia Baca <b>UBICACIÓN</b> : Alto Qosto, San Sebastian, Cusco. <b>MATERIAL</b> : Dosificación 1% <b>FECHA</b> : Enero 2022														
DATOS GENERALES														
Maxima Densidad Seca (Kg/ m <sup>3</sup> )	1.396	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:										
Humedad Óptima	5.3%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:										
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS: CL-ML										
DATOS DEL MOLDE (cm.)														
	1	2	3											
Nro. De Golpes	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 Nº 20	MOLDE Nº 21	MOLDE Nº 22											
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES											
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7,912	7,933	7,712											
Peso del Molde (gr)	4,090	4,220	4,209											
Peso de la Muestra Compacta (gr)	3,822	3,713	3,503											
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.62	1.58	1.49											
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.54	1.49	1.40											
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD														
	1	2	3	4	5	6								
Peso del Tarro (gr)	14.02	13.92	14.28	15.28	15.27	13.96								
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	78.32	74.18	69.58	74.83	69.34	76.18								
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	74.86	71.65	66.61	71.53	66.38	72.66								
Peso del Agua (gr)	3.46	2.53	2.97	3.30	2.96	3.52								
Peso del Suelo Seco (gr)	60.84	57.73	52.33	56.25	51.11	58.70								
Contenido de Humedad	5.68%	4.38%	5.68%	5.87%	5.79%	6.00%								
Contenido de Humedad Promedio	5.03%		5.77%		5.89%									
DATOS DE ABSORCION														
	1	2	3											
Peso M+M.C. despues de Inmersión (gr)	7,989	8,044	8,128											
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7,912	7,933	7,712											
Porcentaje de Absorción	2.01%	2.99%	11.88%											
ENSAYO DE EXPANSION														
CTE. DIAL EXPANSION		0.001			1			2			3			
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.			
21/01/2022	11.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%			
22/01/2022	11.00	24 horas	10	0.010	0.20%	15	0.015	0.30%	26	0.026	0.51%			
23/01/2022	11.00	48 horas	10	0.010	0.20%	21	0.021	0.41%	26	0.026	0.51%			
24/01/2022	11.00	72 horas	11	0.011	0.22%	21	0.021	0.41%	26	0.026	0.51%			
25/01/2022	11.00	96 horas	11	0.011	0.22%	22	0.022	0.43%	26	0.026	0.51%			
ENSAYO DE PENETRACION														
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048														
AREA PISTON			3.0 Pulg. Cuadradas			1			2			3		
			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES					
TIEMPO			PENETRACION			Dial			Carga			Estuer.		
			(mm)			mm			Lb			PSI		
			(pulg)											
0.5 min	0.64	0.025	8	82	27	5	52	17	3	33	11			
1.0 min	1.27	0.050	15	151	50	8	82	27	5	52	17			
1.5 min	1.91	0.075	22	220	73	13	131	44	7	72	24			
2.0 min	2.54	0.100	29	289	96	15	151	50	9	92	31			
4.0 min	5.08	0.200	58	574	191	30	298	99	18	180	60			
6.0 min	7.62	0.300	87	859	286	45	446	149	27	269	90			
8.0 min	10.16	0.400	116	1145	382	60	594	198	36	357	119			
10.0 min	12.70	0.500	145	1480	477	75	741	247	45	446	149			



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
G&C E.I.R.L.**  
 Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
 CIP 104104

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
MATERIALES G&C E.I.R.L.**  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 124571  
 RESPONSABLE LABORATORIO



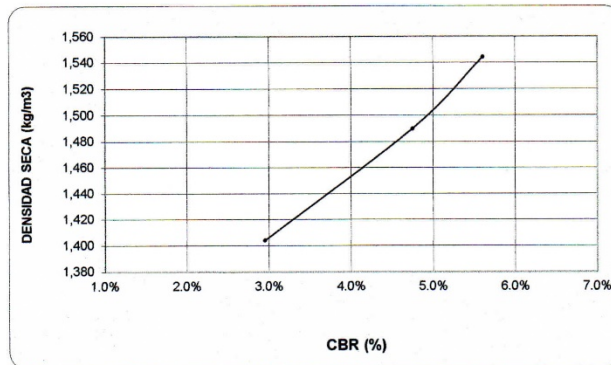
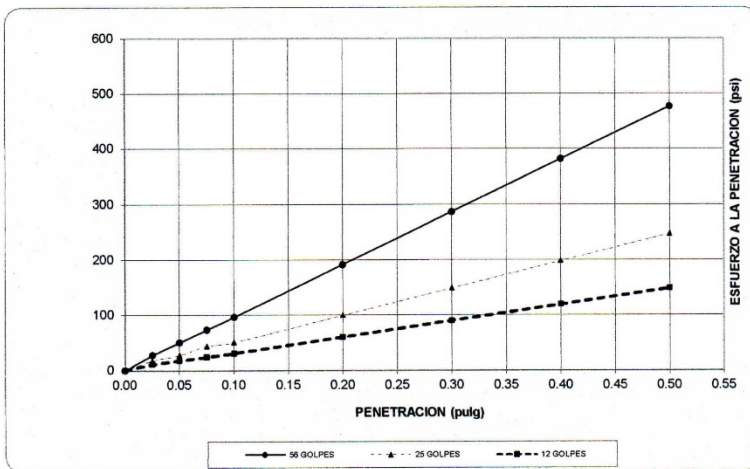


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**MATERIAL** : Dosificación 1%  
**FECHA** : Enero 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> )	1.40	CBR AL 95% DE MDS =	5.4%
HUMEDAD OPTIMA (%)	5.31	CBR AL 100% DE MDS =	5.6%
Nro. DE GOLFES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1) / CBR (0.2) = 0.75
56 GOLFES	0.22%	2.01%	OBSERVACION: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.
25 GOLFES	0.43%	2.99%	
12 GOLFES	0.51%	11.88%	

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.  
 Ing. Juan Victor Casa Apaza  
 CIP 104104  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 12844  
 RFPSP LABORATORIO




**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**PROYECTO** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : Dosificación 1.5%

**CALICATA**

**: Dosificación 1.5%**

RESUMEN DE RESULTADOS		
Clasificación	SUCS AASHTO	CL-ML A-4(3)
Parametros Suelo	MDS Humedad Optima	1.46 g/cm3 5.20 %
CBR	AI 95% AI 100 %	6.54% 6.65%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151




**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.**  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.  
 Ing. Juan Víctor Casa Apaza CIP 104104  
 Ing. Alfredo Gaspar Apaza CIP 409571  
 RFSP LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

DATOS DE LA MUESTRA

**TESIS** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : Dosificación 1.5%

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5582	5673	5762	5709
Peso molde (gr.)	3580	3580	3580	3580
Peso suelo compactado (gr.)	2002	2093	2182	2129
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.6	1418.6	1418.6	1418.6
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.411	1.475	1.538	1.501

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.17	20.44	20.70	20.42	20.72	21.17	20.53	20.38
Tara + suelo húmedo (gr.)	136.04	173.73	146.89	136.70	157.74	166.46	141.23	139.48
Tara + suelo seco (gr.)	133.44	171.04	142.87	133.09	151.14	159.09	133.76	131.00
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	115.87	153.29	126.19	116.28	137.02	145.29	120.70	119.10
Peso del Suelo Seco (gr.)	113.27	150.60	122.17	112.67	130.42	137.92	113.23	110.62
Peso de agua (gr.)	2.60	2.69	4.02	3.61	6.60	7.37	7.47	8.48
Humedad (%)	2.30	1.79	3.29	3.20	5.06	5.34	6.60	7.67
Promedio	2.04		3.25		5.20		7.13	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.383		1.429		1.462		1.401	

Máx. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.46	Contenido Humedad Óptima (%)	5.20
--	------	------------------------------	------



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

Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
CIP 104184

laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 12857  
R.F.S.P. LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.											
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS											
ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132											
DATOS DE LA MUESTRA											
<b>PROYECTO</b>	: Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022										
<b>SOLICITANTE</b>	: Nilo Lemit Andia Baca										
<b>UBICACIÓN</b>	: Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.										
<b>MATERIAL</b>	: Dosificación 1.5%										
<b>FECHA</b>	: Enero 2022										
DATOS GENERALES											
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	1.462	Peso del martillo	10 lbs	Clas. Suelos:							
Humedad Óptima	5.2%	Altura del martillo	18 pulg	AASHTO:							
Humedad Natural		Número de Capas	5 capas	SUCS : CL-ML							
DATOS DEL MOLDE (cm.)											
	1	2	3								
Nro. De Golpes	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 Nº 20	MOLDE Nº 21	MOLDE Nº 22								
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7.988	7.832	7.703								
Peso del Molde (gr)	4.203	4.207	4.213								
Peso de la Muestra Compacta (gr)	3.785	3.625	3.490								
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.61	1.54	1.48								
Densidad Seca (gr/cm3)	1.53	1.46	1.40								
DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
	1	2	3	4	5	6					
Peso del Tarro (gr)	19.17	18.93	19.16	19.23	19.95	19.75					
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	175.94	163.11	173.07	207.42	213.88	224.34					
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	169.13	155.52	165.57	196.28	202.96	213.44					
Peso del Agua (gr)	6.81	7.59	7.50	11.14	10.92	10.90					
Peso del Suelo Seco (gr)	149.96	136.59	146.41	177.05	183.01	193.69					
Contenido de Humedad	4.54%	5.56%	5.12%	6.29%	5.97%	5.63%					
Contenido de Humedad Promedio	5.05%		5.71%		5.80%						
DATOS DE ABSORCION											
	1	2	3								
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8.031	7.908	7.799								
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	7.988	7.832	7.703								
Porcentaje de Absorción	1.14%	2.10%	2.75%								
ENSAYO DE EXPANSION											
	1	2	3								
CTE. DIAL EXPANSION	0.001										
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
21/01/2022	11.00	00 horas	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%	0	0.000	0.00%
22/01/2022	11.00	24 horas	8	0.008	0.16%	15	0.015	0.30%	22	0.022	0.43%
23/01/2022	11.00	48 horas	8	0.008	0.16%	17	0.017	0.33%	23	0.023	0.45%
24/01/2022	11.00	72 horas	8	0.008	0.16%	17	0.017	0.33%	23	0.023	0.45%
25/01/2022	11.00	96 horas	9	0.009	0.18%	18	0.018	0.35%	23	0.023	0.45%
ENSAYO DE PENETRACION											
CTE. ANILLO= 9.8423*DIAL + 3.1048											
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		Lb	PSI		Lb	PSI
0.5 min	0.64	0.025	9	92	31	6	62	21	4	42	14
1.0 min	1.27	0.050	17	170	57	9	92	31	7	72	24
1.5 min	1.91	0.075	25	249	83	14	141	47	11	111	37
2.0 min	2.54	0.100	33	328	109	17	170	57	13	131	44
4.0 min	5.08	0.200	66	653	218	34	338	113	26	259	86
6.0 min	7.62	0.300	99	977	326	51	505	168	39	387	129
8.0 min	10.16	0.400	132	1302	434	68	672	224	52	515	172
10.0 min	12.70	0.500	165	1627	542	85	840	280	65	643	214

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
G&C E.I.R.L.  
Ing. Juan Victor Casa Apaza  
CIF 104104



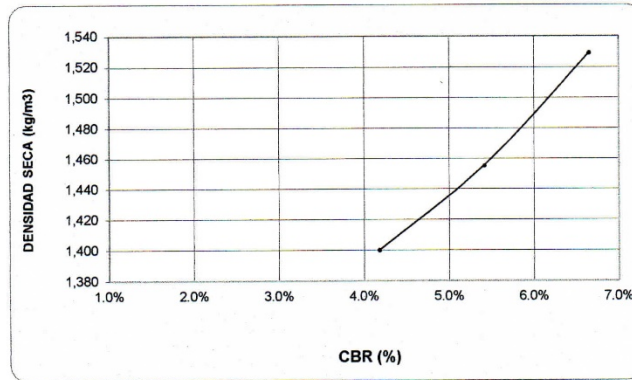
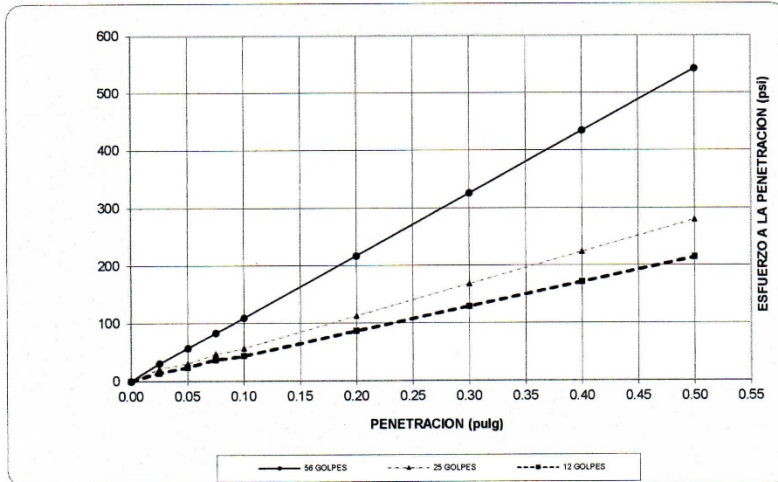


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**MATERIAL** : Dosificación 1.5%  
**FECHA** : Enero 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3)	1.46	CBR AL 95% DE MDS =	6.5%
HUMEDAD OPTIMA (%)	5.20	CBR AL 100% DE MDS =	6.7%

Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLPES	0.18%	1.14%
25 GOLPES	0.35%	2.10%
12 GOLPES	0.45%	2.75%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:  
 $CBR(0.1) / CBR(0.2) = 0.75$

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

Ing. Juan Victor Casa Apaza  
 CIP 104104

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
 CIP 12571  
 RESP. LABORATORIO

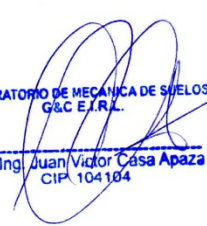
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia Baca  
**PROYECTO** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : Dosificación 2%  
**SECTOR** :

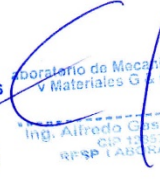
**CALICATA**

**: Dosificación 2%**

RESUMEN DE RESULTADOS		
Clasificación	SUCS AASHTO	CL-ML A-4(3)
Parametros Suelo	MDS	1.42 g/cm3
	Humedad Optima	5.15 %
CBR	AI 95%	5.37%
	AI 100 %	6.40%

Observaciones | Muestras tipo Mab NTP 339.151

  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS G&C E.I.R.L.**  
 Ing. Juan Victor Casa Apaza  
 CIP 104104

  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS y Materiales G & C E.I.R.L.**  
 Ing. Alfredo Caspar Apaza  
 CIP 103571  
 R.F.S.P LABORATORIO



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



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**PROCTOR MODIFICADO MTC E 115**

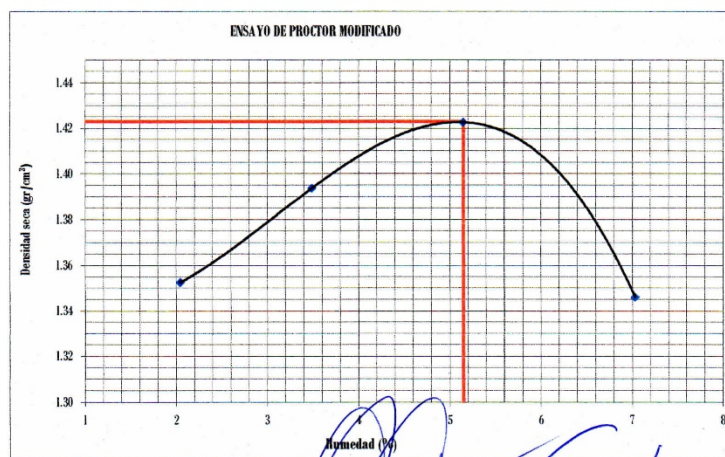
**DATOS DE LA MUESTRA**

**PROYECTO** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**FECHA** : Enero 2022  
**CALICATA** : Dosificación 2%

Prueba N°	1	2	3	4
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5538	5626	5702	5624
Peso molde (gr.)	3580	3580	3580	3580
Peso suelo compactado (gr.)	1958	2046	2122	2044
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1418.6	1418.6	1418.6	1418.6
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>1.380</b>	<b>1.442</b>	<b>1.496</b>	<b>1.441</b>

Humedad (%)								
Tara N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de tara (gr.)	20.55	20.35	20.26	20.43	20.33	20.33	20.36	20.31
Tara + suelo húmedo (gr.)	150.45	134.31	161.32	161.41	161.00	121.67	121.37	160.49
Tara + suelo seco (gr.)	147.84	132.03	156.09	157.14	154.06	116.75	114.76	151.24
Peso del Suelo Húmedo (gr.)	129.90	113.96	141.06	140.98	140.67	101.34	101.01	140.18
Peso del Suelo Seco (gr.)	127.29	111.68	135.83	136.71	133.73	96.42	94.40	130.93
Peso de agua (gr.)	2.61	2.28	5.23	4.27	6.94	4.92	6.61	9.25
Humedad (%)	2.05	2.04	3.85	3.12	5.19	5.10	7.00	7.06
Promedio	2.05		3.49		5.15		7.03	
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.353		1.394		1.423		1.346	

Máx. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ) :	1.42	Contenido Humedad Óptima (%)	5.15
--	------	------------------------------	------



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


Laboratorio de Mecánica de Suelos  
y Materiales G & C E.I.R.L.

Ing. Juan Víctor Casa Apaza  
CIP 04104

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 28571  
RESP. LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.																	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS																	
ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132																	
DATOS DE LA MUESTRA																	
<b>PROYECTO</b>		: Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022															
<b>UBICACIÓN</b>		: Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.															
<b>MATERIAL</b>		: Dosificación 2%															
<b>FECHA</b>		: Enero 2022															
<b>DATOS GENERALES</b>																	
Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)		1.423		Peso del martillo		10 lbs		Clas. Suelos:									
Humedad Optima		5.2%		Altura del martillo		18 pulg		AASHTO:									
Humedad Natural				Número de Capas		5 capas		SUCS : CL-ML									
<b>DATOS DEL MOLDE (cm.)</b>																	
		1			2			3									
Nro. De Golpes		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									
<b>DATOS DE COMPACTACION</b>																	
		MOLDE Nº 20			MOLDE Nº 21			MOLDE Nº 22									
		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)		8,121			8,065			7,932									
Peso del Molde (gr)		4,213			4,211			4,214									
Peso de la Muestra Compacta (gr)		3,908			3,854			3,718									
Densidad Humeda (gr/cm3)		1.66			1.64			1.58									
Densidad Seca (gr/cm3)		1.58			1.55			1.49									
<b>DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																	
		1		2		3		4		5		6					
Peso del Tarro (gr)		14.19		14.02		14.15		13.97		14.05		13.95					
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)		87.53		82.18		83.50		81.23		81.37		81.27					
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)		83.66		79.36		79.82		78.03		77.32		78.21					
Peso del Agua (gr)		3.87		2.82		3.68		3.20		4.05		3.06					
Peso del Suelo Seco (gr)		69.47		65.34		65.67		64.06		63.27		64.26					
Contenido de Humedad		5.57%		4.32%		5.80%		5.00%		6.40%		4.76%					
Contenido de Humedad Promedio		4.94%		5.30%		5.58%											
<b>DATOS DE ABSORCION</b>																	
		1			2			3									
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)		8,136			8,111			8,055									
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)		8,121			8,065			7,932									
Porcentaje de Absorción		0.38%			1.19%			3.31%									
<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>																	
		1			2			3									
CTE. DIAL EXPANSION		0.001															
FECHA		HORA		TIEMPO TRANSC.		Dial		Pulg.		% Exp.		Dial		Pulg.		% Exp.	
21/01/2022		11.00		00 horas		0		0.000		0.00%		0		0.000		0.00%	
22/01/2022		11.00		24 horas		7		0.007		0.14%		12		0.012		0.24%	
23/01/2022		11.00		48 horas		7		0.007		0.14%		12		0.012		0.24%	
24/01/2022		11.00		72 horas		7		0.007		0.14%		12		0.012		0.24%	
25/01/2022		11.00		96 horas		7		0.007		0.14%		15		0.015		0.30%	
<b>ENSAYO DE PENETRACION</b>																	
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		Estuer.		Dial		Carga		Estuer.			
		(mm)		(pulg)		mm		Lb		PSI		mm		Lb		PSI	
0.5 min		0.64		0.025		10		102		34		5		52		17	
1.0 min		1.27		0.050		16		161		54		10		102		34	
1.5 min		1.91		0.075		23		229		76		15		151		50	
2.0 min		2.54		0.100		33		328		109		21		210		70	
4.0 min		5.08		0.200		66		653		218		42		416		139	
6.0 min		7.62		0.300		99		977		326		63		623		208	
8.0 min		10.16		0.400		132		1302		434		84		830		277	
10.0 min		12.70		0.500		165		1627		542		105		1037		346	



Ing. Juan Victor Casa Apaza  
CIP 104164

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 127571  
RESP. LABORATORIO

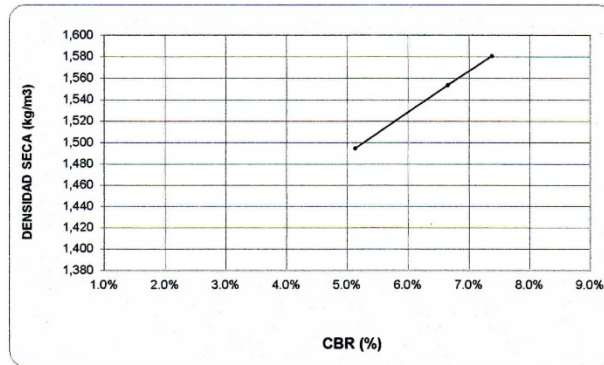
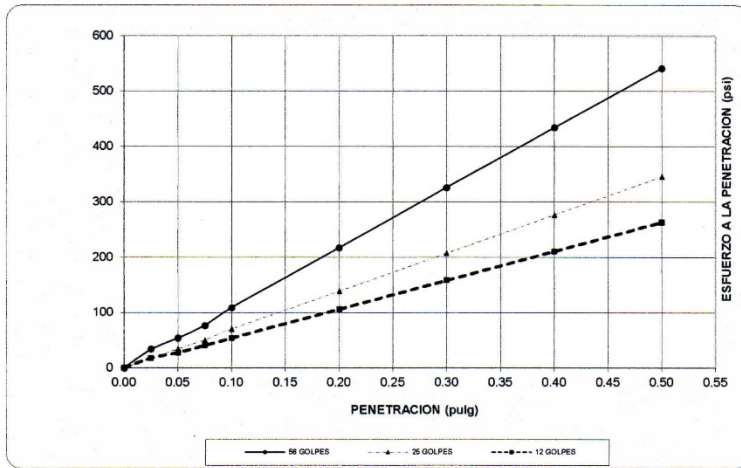


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

GRAFICO DE CBR

DATOS DE LA MUESTRA

**PROYECTO** : Fibra de Maguey con Lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022  
**SOLICITANTE** : Nilo Lemit Andia  
**UBICACIÓN** : Alto Qosqo, San Sebastian, Cusco.  
**MATERIAL** : Dosificación 2%  
**FECHA** : Enero 2022



RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> )	1.42	CBR AL 95% DE MDS =	5.4%
HUMEDAD OPTIMA (%)	5.15	CBR AL 100% DE MDS =	6.4%
Nro. DE GOLPES	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.	VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:
56 GOLPES	0.14%	0.38%	CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0.75
25 GOLPES	0.30%	1.19%	OBSERVACION:
12 GOLPES	0.33%	3.31%	

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



Ing. Juan Victor Casa Apaza  
CIP 104104

Ing. Alfredo Gaspar Apaza  
CIP 121571  
G&C LABORATORIO



# **CERTIFICADOS DE CALIBRACION**



## 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	
Modelo	PS - 11	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.
Número de Serie	1297	
Procedencia	COLOMBIA	
Código	NO INDICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.
Ubicación del Equipo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
Lugar de Calibración	APV. MINKA D1 – SAN SEBASTIAN	Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.
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

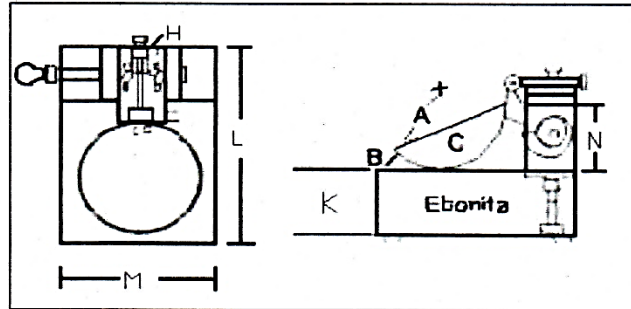
Temperatura promedio: 19.2 °C ; Humedad relativa prom. 25.0 HR%

### Observaciones

- 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. verific. 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 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.

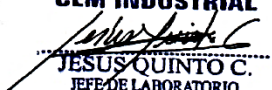
Sello



Fecha de emisión

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 <sub>max</sub> - E <sub>min</sub> ( g )	e.m.p ( g )
1000	0,01	0,6
2000	0,01	0,6

2	5
1	
3	4

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de las Cargas

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



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E <sub>0</sub>				Determinación del Error Corregido E <sub>c</sub>					e.m.p ± g
	Carga min. ( g )	I ( g )	ΔL ( g )	E <sub>0</sub> ( g )	Carga L ( g )	I ( g )	ΔL ( g )	E ( g )	E <sub>c</sub> ( 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
-------------	---------	---------	-------	---------

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

**Leyenda:**  
 L: Carga aplicada a la balanza.                      E: Error encontrado  
 I: Indicación de la balanza.                              E<sub>0</sub>: Error en cero.  
 ΔL: Carga adicional.    E<sub>c</sub>: Error corregido.

**Incertidumbre expandida de medición**      $U = 2 \times \sqrt{0,00754^2 + 0,00000000010608}$      R<sup>2</sup>

**Lectura corregida**     R<sub>CORREGIDA</sub>     =     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.**





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LT-071-2021

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.*  
**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.: 6717345 • 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		



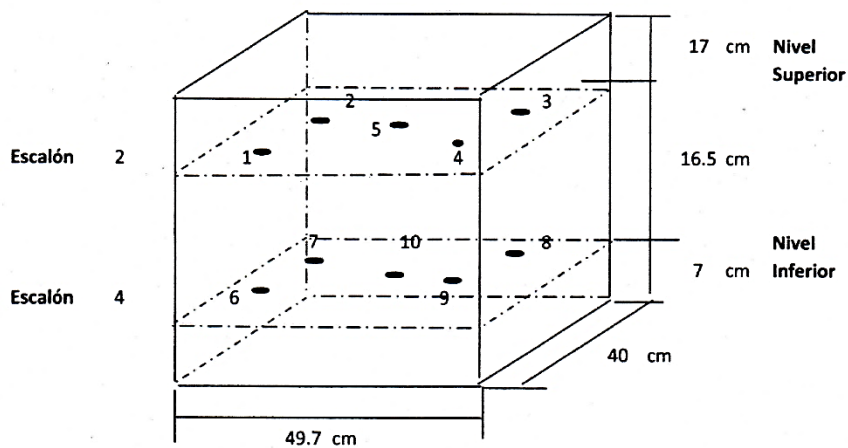
Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	123.0	0.8
Mínima Temperatura Medida	105.3	0.8
Desviación de Temperatura en el Tiempo	11.0	0.2
Desviación de Temperatura en el Espacio	8.5	0.2
Estabilidad Medida (±)	0.2	0.1
Uniformidad Medida	12.1	0.1

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

- 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.

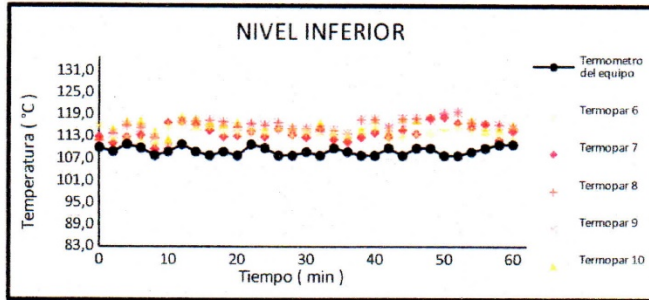
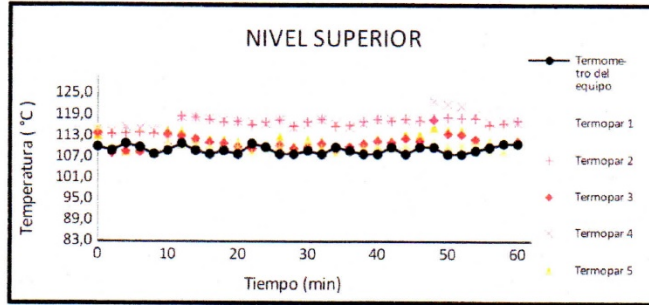
**Observación:**

·Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

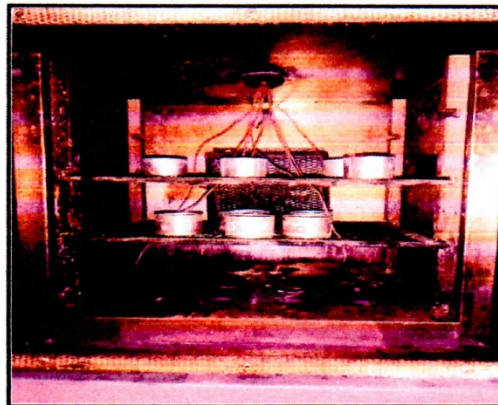
·La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$  para una distribución normal correspondiente a una probabilidad de aproximadamente 95 %.



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

Pag 1 de 2

Expediente 19020
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...

Los resultados son validos en el momento de la calibración...

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente...

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

Lugar de Calibración APV. MINKA D1 - SAN SEBASTIAN

Sello Fecha de emisión Jefe del laboratorio de calibración



2020 05 09

Signature and stamp of JESUS QUINTO C, JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial
Calle Cesar Vallejo N° 21101, BARRIO LA VILLA
TEL: 0717048 • FAX: 00510717048 • CEL: 996009718
www.cemindustrial.com • www.cemindustrial.com • www.cemindustrial.com





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-112-2021

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	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).
Modelo	ELECTRONIC SCALE	
Número de Serie	LE 028520	
Procedencia	CHINA	
Tipo	ELECTRÓNICO	
Identificación	NO INDICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.
Alcance de Indicación	0 g a 30 Kg	
División de escala (d) o resolución	0,1 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.
Div. verifc. de escala ( e)	0,1 g	
Capacidad Mínima	0,1 g	
Clase de exactitud	III	Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.
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

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

*Jesús 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