



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con
alginato de sodio, Lima 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Tintayo Carrera, Arnaldo Yadir (orcid.org/0000-0001-8631-0322)

ASESOR:

Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario (orcid.org/0000-0001-6774-8839)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico esa tesis a mi padre Modesto, por el sacrificio constante que realizó en vida para poder convertirme en un profesional.

Dedico también esta tesis a mi madre Rosenda, por su inagotable dedicación y confianza que deposita en mí.

Agradecimiento

Mi mayor agradecimiento a los docentes de la Universidad César Vallejo, por su comprensión y dedicación en transmitir sus conocimientos durante mi etapa universitaria.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1 Tipo y diseño de investigación	13
3.2 Variables y operacionalización	14
3.3 Población, muestra y muestreo	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5 Procedimientos	16
3.6 Método de análisis de datos	17
3.7 Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	22
VI. CONCLUSIONES	25
VII. RECOMENDACIONES	26
VIII. REFERENCIAS	27
IX. ANEXOS	31

Índice de Tablas

Tabla N°1. <i>Resultados de analisis granulometrico y clasificacion de suelos de las muestras patron</i>	18
Tabla N°2. <i>Resultados de los limites de consistencia de las muestras patrón</i>	19
Tabla N°3. <i>Resultados del ensayo Proctor modificado de las muestras patrón</i> ...	19
Tabla N°4. <i>Resultados del ensayo de CBR de las muestras patrón</i>	20
Tabla N°5. <i>Resultados del ensayo de CBR para la muestra de suelo con alginato de sodio</i>	21

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. <i>Estructura del alginato</i>	10
Figura 2. <i>Instrumentos utilizados en el ensayo de CBR</i>	12
Figura 3. <i>Comparación de resultados de máxima densidad seca</i>	22
Figura 4. <i>Comparación de resultados de óptimo contenido de humedad</i>	23
Figura 5. <i>Comparación de resultados de CBR al 95% de MDS a 0.1”</i>	24
Figura 6. <i>Comparación de resultados de CBR al 95% de MDS a 0.2”</i>	24

Resumen

Es bien sabido que la estabilización química mejora las propiedades mecánicas de los suelos problemáticos. Este estudio investigó el alginato de sodio como un estabilizador de la superficie del suelo respetuoso con el medio ambiente para aumentar la resistencia a la compresión no confinada (UCS) de una arcilla de alta plasticidad. Los resultados de un análisis microestructural indicaron que un nuevo material cementante, el aluminosilicato de sodio, mejoraba la estructura del suelo al rellenar el espacio de los poros y aumentar la fuerza de unión entre partículas; de ahí la mejora de la resistencia. Los extensos ensayos microestructurales realizados en las muestras estabilizadas confirmaron que las uniones de cementación se debían a la presencia de palygorskita en el espacio de los poros, lo que provocaba un aumento de las fuerzas interparticulares y una disminución del hinchamiento libre. El resultado de este estudio promueve el alginato de sodio como un aditivo respetuoso con el medio ambiente para aplicaciones de subrasantes sostenibles y otras aplicaciones relevantes.

Palabras clave: Suelo arcilloso, alginato de sodio, mejoramiento de suelo.

Abstract

It is well known that chemical stabilization improves the mechanical properties of problem soils. This study investigated sodium alginate as an environmentally friendly soil surface stabilizer to increase the unconfined compressive strength (UCS) of a high plasticity clay. The results of a microstructural analysis indicated that a new cementitious material, sodium aluminosilicate, improved the soil structure by filling the pore space and increasing the bonding strength between particles; hence the improvement in resistance. Extensive microstructural tests performed on the stabilized samples confirmed that the cement junctions were due to the presence of palygorskite in the pore space, leading to increased interparticle forces and decreased free swelling. The result of this study promotes sodium alginate as an environmentally friendly additive for sustainable subgrade applications and other relevant applications.

Keywords: Clay soil, sodium alginate, soil improvement.

I. INTRODUCCIÓN

Todo tipo de estructuras de ingeniería civil ya sea puentes, carreteras, edificios, túneles, torres, canales o presas se cimientan sobre o dentro de la superficie terrestre y para lograr que la estructura contemple un comportamiento satisfactorio se debe asegurar un suelo de calidad para una cimentación adecuada (Lambe y Whitman, 1991). Los suelos arcillosos expansivos se pueden encontrar en muchas regiones alrededor del mundo ocasionando daños en infraestructuras viales, que se cimientan sobre estos, debido a la presión por restricción de expansión ejercidos por el suelo a la infraestructura (Dave y Siddiqui, 2020). Estos suelos son considerados de baja calidad en la cimentación de proyectos viales como los pavimentos (Arab et al., 2019). La presencia de suelos arcillosos hace que muchas veces los ingenieros pierdan material del sitio debido a la baja resistencia del suelo a tráficoos altos, introduciéndose costos adicionales al proyecto con respecto al transporte de suelo de alta calidad de canteras lejanas (Tejeda y Junco, 2011).

Los suelos problemáticos son comúnmente mejorados con métodos de estabilización química, debido a la adición de cal, cemento y cenizas volcánicas para mejorar su desempeño en cuanto a resistencia y estabilidad (Bakhshizadeh et al., 2022). La cal y el cemento portland son los aditivos químicos más comunes para estabilizar un suelo arcilloso; sin embargo, la producción solo del cemento genera alrededor de 1 tonelada de CO₂ a la atmósfera (Odeh et al., 2022). La mayoría de los aditivos químicos son costosos debido a su proceso de extracción y producción, lo que conlleva a que su industrialización genere impactos negativos al ambiente (Bakhshizadeh et al., 2022). La urgencia por minimizar las importantes huellas de carbono que dejan la producción de la mayoría de los aglutinantes químicos conlleva a que surjan sustitutos como los polímeros naturales, aceites y resinas (Soltani et al., 2021).

Los avances metodológicos sobre la estabilización del suelo mediante el uso de aglutinantes más respetuosos con el medio ambiente y con una menor huella de carbono ha despertado un gran interés debido a las elevadas emisiones de carbono asociadas a la producción de los aditivos químicos (Miraki et al., 2022). Por tal motivo se han introducido biopolímeros amigables con el medio ambiente como sustituto a los

estabilizadores químicos convencionales (Mehrabi et al., 2021 citado por Miraki et al., 2022). El campo de la ingeniería geotécnica ha visto con gran potencial la implementación de métodos respetuosos con el medio ambiente para la estabilización de suelos arcillosos (Chang et al., 2019). Los biopolímeros estabilizadores de suelos, considerados sostenibles por su origen natural, otorgan características prometedoras en el reforzamiento mecánico del suelo por lo cual necesita más atención (Soltani et al., 2021).

Dentro de los principales biopolímeros se encuentra el alginato de sodio, la cual pertenece a la familia de los polisacáridos que tiene efectos de aglutinante, espesante y estabilizante en diversas áreas científicas (Ayarza, 2015). La compatibilidad biológica, el bajo costo y la poca toxicidad de este polímero natural hace que sea una alternativa sostenible en aplicaciones de la mejora del suelo (Fatehi et al., 2021).

Los procesos de cambio de volumen en los suelos expansivos se deben a la microestructura de la arcilla y de los iones intercambiables contenidos en la muestra de suelo (Dave y Siddiqui, 2020). El alginato de sodio se encarga de reducir el potencial electrostático de las partículas de arcilla contenidas en el suelo lo que conlleva a limitar su capacidad de absorción de agua y por ende reducir su capacidad expansiva (Llano et al., 2020). Según últimos estudios afirman que la presencia de palygorskita en el alginato de sodio puede controlar la expansión de la arcilla para aplicaciones de infraestructura vial (Torfi et al., 2021).

El estudio se localiza en el distrito de Carabayllo ubicado en el cono norte de la ciudad de Lima y cuenta con una superficie total de 346.89 km. En una aproximación al 2020 con base a los datos del Censo 2017 los habitantes en esta zona son de aproximadamente 320,392 habitantes. La calidad del suelo de este distrito ha causado problemas en diversos proyectos de construcción debido a que contenía porcentajes considerables de arcilla. Este mismo problema se agudiza en distintos puntos del país sobre todo en zonas tropicales como la selva peruana y zonas de la sierra y norte peruano.

En la actualidad, la comprensión sobre el desempeño de suelos problemáticos tratados con biopolímeros, como el alginato de sodio, bajo grandes cargas y climas cambiantes es escasa (Fatehi et al., 2021). El método convencional de mejoramiento de suelos

con aditivos químicos como el cemento y la cal seguirá siendo utilizado, ha generado el agotamiento de estos recursos y por sobre todo la elevación de efectos negativos al medio ambiente como lo es el calentamiento global (Parthiban et al., 2022).

La problemática general es: ¿Cuáles son los efectos de la aplicación de alginato de sodio para mejorar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos, Lima 2022? siendo la problemática específica los siguientes a) ¿Cuál es el efecto en la densidad seca y el contenido de humedad del suelo arcilloso con alginato de sodio, Lima 2022?, b) ¿Cuál es el efecto en el CBR del suelo arcilloso al aplicar alginato de sodio, Lima 2022? Se tiene como objetivo general: Determinar los efectos del alginato de sodio en el mejoramiento de suelos arcillosos de baja calidad para la pavimentación del tramo y los objetivos específicos son: a) Determinar la densidad seca y el contenido de humedad del suelo arcilloso al aplicar alginato de sodio, Lima 2022, y b) Cuantificar el efecto en el CBR de suelos arcillosos al aplicar alginato de sodio, Lima 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Gómez, Guillin & Gallardo (2016) su investigación experimental fue realizada por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Su objetivo fue evaluar el grado de variación en las propiedades físicas y mecánicas como plasticidad-densidad Resistencia-deformación respectivamente. Aplicaron las pruebas de propiedades índice para determinar la humedad óptima y densidad seca máxima del suelo, de resistencia con los ensayos de CBR corte directo y de compresión inconfineda bajo la norma I.N.V.E.152. obtuvieron; en las propiedades físicas, disminuye el índice de plasticidad en 19.8% en condiciones naturales en las mezclas suelo cal y en 23.4% para las mezclas suelo-cemento, disminución en la densidad máxima en 4.1% con cal al 6%, aumentó la humedad óptima en 5.7% para el suelo natural, la variación de valores CBR para mezclas suelo-cal y suelo-cemento fueron de 550% a 1337% respectivamente, a 28 días disminuyó y aumentó el ángulo de fricción en 17% y 8.6% para la mezcla suelo-cal y suelo cemento respectivamente, la resistencia a la compresión aumento con Cal al 6% hasta 1370% y con cal al 16% hasta 1830%. Se concluyó; la adición de cal y cemento ayuda a la estabilización de suelos arcillosos siendo un suelo apto para base de pavimentos y edificaciones.

Soltani et al. (2021), su investigación experimental fue en la Facultad de Ingeniería, Informática y Ciencias Físicas, Universidad de la Federación de Churchill, Australia. Su objetivo fue estudiar los resultados del tratamiento con biopolímero de alginato de sodio (SA) en suelo arcilloso con caucho molido (GR). Aplicaron la prueba de resistencia a la compresión uniaxial (UCS) bajo la norma ASTM D2166. Obtuvieron; los valores de UCS con DSA al 5,10 y 15 g/L fueron altos de 260.7, 311.5y 358.3 kPa mejorando al 78%, 113% y 145% respectivamente, los valores de UCS para SAP = 10g/L fueron 296.1, 311.5 y 230.6 kPa a 7 días de curado. Se concluye; para cualquier dosis de SA y duración del curado, las variaciones del parámetro UCS con respecto al contenido de GR demostraron una tendencia ascendente-descendente, alcanzando un máximo en f GR = 5 % y luego cayendo por debajo de su contraparte de 0 %GR y 10 %GR.

Bakhshizadeh, Khayat & Horpibulsuk (2022), su estudio fue realizado en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Islámica Azad Ahvaz, Irán. Su objetivo fue investigar los efectos de los métodos de estabilización de la superficie con alginato de sodio en suelo arcilloso. Aplicaron de análisis microestructurales mediante difracción de rayos X (XRD), espectroscopía de dispersión de energía (EDS) y microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) y la prueba a compresión no confinada (UCS) de acuerdo con la norma ASTM D 2166, usaron cinco concentraciones diferentes de alginato de sodio al 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1% y 1,25%. Obtuvieron; con la adición de alginato de sodio al 1,25% resultó el UCS más alto a los 28 días de curación de 188 kPa siendo 1,9 veces mayor que el UCS del suelo no estabilizado, el plano de falla claro para 0.25%, 0.5% y 0.75% de alginato de sodio. Se concluyó; el UCS de las muestras de suelo se incrementó y transformó la falla de cizallamiento dúctil en falla de cizallamiento plástica / frágil siendo la concentración óptima de alginato de sodio fue el 1.25% para los métodos de remojo para la pulverización.

Terrones (2018), su investigación experimental fue realizada en la universidad privada del norte en la escuela de ingeniería civil, Trujillo, Perú. Su objetivo fue estudiar la influencia en la sustitución parcial de suelo por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en 5%, 10% y 15%. Aplicaron clasificación de suelos (SUCS) de acuerdo a la norma ASTM D2487, ensayo Proctor Modificado de acuerdo a la norma ASTM D1557, ensayo compresión simple no confinada de acuerdo a la norma ASTM D2166, ensayo C.B.R. de acuerdo a la norma D1883. Obtuvieron; con CBCA al 5%, 10% y 15% la densidad seca máxima (g/cm^3) de 6.07%, 7.38% y 8.00%, la resistencia de 33.728 kPa, 79.040 kPa y 150.938 kPa, la muestra de suelo con adición de CBCA al 5% y 10% presentó su densidad máxima seca promedio de $2.03 \text{ g}/\text{cm}^3$ y $2.06 \text{ g}/\text{cm}^3$ también presentó incremento de humedad dentro del rango de gua que permitió un adecuado proceso de compactación. Se concluyó; adicionando un 15% de CBCA presentó una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 150.56 kPa. y 151.23 kPa., siendo el porcentaje óptimo del 15% de CBCA para lograr estabilizar el suelo a nivel de subrasante.

Geiman (2005), su investigación fue realizada en la facultad de Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia, EE. UU. Su objetivo fue comparar la eficacia de los estabilizadores no tradicionales con la eficacia de los estabilizadores más tradicionales. Se aplicó; Contenido de humedad ASTM D 2216-98 and ASTM D 4643-00, distribución de tamaño de partícula ASTM D 422-63, contenido de humedad ASTM D 4318-00, clasificación ASTM D 2487-00, contenido Orgánico ASTM D 2974-00, gravedad específica ASTM D 854-00, pH ASTM D 4972-01, contenido de sulfato AASHTO T290-95, análisis mineralógico, prueba de resistencia a la compresión no confinada ASTM D 2166-00. Obtuvieron; con cal hidratada al 3% y con cal peletizada al 5% sus valores a la resistencia a la compresión fueron de 52psi y 41psi siendo el 225% y 156% de aumento respectivamente, sus curado a 3 días y 7 días fueron de 90%-95% y 82%-84%. Se concluye; las mezclas tratadas con cal, lignosulfonato, polímero sintético y el estabilizador cementoso patentado ganan resistencia durante los siete días posteriores al curado.

Zumrawi (2015), su investigación experimental se dio en el departamento de ingeniería civil de la Universidad de Khartoum, Sudam. Su objetivo fue estudiar el efecto que causa la acción combinada de la ceniza volante y la estabilización con cemento sobre las características geotécnicas de los suelos expansivos de subrasante. Se uso cenizas volantes al 0, 5, 10,15 y 20% combinados con 5% de cemento, aplicando pruebas de límites de consistencia, compactación, relación de carga de California, potencial de hinchamiento y presión de hinchamiento en suelos tratados y no tratados. Obtuvieron; a medida que aumenta el porcentaje de cenizas volantes (con cemento constante 5%) hay una disminución gradual en el límite líquido y el índice de plasticidad, pero los valores del potencial y presión de hinchamiento disminuyeron de 18.7 a 4.5% y de 175 a 75 kPa respectivamente, la densidad seca máxima (MDD) y el contenido óptimo de humedad (OMC) aumentó en un 7% y disminuyó un 15% con ceniza volante al 15%, el CBR mejoró en un 90% con un 5 % de cenizas volantes con un 5 % de cemento. Se concluyó que la ceniza volante combinada con cemento es un agente eficaz de estabilización de suelos, los valores nativos de hinchamiento para el suelo expansivo se redujeron drásticamente.

Hussein, Makki & Maha (2018), su investigación experimental fue en el departamento de Ingeniería de Edificación y Construcción, Universidad de Tecnología, Bagdad, Irak. Su objetivo fue estabilizar modelos de arcilla blanda con aditivo de ceniza de aserrín (SDA). Usaron concentraciones de ceniza de aserrín al 0, 2, 4, 6, 8 y 10% en peso seco del suelo, aplicaron pruebas de resistencia a la compresión no confinada (UCS), relación de carga de California (CBR) y pruebas de compresibilidad con el contenido de humedad óptimo (OMC) y los valores máximos de peso unitario seco del suelo natural. Se observa los valores de límite líquido e índice de plasticidad están por arriba del 35% y el 12% para suelos tratados y no tratados, con SDA al 6% el índice de plasticidad bajo de 20 a 16, el suelo natural y SDA tuvieron gravedad específica de 2.68 y 2.02 respectivamente, el OMC fue del 18.5% con MDD igual a 16.87 kN/m³ de las muestras sin tratar, aumentó la resistencia a la compresión no confinada y la resistencia al corte no drenado con SDA al 4% igual a 169.2 kN/m². Se concluye que el SDA es un agente estabilizador económico y aceptable en la construcción de carreteras para mejorar las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso blando.

Dave, Patel, Saiyad & Patolia (2019), su investigación experimental fue realizada en el departamento de Ingeniería Civil, Instituto Indio de Ciencias de Bangalore, Karnataka, India. Su objetivo fue presentar la aplicación de fibras de polipropileno (PPF) para la estabilización de suelos expansivos. Se usó PPF en 0,75, 1,5, 2,0, 2,25 y 2,5%. Se aplicaron pruebas de características de compactación, la relación de carga de California empapada (CBR) y la compresión no confinada de muestras de suelo virgen. Obtuvieron la adición de PPF redujo la densidad seca máxima en un rango de 3 a 6,5 % y aumentó el contenido de humedad óptimo en un rango de 2,3 a 5,25 %, la mezcla de PPF (longitud de fibra de 10 mm) aumentó la CBR del suelo de 1,54 a 5,75%, el aumento de la longitud de la fibra de PPF de 10 a 30 mm aumentó aún más la CBR de 5,75 a 7,06 % para el mismo contenido de PPF, la resistencia a la compresión no confinada del suelo aumentó en un 56,9% a 2,25% PPF. Se concluyó que la estabilización de suelos usando PPF es bastante útil y el 1,5 % de fibra de PPF es óptimo para modificar propiedades de suelo cohesivo.

Paso seguido será estudiar las variables, suelos arcillosos pueden ser conceptualizados como silicatos complejos de aluminio, magnesio y hierro que pueden ser formadas por dos unidades cristalinas fundamentales: un tetraedro de silicio-oxígeno y un octaedro de aluminio o magnesio (Braja, 2014). La disposición, el tamaño y la forma de las partículas sólidas de cualquier tipo de suelo, así como la interacción y la proporcionalidad de estas, establecen las propiedades físicas y químicas del suelo, así como también su comportamiento geomecánico (Correia et al., 2021), no cuentan con buena resistencia debido a su deficiente composición estructural, además de los cambios volumétricos considerables que presenta al estar en contacto con el agua, concluyendo así que tienen propiedades mecánicas problemáticas para la ejecución de proyectos sobre este tipo de suelo (Gómez, Güillín y Gallardo, 2016) también un suelo con alto contenido de arcilla presenta problemas como baja resistencia, rendimiento inestable, facilidad para la meteorización, facilidad para el reblandecimiento, facilidad para la desintegración, su escaso rendimiento vial y su limitada aplicación en ferrocarriles y carreteras (Hu et al., 2022). Para lograr que los suelos arcillosos consigan características eficientes deben aplicarse métodos de mejoramiento de suelo, la cual ocurre cuando los suelos naturales reciben un tratamiento con el que sus propiedades mecánicas se vuelven eficaces y del mismo modo se incrementa su capacidad de resistencia frente a climas adversos (Junco, 2011). En general, la mejora del suelo es el proceso de modificación de las propiedades de ingeniería de un suelo determinado para hacerlo adecuado a su finalidad (Ahmad et al., 2017). Las propiedades mecánicas pueden dimensionarse en el porcentaje de humedad contenido en el suelo, que permite conocer la cantidad necesaria de agua para que un suelo pase de un estado sólido a un estado líquido o fluido en otras palabras es la sensibilidad del suelo al agua (Braja & Das, 2002). La dimensión de resistencia al corte simple tiene como objetivo medir los esfuerzos soportados por el suelo en una prueba de suelo drenada y consolidada, permitiendo que la poropresión se disipe de manera inmediata, además de ser la adecuada para evaluar la resistencia al corte de muestras remoldeadas (MTC, 2016). Con respecto a la dimensión de resistencia a la compresión simple, esta permite determinar la cantidad de esfuerzo de compresión axial sobre una muestra de suelo cohesivo, dentro de las

cuales se encuentran los suelos con alto contenido de fino como las arenas, limos y arcillas (MTC, 2016). En cuanto a la dimensión de cantidad de finos contenidos en el suelo es importante ya que la presencia de finos no permite que las partículas estén en contacto generando altos grados de deformación y baja resistencia (Gomes, Güillín y Gallardo, 2016). Dentro de la última dimensión de la gravedad específica, esta nos servirá para calcular la relación de vacíos y el grado de saturación que alcanza una muestra de suelo, las cuales también alteran las propiedades mecánicas del suelo (MTC, 2016). Todas estas dimensiones pueden ser medidas o calculadas mediante ensayos de laboratorio especificados por el Manual de ensayos de materiales (MTC, 2016).

Alginato de sodio como nuestra variable independiente se tiene que es un polisacárido derivado de las macroalgas pardas y está compuesto predominantemente por ácidos D-manurónico (M) y L-gulurónico (G), que se distribuyen aleatoriamente a lo largo de la estructura de la cadena polimérica, que puede presentarse en bloques homopoliméricos y bloques heteropoliméricos (Ore et al., 2020). La producción del alginato se da inicio con la recolección de algas, encontradas de manera silvestres o cultivadas, de las cuales se pueden extraer alginatos con diferentes propiedades (Ayarza, 2015). El alginato es considerado un biopolímero por su producción basada en productos naturales, y que necesita para su aplicación considerar la reología del biopolímero, los cambios de fase al variar el contenido de agua, la relación biopolímero-suelo, el tipo de suelo y el estado en el que se encuentran los fluidos almacenados en los poros del suelo, que influyen en la formación de la matriz biopolímero-suelo (Chang et al., 2019). El alginato de sodio ha tenido un gran desempeño en muchas industrias con un uso extensivo como espesante, como agente gelificante y en la industria alimentaria como emulsión (Soltani, 2021). En una investigación publicada en el repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú aclara que una vez obtenido la solución de alginato de sodio este tiene que pasar por un método de purificación, entonces el alginato de sodio puede dimensionarse en dos formas de purificación:

Método del alginato de calcio: Se le vierte una solución de cloruro de calcio a la solución del alginato de sodio logrando formar fibras y para decolorarlo se le adiciona hipoclorito de sodio. Con ambas adiciones la solución de alginato de sodio se vuelve insoluble y tiene el nombre de ácido algínico que al deshidratarlo y neutralizarlo con álcali tenemos el alginato de sodio de una textura viscosa, luego esta pasta viscosa se lava con alcohol y será secado con aire caliente para que finalmente sea pulverizado (Ayarza, 2015).

Método del ácido algínico.: Este método es más directo ya que al adicionar ácido clorhídrico diluido a la solución de alginato de sodio se puede precipitar el ácido algínico de manera inmediata. El ácido algínico precipitado de textura gelatinosa pasa por un proceso de centrifugación y eso resulta en un producto con 25% de contenido de agua con respecto al sólido. El alginato de sodio es lavado en alcohol para después pulverizarlo (Ore et al., 2020).

En la figura 1, se observa que el alginato está compuesto por los ácidos D-manuronato y L-guluronato.

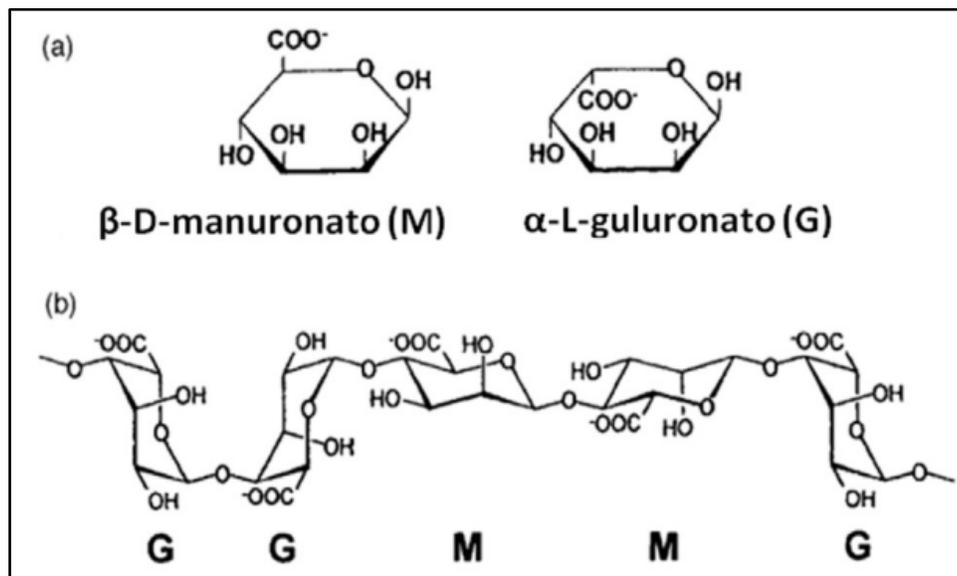


Figura 1. Estructura del alginato

Fuente: Revista de química PUCP, 2014, volumen 28

Las recientes investigaciones demuestran que los enlaces entre las partículas de arcilla y las películas de polímeros aumentan la resistencia de los suelos arcillosos; no obstante, no todos los polímeros son capaces de estabilizar el suelo y se ha limitado a usar polímeros que tengan una adhesión más fuerte en las partículas del suelo (Bakhshizadeh et al., 2022). El alginato de sodio es encontrado de manera comercial en estado sólido pulverizado y que de acuerdo con las instrucciones del productor se debe diluir una cierta cantidad de alginato de sodio con su respectiva cantidad de agua para obtener buenos resultados (Soltani, 2021).

En cuanto al ensayo de California Bearing Ratio (CBR) que se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos, según Ramirez e Hincapié (2018), el ensayo CBR se realiza frecuentemente sobre un suelo preparado en el laboratorio bajo condiciones determinadas de densidad y humedad, sin embargo, también puede realizarse en forma análoga sobre muestras inalteradas extraídas del terreno. El valor del CBR que se obtiene es importante al realizar el diseño pavimentos flexibles o rígidos. Asimismo, el ensayo del CBR se describe como la relación entre la resistencia a la penetración necesaria para que un pistón de 3 pulgadas cuadradas de superficie, penetre en 0.1 pulgadas dentro de un suelo, dividido entre 100 libras por pulgada cuadrada (psi), este último valor es la resistencia a la penetración de una muestra patrón.

$$CBR = \frac{\text{Resistencia a la penetración (psi) requerida para penetrar 0.1''}}{100 \text{ lb/pulg}^2} * 100$$

Los aparatos utilizados para realizar el ensayo de CBR, se dividen según el proceso que se realiza:

Para el proceso de compactación se utilizan moldes de forma cilíndrica de acero de 7 pulgadas a 8 pulgadas de altura y de 6 pulgadas de diámetro. Se coloca un collarín de extensión de 2 pulgadas de altura y una base perforada.

Para el proceso de CBR se utilizan moldes de forma cilíndrica de acero de 7 pulgadas a 8 pulgadas de altura y de 6 pulgadas de diámetro. Se coloca un collarín de extensión de 2 pulgadas de altura y una base perforada; un martillo de 10 libras considerando una altura de caída de 18"; un disco separador y un cuchillo para enrasar el material dentro del molde.

En la figura 2, se muestra los instrumentos utilizados en el ensayo de CBR



Figura 2. Instrumentos utilizados en el ensayo de CBR

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos UNI-FIC

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada porque se pretende reconocer, actuar, construir y modificar un problema en específico (Borja, 2016). Con un enfoque cuantitativo debido a la necesidad por medir las magnitudes de los efectos ocasionados por fenómenos en la problemática de manera objetiva en la que el investigador no influya en los resultados (Hernández, 2014).

3.1.2 Diseño de investigación

Esta investigación contempla un diseño de investigación experimental, debido a que se realizará una manipulación intencionada de la variable independiente que en este caso será el uso del alginato de sodio, aplicado aleatoriamente al mejoramiento del comportamiento mecánico de suelos arcillosos. Se tendrá dos grupos uno experimental y el otro de control con la finalidad de llevar un control riguroso de las variables a medir y de cualquier variable extraña que pueda influir en los resultados del experimento (Bernal, 2016).

Para Hernández (2014) son estudios explicativos porque examinan las relaciones entre una variable independiente y otra variable dependiente, así como la correlación causa-efecto de las primeras sobre las segundas. Estos diseños se basan en la metodología cuantitativa y la deducción. Cuando se desarrollan este tipo de investigaciones, el investigador se enfoca en la validez, el rigor y el control de la situación problemática de la investigación, además se basan en hipótesis preestablecidas para medir las variables y ser aplicadas sujetas a un diseño concebido de antemano. El esquema de diseño está representado por:

G_E (<i>Grupo experimental</i>)	R	X	O_1
G_C (<i>Grupo de control</i>)	R	–	O_2

Donde:

G_E : Grupo experimental del suelo arcilloso

G_C : Grupo de control del suelo arcilloso

R : Asignación aleatoria de las unidades del objeto de estudio a los grupos

X : Variable independiente (alginato de sodio)

O_1 : Medición de la variable dependiente (análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos) en el grupo experimental

O_2 : Medición de la variación del objeto de estudio con respecto al grupo de control

3.2 Variables y operacionalización

Variable 1: alginato de sodio

El alginato de sodio será mi variable independiente, puesto que funcionará como un agente modificador de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso, y es de tipo cuantitativa (Bernal, 2016). Para Ore et al. (2020) el alginato es un polisacárido derivado de las macroalgas pardas y está compuesto predominantemente por ácidos D-manurónico (M) y L-gulurónico (G), que se distribuyen aleatoriamente a lo largo de la estructura de la cadena polimérica, que puede presentarse en bloques homopoliméricos y bloques heteropoliméricos.

Variable 2: suelo arcilloso

En la presente investigación, la variable dependiente es el suelo arcilloso.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Arias (2012), clasifica a la población como los elementos que comparten características en común y gracias a ello permite extraer deducciones similares; la población puede ser infinita o finita.

La población de la presente investigación estuvo conformada por las principales avenidas sin asfaltar ubicadas en el distrito de Puente Piedra, Lima metropolitana en el año 2022.

3.3.2 Muestra

Según Guillén y Valderrama (2013), la muestra es un subconjunto obtenido de la población que ya se determinó, la cual mantiene características particulares con la finalidad de que las conclusiones que se obtienen se generalicen.

La muestra de la presente investigación estuvo conformada por calicatas extraídas en 3 puntos de la avenida perimetral, por lo que el tamaño de la muestra son 3 calicatas.

3.3.3 Muestreo

Según Hernández y Mendoza (2018), indican que el muestreo es un proceso en el cual se determina los elementos que representan a la población, en otras palabras, un proceso es probabilístico si la elección de sus elementos se da por métodos de probabilidades.

Debido a que, para la selección de la muestra en la investigación, no se utilizó ningún método probabilístico, se determina que el muestreo fue del tipo no probabilístico.

3.3.4 Unidad de análisis

En la presente investigación, la unidad de análisis es la avenida Perimetral, ubicada en el distrito de Puente Piedra.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para Ortiz (2003), una de las técnicas es la observación directa, el cual tiene como finalidad validar la hipótesis formulada en la presente investigación, utilizando métodos y empleando instrumentos para obtener información del fenómeno que se estudió.

Para la presente investigación, la visualización de los ensayos realizados a través del Proctor modificado y el CBR, fue la técnica más apropiada.

Según Guillén y Valderrama (2013), el mecanismo por el cual el investigador recopila datos de ensayos realizados debe ser definido como un instrumento.

Por lo tanto, para la presente investigación, se utilizará el programa Excel con la finalidad de organizar los datos para su posterior procesamiento.

3.5 Procedimientos

- Ubicación de las 3 calicatas
- Excavación y extracción del material de las calicatas
- Compra del alginato de sodio
- Preparación de las muestras para los ensayos de Granulometría y Límites de Consistencia en el laboratorio MLT Geotecnia.
- Preparación de las muestras para los ensayos de Proctor Modificado y CBR en muestra patrón (sin adicionar el alginato de sodio).
- Ensayo de Proctor modificado y CBR a muestra sin alginato de sodio.
- Preparación de las muestras para los ensayos de Proctor Modificado y CBR en

muestra patrón (adicionando 0.5%, 1.0% y 1.5% en peso de alginato de sodio).

- Ensayo de Proctor modificado y CBR a muestra con alginato de sodio.

3.6 Método de análisis de datos

Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan que el análisis de datos es un proceso necesario cuando el investigador requiera cuantificar una variable con el apoyo de un método estadístico, por lo que, este análisis se considera descriptivo o referencial.

En la presente investigación el análisis de los datos fue del tipo descriptivo, debido a que se realizaron ensayos en un laboratorio certificado por la SGS

3.7 Aspectos éticos

La presente investigación, se basó en los principios que estipula el código de Ética de Investigación de la Universidad Cesar Vallejo (2017), tales como:

- Principio de beneficencia: Este principio induce que toda búsqueda de información se desarrolle en un entorno que salvaguarde los derechos fundamentales de los participantes, y así evitar perjuicios a futuro.
- Principio de originalidad: En la presente investigación, se ha respetado los derechos del autor, por ello, se ha referenciado las investigaciones anteriores perteneciente a otros autores.
- Principio de justicia: En la presente investigación, sobresale el trato equitativo a todos los involucrados durante el desarrollo.

IV. RESULTADOS

La presente investigación tuvo como finalidad determinar de qué manera la adición del alginato de sodio, influye en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso de la avenida Perimetral ubicado en el distrito de Puente Piedra – Lima 2022, por lo cual se realizó los ensayos de granulometría, límites de consistencia, Proctor modificado y CBR a muestras en estado natural de 3 calicatas de 1.5 metros de profundidad. Luego, se realizó ensayos de CBR a muestra del suelo arcilloso, adicionando alginato de sodio en polvo en un 0.5%, 1.0% y 1.5% en peso. Se analizó los cambios que se presentaron en dichas muestras.

Para el análisis de la subrasante del suelo, primero se obtuvo los resultados de las muestras sin la adición del alginato de sodio, los cuales se pueden apreciar en la tabla N°1. En la cual se aprecia que en las 3 muestras está compuesto solamente por arena y finos, por lo tanto, según la clasificación SUCS le corresponde una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

Tabla N°1 Resultados de análisis granulométrico y clasificación de suelos de las muestras patrón

Calicata	% Grava	% Arena	% Finos	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
C-1	0.0%	38.0%	62.0%	CL	A-4 (4)
C-2	0.0%	37.7%	62.3%	CL	A-4 (4)
C-3	0.0%	38.2%	61.8%	CL	A-4 (3)

Fuente: Elaboración propia

En referencia a los límites de consistencia, se puede observar que en las 3 calicatas se obtuvieron resultados similares, tal como se muestra en la tabla N°2. En las calicatas C-1 y C-2 se obtuvieron un índice de plasticidad de 10%, lo cual determina que el suelo se clasifica como suelo de plasticidad media, el cual es una característica

propia de los suelos arcillosos, de esta manera encontramos coherencia con la clasificación SUCS obtenida en el laboratorio.

Tabla N°2 Resultados de los Limites de Consistencia de las muestras Patrón

Calicata	Limite Líquido LL	Limite Plástico LP	Índice de plasticidad IP
C-1	28.0%	18.0%	10.0%
C-2	27.0%	17.0%	10.0%
C-3	27.0%	18.0%	9.0%

Fuente: Elaboración propia

El mayor valor de la máxima densidad seca, se obtuvo de la calicata C-3, esto significa que sus partículas en el suelo cuando se realice una compactación, adquirirán mayor densificación respecto a las otras calicatas. En cuanto al valor del porcentaje del óptimo contenido de humedad se obtuvo que la calicata C-3 tiene un valor de 10.60%

Tabla N°3 Resultados del ensayo Proctor Modificado de las muestras patrón

Calicata	Máxima densidad seca (g/cm³)	Óptimo contenido de humedad (%)
C-1	2.0384	10.45%
C-2	2.0425	10.20%
C-3	2.0554	10.60%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°4, se muestra los resultados obtenidos del ensayo CBR, al 95% de la máxima densidad seca (MDS), realizada en las 3 calicatas, los resultados se encuentran dentro de los valores del 10% al 20%, por lo tanto, según la calificación del MTC, se considera como una subrasante buena. Asimismo, se observa que el máximo valor de CBR se presenta en la calicata C-3, esto quiere decir que el suelo de esta calicata tiene mayor capacidad portante en comparación de las calicatas C-1 y C-2.

Tabla N°4 Resultados del ensayo de CBR de las muestras patrón

Calicata	CBR al 100% MDS 0.1"	CBR al 95% MDS 0.1"
C-1	24.2%	14.0%
C-2	23.8%	14.6%
C-3	24.2%	14.8%

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar los ensayos con la muestra en estado natural (muestra patrón), se procede a trabajar con la calicata C-1, ya que presenta el valor más bajo del CBR. A esta muestra se le adiciona el alginato de sodio en polvo en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% en peso.

Debido al objetivo de la presente investigación, fue analizar las propiedades mecánicas al adicionar alginato de sodio en un suelo arcilloso de la avenida Perimetral ubicado en el distrito de puente Piedra – Lima 2022, efectuamos los ensayos de CBR para las muestras alteradas adicionando el alginato de sodio.

Los resultados al adicionar el alginato de sodio se muestran en la tabla N°5, en la cual se observa que los valores del CBR al 95% de la MDS, incrementó su valor en las tres muestras, respecto a la muestra patrón. El valor del CBR en la muestra M1 aumento de 14% a 16.8 %, en la muestra M2 aumentó de 14% a 21.5% y en la muestra M3 aumentó de 14% a 17.3%. El incremento del valor del CBR significa que al adicionar el alginato de sodio mejora la capacidad portante del suelo arcilloso.

Tabla N°5 Resultados del ensayo de CBR para la muestra de suelo con alginato de sodio

Calicata	Muestra	Porcentaje en peso de alginato de sodio	CBR al 100% MDS 0.1"	CBR al 95% MDS 0.1"
C-1	M1	0.5%	24.5%	16.8%
C-1	M2	1.0%	30.4%	21.5%
C-1	M3	1.5%	25.6%	17.3%

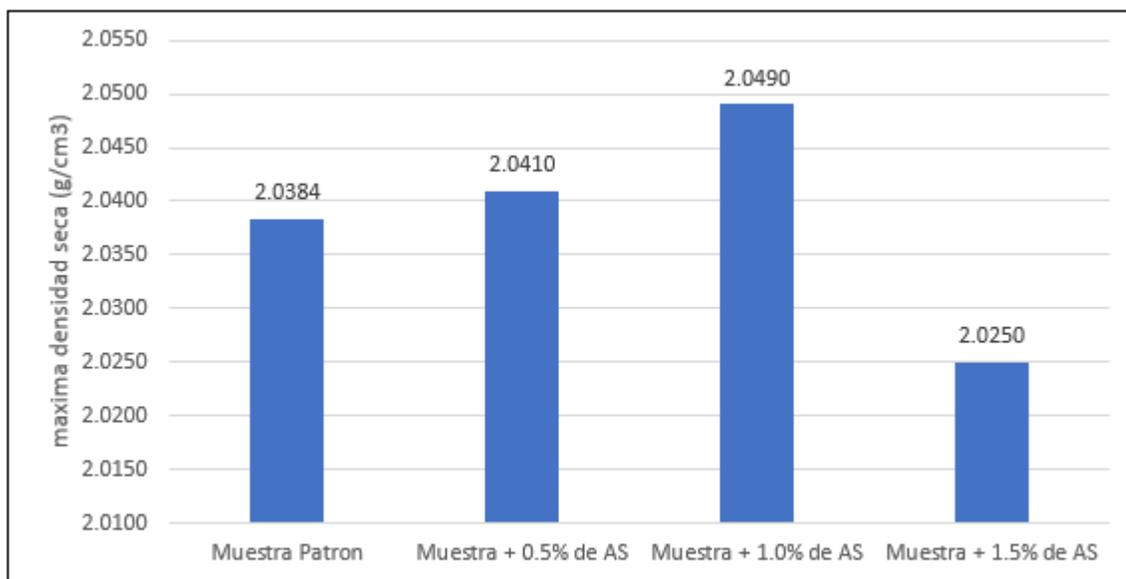
Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En esta tesis de investigación, se obtuvo los resultados para la máxima densidad seca y del óptimo contenido de humedad. En cuanto a la máxima densidad seca, se muestra un crecimiento de su valor cuando se adiciona alginato de sodio al 1.0% en peso de la muestra y luego disminuye su valor. Estos resultados presentan similitud a los resultados obtenidos por Roldan de Paz, en su investigación de pregrado denominada Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases, donde menciona que, al agregar cloruro de sodio al suelo, eleva la máxima densidad seca y se reduce el óptimo contenido de humedad, por lo tanto, los resultados si mejoran los porcentajes de CBR.

En la figura 3, se observa los resultados obtenidos de la máxima densidad seca, el cual se incrementa y luego disminuye su valor.

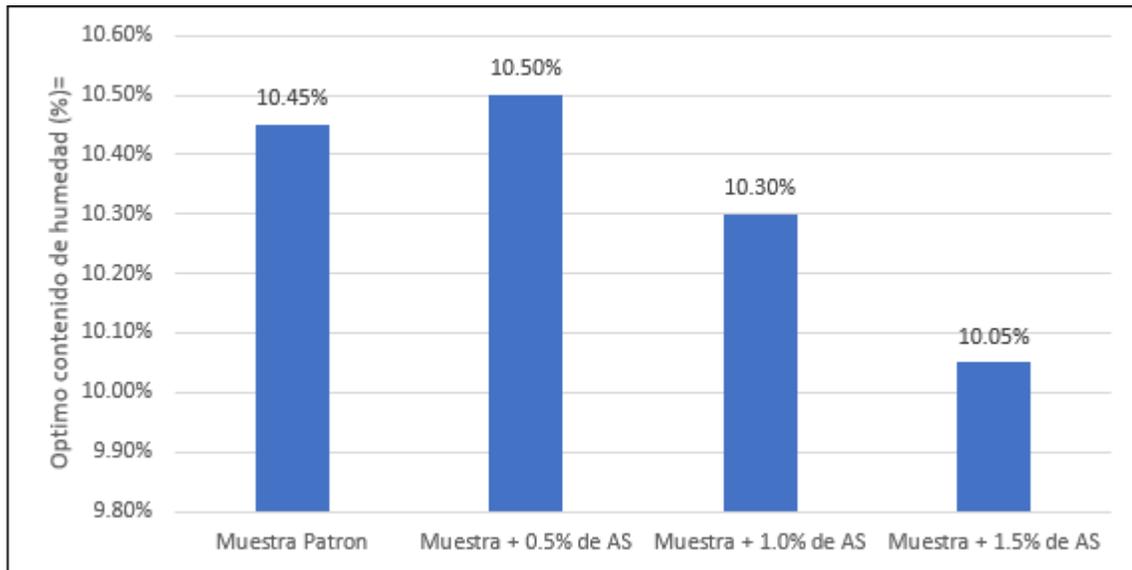
Figura 3. Comparativo de resultados de MDS



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, se ilustra los resultados obtenidos del optimo contenido de humedad, el cual disminuye a medida que aumenta el porcentaje de alginato de sodio adicionado.

Figura 4. Comparativo de resultados de optimo contenido de humedad

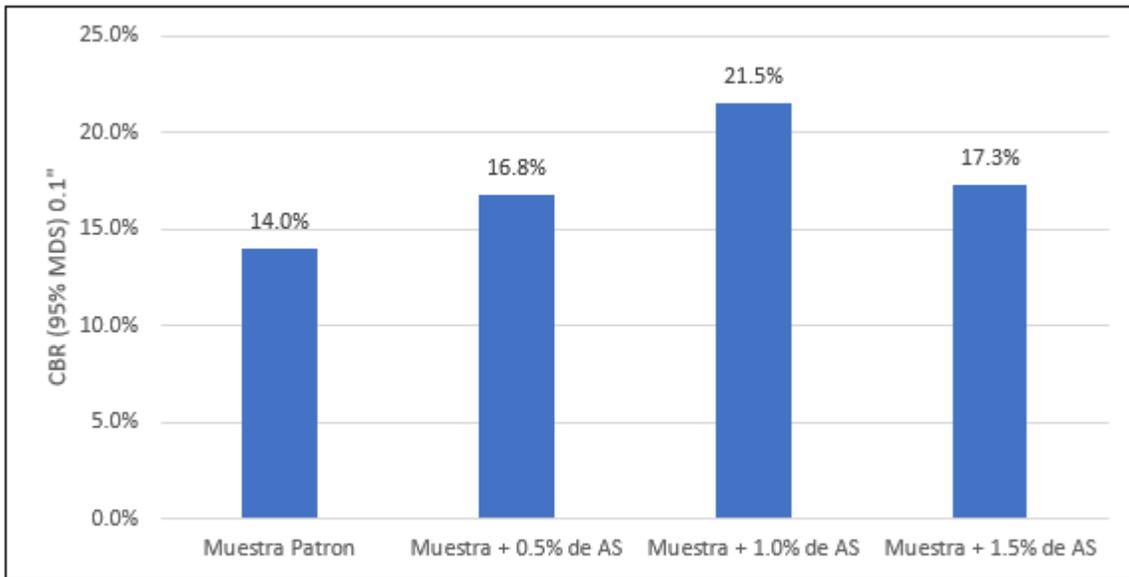


Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos del CBR (California Bearing Ratio), se aprecia que la cifra del CBR incrementa a un 95% de la MDS a 0.1" y 0.2" para las concentraciones de 1.0% de adición de alginato de sodio en peso, este resultado presenta semejanza a los resultados obtenidos en el artículo de revisión científica de Bakhshizadeh, quien al adicionar concentraciones de alginato de sodio al 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% y 1.25%, obtuvo un incremento del USC de las muestras realizadas.

En la figura 5, se muestra la variación ascendente del valor del CBR al adicionar alginato de sodio desde 0.5% hasta 1.0% en peso, y luego disminuye a 10.05%

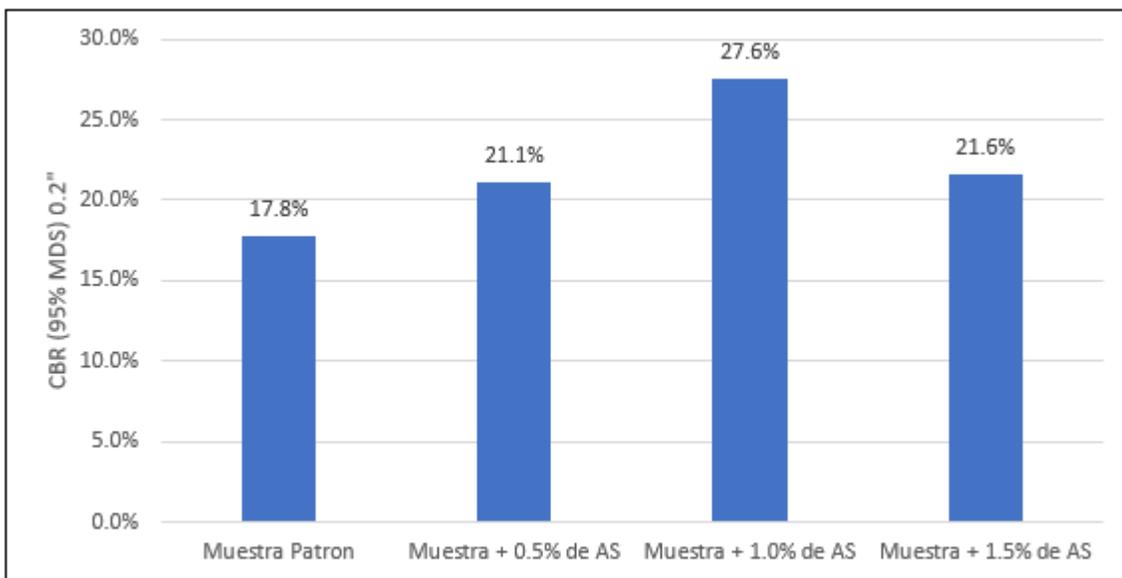
Figura 5. Comparación de resultados de CBR al 95% de MDS a 0.1”



Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, se muestra la variación ascendente del valor del CBR al adicionar alginato de sodio desde 0.5% hasta 1.0% en peso, y luego disminuye a 10.05%

Figura 6. Comparación de resultados de CBR al 95% de MDS a 0.2”



Fuente: Elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se verificó que el alginato de sodio influye positivamente en el comportamiento de la subrasante de las vías de acceso estudiada. Mediante los ensayos de laboratorio de las muestras tomadas en la avenida Perimetral ubicada en el distrito de Puente Piedra se verificó que, al adicionar AS en polvo en porcentajes en peso, aumentó el valor del CBR, el mayor valor se presentó cuando al adicionar el alginato de sodio en 1.0% del peso de la muestra patrón. Este incremento se refleja en la capacidad portante del suelo, lo cual conlleva a una reducción en los espesores de las capas del pavimento a construir en un futuro.
2. Las propiedades mecánicas del suelo arcilloso se mejoran al adicionar el alginato de sodio en porcentajes en peso. Debido a que, el valor del CBR en la muestra M1 aumento de 14% a 16.8 %, en la muestra M2 aumentó de 14% a 21.5% y en la muestra M3 aumentó de 14% a 17.3%. Estos incrementos se comparan respecto a los valores obtenidos con la muestra en estado natural, sin adicionar el alginato de sodio.
3. El valor del CBR cuando se adiciona alginato de sodio en un 1.0% del peso de la muestra tiene un valor de 21.5%, y cuando se adiciona el alginato de sodio en un 1.5% del peso de la muestra el valor del CBR es de 17.3%, por lo que deducimos que el porcentaje óptimo de adición de alginato de sodio se encuentra entre el valor de 1.0% y 1.5%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar los ensayos descritos en la presente investigación en suelos con arcillas de alta plasticidad, por ello, se recomienda obtener muestras de calicatas ubicadas en la selva peruana, debido a que hay mayor presencia de suelos arcillosos.
2. Los resultados de la presente investigación se realizaron en su totalidad en un laboratorio, se recomienda que en futuras investigaciones realizar estos ensayos in situ y comparar con los resultados que se obtuvieron.
3. En futuras investigaciones considerar adicionar alginato de sodio en porcentajes de peso en el rango del 1.0% y 1.5%, y así determinar el valor óptimo del CBR a considerar.

VIII. REFERENCIAS

AHMAD, A., Latifi, N., Meehan, C., & Manahiloh, K. (2017), *Sustainable improvement of tropical residual soil using an environmentally friendly additive. Geotechnical and Geological Engineering*, 35(6), 2613-2623, <https://doi.org/10.1007/s10706-017-0265-1>, ISSN: 0960-3182.

ARIAS, Fidas. El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica [en línea]. 6.^a ed. Caracas: Episteme, C.A., 2012 [fecha de consulta: 15 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION
ISBN: 9800785299

BAKSHIZADEH, Amin, Khayat, Navid & Horpibulsuk Suksun (2022), *Surface stabilization of clay using sodium alginate, Case Studies in Construction Materials*, 16, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01006>, ISSN: 2214-5095.

DAVE, T. & SIDDIQUI, A. A (2020), Use of Polypropylene Fibres for Cohesive Soil Stabilization. En: AMIT Prashant, AJANTA Sachan & CHANDRAKANT S. *Advances in Computer Methods and Geomechanics Desai, IACMAG Symposium, 2019*. pp. 519-527. ISBN: 978-981-15-0889-9.

GOMEZ, Luis, GUILLIN, William y GALLARDO, Romel (2022), *Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante, Caldas: Revista Tecnura*, 20, 95-107, <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a07>, ISSN: 2248-7638.

GUILLÉN, Oscar y VALDERRAMA, Santiago. Guía para elaborar la tesis universitaria

[en línea]. Lima: Ando Educando, 2013 [fecha de consulta: 2 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/37024919/GU%C3%8DA_PARA_ELABORAR_LA_TESIS_UNIVERSITARIA_ESCUELA_DE_POSGRADO

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ª ed. México: Mc Graw Hill, 2014 [fecha de consulta: 16 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
ISBN: 9781456223960

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta [en línea]. México: Mc Graw Hill, 2018 [fecha de consulta: 2 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>
ISBN: 9781456260965

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (Perú). Diagnóstico de la situación de las brechas de infraestructura o de acceso a servicios. Recursos de internet [en línea]. Lima: Enero 2020 [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2022]. Disponible en https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/477819/Diagnostico_Brechas_PMI2021-2023.PDF

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (Perú). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima: MTC, 2014. 305 pp.

ORTIZ, Frida. Diccionario de metodología de la investigación científica [en línea]. México: Limusa, 2003 [fecha de consulta: 06 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://dariososafoula.files.wordpress.com/2017/01/diccionario-de-metodologia-de-la->

investigacion-cientifica_ortiz_uribe.pdf

ISBN: 9681864336

PONCE, Daisy. Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica. Tesis. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2018. Disponible en <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1414>

RAMÍREZ Triviño, Valentina e HINCAPIÉ Olano, Julio Cesar. Evaluación CBR de sub-base granular mezclada con tereftalato de polietileno (PET); para uso en vías terciarias. Tesis. Pereira: Universidad Libre, 2018. Disponible en <https://hdl.handle.net/10901/17063>

ROLDAN, Jairo. Estabilizacion de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases. Tesis. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.

SANTA CRUZ, Jorge. Determinación del espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos. Tesis. Lima: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2223>

SARANGO, Glenda. Estabilización de capas granulares para construcción y mantenimiento vial con organosilanos en la vía colectora E182 (Carchi). Tesis. Quito: Universidad Central del Ecuador, 2019. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20242>

SOLTANI, Amin et al. (2021), Improved Shear Strength Performance of Compacted Rubberized Clays Treated with Sodium Alginate Biopolymer, *Polymers*, 13(764), <https://doi.org/10.3390/polym13050764>.

TAMAYO, Mario. El proceso de la Investigación científica [en línea]. México: Limusa, 2003 [fecha de consulta: 16 de setiembre de 2022]. Disponible en:

<https://bit.ly/3M5cKRS>

ISBN: 9681858727

TERRONES, Andrea. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo-2018, (ingeniero civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, Facultad de ingeniería, 2018. 385 pp. <https://hdl.handle.net/11537/14971>.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA “Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con alginato de sodio, Lima, 2022”						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION
Problema General: ¿Cuáles son los efectos de la aplicación de alginato de sodio para mejorar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos, Lima 2022?	Objetivo General: Determinar los efectos del alginato de sodio en el mejoramiento de suelos arcillosos de baja calidad para la pavimentación del tramo	Hipótesis General: La aplicación del alginato de sodio mejorará las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos	VARIABLE (I) Alginato de sodio			Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Experimental Población: Avenidas sin asfaltar del distrito de Puente Piedra Muestra: Calicatas extraídas en 3 puntos de la avenida Perimetral Instrumentos: Formato de recolección de datos de los ensayos laboratorio
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
			Dosificación	%	Cálculos	
			Peso	gr	Balanza	
Consistencia	Polvo o pasta	Órgano visual	VARIABLE (D) Suelo arcilloso			
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	VARIABLE (D) Suelo arcilloso			Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Experimental Población: Avenidas sin asfaltar del distrito de Puente Piedra Muestra: Calicatas extraídas en 3 puntos de la avenida Perimetral Instrumentos: Formato de recolección de datos de los ensayos laboratorio
¿Cuál es el efecto en la densidad seca y el contenido de humedad del suelo arcilloso con alginato de sodio, Lima 2022?	Determinar la densidad seca y el contenido de humedad del suelo arcilloso al aplicar alginato de sodio, Lima 2022	El suelo arcilloso adicionado con alginato de sodio aumenta la densidad seca y el contenido de humedad.	Máxima densidad seca	gr/cm3	copa de Casagrande	
			Contenido óptimo de humedad	%	copa de Casagrande	
¿Cuál es el efecto en el CBR del suelo arcilloso al aplicar alginato de sodio, Lima 2022?	Cuantificar el efecto en el CBR del suelo arcilloso al aplicar alginato de sodio, Lima 2022.	El alginato de sodio mejora el CBR del suelo arcilloso	Finos pasantes la 200	%	tamiz 200	
			CBR	%	Equipo para ensayo CBR	

ANEXO 2. Matriz de operacionalización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN “Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con alginato de sodio, Lima, 2022”						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable (I) Alginato de sodio	Es un polisacárido derivado de las macroalgas pardas y está compuesto predominantemente por ácidos D-manurónico (M) y L-gulurónico (G), que se distribuyen aleatoriamente a lo largo de la estructura de la cadena polimérica, que puede presentarse en bloques homopoliméricos y bloques heteropoliméricos (Ore et al., 2020).	El alginato de sodio será aplicado en polvo al suelo arcilloso en 3 diferentes dosificaciones, las cuales son: 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso total del suelo.	dosificación	%	cálculo	razón
			peso	g	balanza	
			consistencia	Polvo o pasta	órgano visual	
Variable (D) Suelos arcillosos	En general, la mejora del suelo es el proceso de modificación de las propiedades de ingeniería de un suelo determinado para hacerlo adecuado a su finalidad (Arulrajah et al., 2016 citado por Ahmad et al., 2017)	Para determinar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos se realizará el ensayo de límite líquido y plástico, el análisis de tamizado en húmedo y ensayo de California Bearing Ratio (CBR).	Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad	%	copa de Casagrande	razón
			Finos pasantes la 200	%	tamiz 200	
			Gravedad específica	adimensional	Equipo para ensayo CBR	

Anexo 3. Análisis de resultados (muestra patrón sin alginato de sodio)



(511) 457 2237 / 989349903

informes@mtlgeotecniasac.com

Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima - Perú

www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PERFIL ESTRATIGRÁFICO	Código	FOR-LSR-MS-005
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D420

REFERENCIA	Resultados de Laboratorio		
SOLICITANTE	Arnaldo Vialir Tintayo Camero		
TESIS	"Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, Lina 2022"		
UBICACIÓN	Lima		
COORDENADA	--		
CALICATA	C-7	Fecha de ensayo:	21/10/2022
PROFUNDIDAD	1.50 m		

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACION	
				SUCS	AASHTO
0.10		ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD, ESTADO SEMI HÚMEDO, COLOR MARRÓN, GRAVAS AISLADAS DE FORMA REDONDEADA, NO SE ENCONTRÓ LA NAPA FREÁTICA	M-1	CL	A-4 (4)
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					

OBSERVACIONES:

- * Tipo de Excavación manual a cielo abierto (calicata)
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

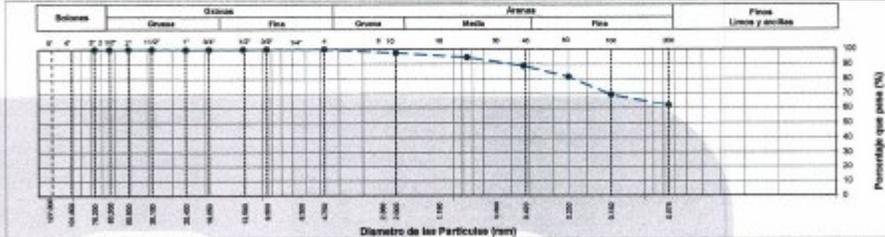
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS		Código	FOR-PR-LAB-MS-905.01
			Revisión	5
			Aprobado	CC-MTL
			Fecha	28/11/2021
TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, Lima 2022 SOLICITANTE : Arnaldo Yadir Tinayo Caravea UBICACIÓN : Lima EXPEDIENTE N° : --- Celoteo : C-1 Aprobado por: G.C.M Muestra : MA-1 Ensayado por: G.C.M Profundidad : 0.00 - 1.50 m Fecha de ensayo: 24/10/2022				

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
3"	76.200	100.00	/	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
2 1/2"	63.500	100.00			CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
2"	50.800	100.00			Contenido Humedad (%) 6.7	
1 1/2"	38.100	100.00			LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)	
1"	25.400	100.00			Límite Líquido (LL) 26	
3/4"	19.050	100.00			Límite Plástico (LP) 16	
1/2"	12.700	100.00			Índice Plástico (IP) 10	
3/8"	9.530	100.00			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)	
N° 4	4.750	100.00			Grava (%) 0.0	
N° 10	2.000	97.53			Arena (%) 36.0	
N° 20	0.850	94.51			Finos (%) 62.0	
N° 40	0.420	86.72			CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
N° 60	0.250	81.61			Clasificación SLICS (ASTM D2487) CL	
N° 100	0.150	69.40	Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-4 (4)			
N° 200	0.075	61.98	Nombre del Grupo Arcilla arcillosa de baja plasticidad			

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: ASTM 2483 CL Arcilla arcillosa de baja plasticidad

- INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**
- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
 - El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secado al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un lavado Manual. Además se identificó un tipo de suelo inorgánico.
 - El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Multipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 110°C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



- OBSERVACIONES:**
- Muestra prevista e identificada por el solicitante.
 - Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  J. P. B. Jefe de Laboratorio	Revisado por:  J. Moreno Huaman Ingeniero Civil Ingeiero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con edición de aligerato de suelo, Lima 2022"
SOLICITANTE : Amelio Yadir Tinsayo Carera
UBICACIÓN : Lima
EXPEDIENTE N° : --

Sondaje/Calcete : C-1
Muestra : M-1
Cape : 1.5 m

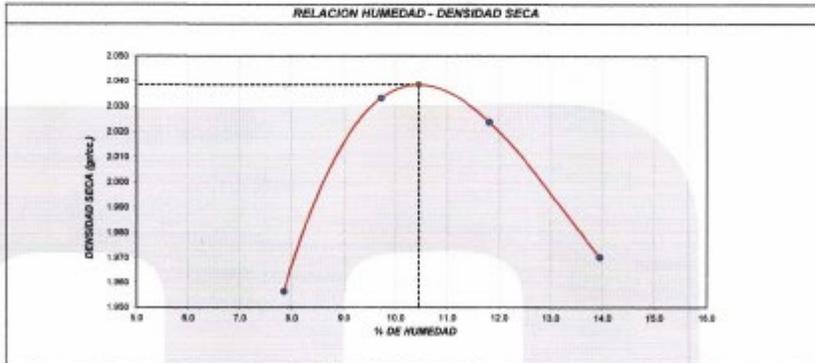
Aprobado por: G.C.M.
Ensayado por: G.C.M.
Fecha de ensayo: 24/10/2022

Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/m³)
(2,700 kN-m/m³)
(Ensayo de compactación - Proctor Modificado)

Método de Ensayo	A
Tamiz límite	No. 4
Método de preparación	Muestra Húmeda
Tipo de apisonador	Manual
Volumen Molde	910 cm ³
Peso Molde	3968 gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Densidad Húmeda	gr/cm ³ 2.110	2.231	2.253	2.245	-
Contenido de agua	% 7.8	9.7	11.8	13.9	-
Densidad Seca	gr/cm ³ 1.956	2.033	2.024	1.970	-

Densidad Máxima Seca:	2.638	gr/cm ³ .	ntenido Humedad Óptima:	10.46	%
-----------------------	-------	----------------------	-------------------------	-------	---



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FDR-PR-LAB-MS-003.01
	RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA CBR	Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

TIPO : Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de almidón de maíz, LÍNEA 2027

SOLICITANTE : Alvarado Yadir Tercero Cuevas

DIRECCIÓN : Lima

EXPEDIENTE N° : --

Carrera/Catálogo : C-2

Muestra : M-1

Profundidad : 1.5 m

Aprobado por: G.C.M.
Elaborado por: G.C.M.
Fecha de ensayo: 25/10/2022

**CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1557**

A) Ensayo preliminar de Compactación:
(Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557)

Método : A

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.0384

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.45

B) Contenido de Humedad:
(Ensayo de Contenido de Humedad ASTM D-2216)

Condición de la muestra	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN
Peso de suelo seco (gr.)	305.8	-	195.6	-	320.4	-
Peso de agua (gr.)	32.2	-	26.3	-	24.6	-
Humedad (%)	10.53	-	13.45	-	7.68	-

C) Compactación de Moldes:

Molde N°	Molde N° 1	Molde N° 2	Molde N° 3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	95	25	12
Condición de la muestra	No surteado	No surteado	No surteado
Humedad (%)	10.53	13.45	7.68
Densidad seca (gr/cm ³)	2.038	1.646	1.778

D) Cuadro CBR para 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración:

Penetración (0.1/0.2)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025	57	57	2.6	-	-	47	2.4	-	-	12	0.9	-	-
0.050	110	110	8.1	-	-	104	8.9	-	-	32	2.6	-	-
0.075	221	221	11.7	-	-	156	7.8	-	-	95	2.8	-	-
0.100	332	332	16.0	17.8	24.3	203	10.3	19.4	94.8	69	4.2	6.2	6.9
0.150	507	507	25.1	-	-	315	16.0	-	-	126	6.1	-	-
0.200	682	682	33.1	33.4	33.7	405	20.6	29.0	99.3	151	7.7	7.3	6.8
0.300	886	886	45.1	-	-	541	27.5	-	-	198	14.4	-	-
0.400	1180	1180	53.8	-	-	656	33.0	-	-	218	11.1	-	-
0.500	1251	1251	61.0	-	-	741	37.6	-	-	251	12.7	-	-

E) Proceso de expansión o hinchamiento: No presente

Fecha	Hora	Tiempo (hr)	Diel	Expansión		Diel	Expansión		Diel	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- NOTAS DEL ENSAYO**
- 1) El suelo corresponde a una clasificación: CL
 - 2) El porcentaje retenido por el tamiz 300" es de 0 %
 - 3) No hay material de material para el porcentaje retenido en el tamiz 300"
 - 4) Antes de la penetración, la condición de muestra es sumergida
 - 5) Los materiales se surtearon durante 96 horas.
 - 6) Para la preparación y compactación de la muestra se utilizó el método indicado en ASTM D-1557
 - 7) El porcentaje de expansión o hinchamiento total es de -- y -- respectivamente para los moldes usados.
 - 8) -

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

TEST : Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de asfalto de suelo, Lima 2022
SOLICITANTE : Arnaldo Yadir Trejari Carrera
UBICACIÓN : Lima
EXPEDIENTE N° : ---

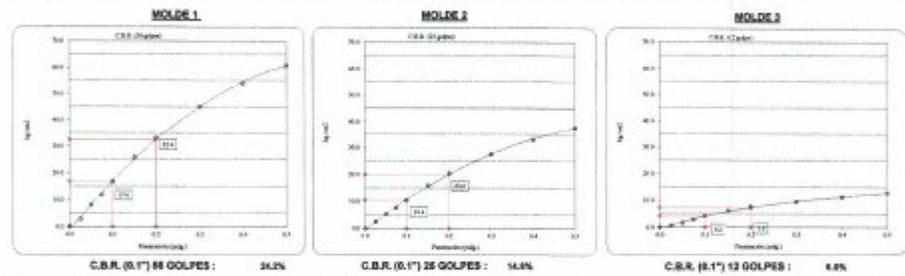
Carrera/Calle : C-1 **Aprobado por:** G.C.M.
Muestra : M-1 **Ensayado por:** G.C.M.
Profundidad : 1.5 m **Fecha de ensayo:** 28/10/2022

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1883**

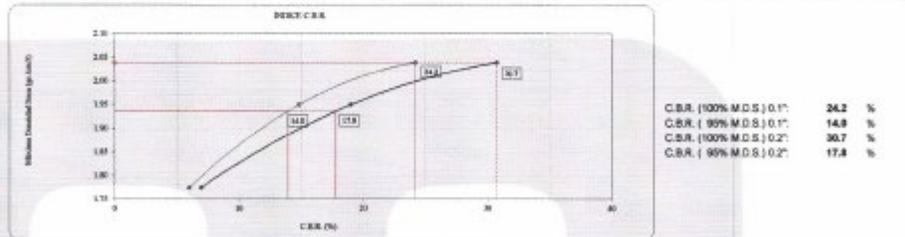
Ensayo de Próctor Modificado - Método C

Máxima Densidad Seca	2.038 gr/cm ³	Óptimo Contenido de Humedad	10.45 %
Máxima Densidad Seca al 95%	1.935 gr/cm ³	Clasificación de suelos	CL

Curvas de Esfuerzo vs. Penetración



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PERFIL ESTRATIGRÁFICO	Código	FOR-LSR-MS-005
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

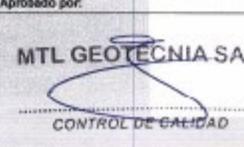
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D420

REFERENCIA	- Resultados de Laboratorio		
SOLICITANTE	- Arnaldo Yadir Tintayo Carrera		
TESIS	- "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con acción de egipto de sodio, Lima 2022"		
UBICACIÓN	- Lima		
COORDENADA	-		
CALICATA	- C-2	Fecha de ensayo:	21/10/2022
PROFUNDIDAD	- 1.50 m		

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10		ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD, ESTADO SEMI HÚMEDO, COLOR MARRÓN. GRAVAS AISLADAS, NO SE ENCONTRÓ LA NAPA FREÁTICA	M-1	CL	A-4 (2)
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					

OBSERVACIONES:

- * Tipo de Excavación manual a cielo abierto (calicata)
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-PR-LAB-185-006.01
		Revisión	6
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/10/2021

TEST	Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con edición de algraco de azido, Línea 2022		
SOLICITANTE	Arriado Yadir Tadayo Camero		
UBICACIÓN	Lima		
EXPEDIENTE N°	---		
Calicata	C-2	Aprobado por:	G.C.M.
Muestra	M-1	Ensayado por:	G.C.M.
Profundidad	0.00 - 1.50 m	Fecha de ensayo:	24/10/2021

TAMIZ	AASHTO 1-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
2 1/2"	63.500	100.00		Contenido Humedad (%)	6.6
2"	50.800	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)	
1 1/2"	38.100	100.00		Límite Líquido (LL)	27
1"	25.400	100.00		Límite Plástico (LP)	17
3/4"	19.050	100.00		Índice Plástico (IP)	10
1/2"	12.700	100.00		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)	
3/8"	9.530	100.00		Grava (%)	0.0
N° 4	4.750	100.00		Arena (%)	37.7
N° 10	2.000	97.22		Finos (%)	62.3
N° 20	0.850	93.68		CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
N° 40	0.430	88.49		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	CL
N° 60	0.250	81.31		Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	A-4 (4)
N° 100	0.150	68.11	Nombre del Grupo		
N° 200	0.075	62.32	Arzila arenosa de baja plasticidad		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: ASTM 2488 CL Arzila arenosa de baja plasticidad

- INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:
- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
 - El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5 °C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
 - El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Multipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 110 ± 5 °C.



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-PR-LAB-MS-006.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de asfalto de sodio, Lina 2022
 SOLICITANTE : Amado Yadi Tillya Cáceres
 UBICACIÓN : Lima
 EXPEDIENTE N° : ...

Sondaje/Calicata : C-2 Aprobado por: G.C.M.
 Muestra : M-1 Ensayado por: G.C.M.
 Profundidad : 1.50 m Fecha de ensayo: 24/10/2022

Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

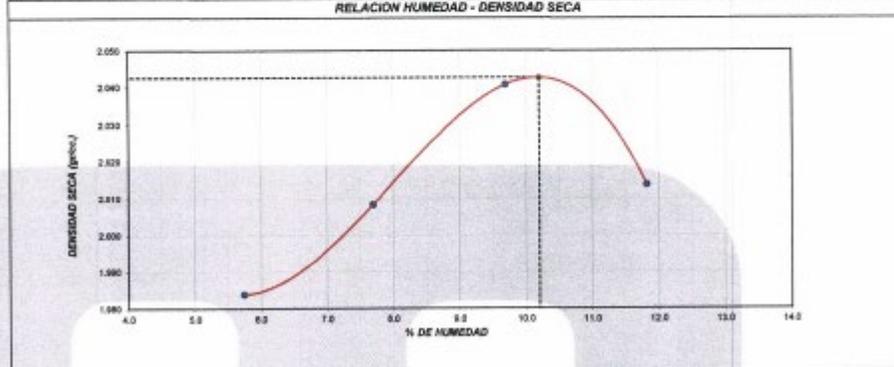
(Ensayo de compactación - Proctor Modificado)

Método de Ensayo	A
Tamiz límite	No. 4
Método de preparación	Muestra Húmeda
Tipo de apisonador	Manual
Volumen Molde	910 cm ³
Peso Molde	3968 gr.

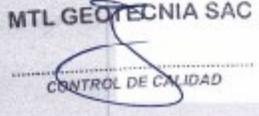
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.098	2.163	2.238	2.262	-
Contenido de agua (%)	5.7	7.7	9.7	11.8	-
Densidad Seca (g/cm ³)	1.984	2.008	2.041	2.014	-

Densidad Máxima Seca:	2.043 g/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	10.20 %
-----------------------	---------------------------	---------------------------	---------

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01	
	RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR		Revisión	2	
				Aprobado por	CC-MTL
				Fecha	18/06/2021

TESIS	: "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de almagre de roble, Lima 2021"			
SOLICITANTE	: Anacleto Raúl Tinlayo Camero			
UBICACION	: Lima			
EXPERIMENTO N°	: ---			
Contorno/Calzada	: C-2	Aprobado por	: G.C.M.	
Muestra	: M-7	Ensayado por	: G.C.M.	
Profundidad	: 1.00 m	Fecha de ensayo	: 20/10/2022	

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1557**

A) Ensayo preliminar de Compactación:
(Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557)

Método:	: A
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³):	: 2.0425
Óptimo Contenido de Humedad (%):	: 10.20

B) Contenido de Humedad:
(Ensayo de Contenido de Humedad ASTM D-2216)

Condición de la muestra	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN
Peso de auto-sat. (gr.)	369.8	-	390.1	-	495.8	-
Peso de agua (gr.)	37.8	-	36.8	-	88.7	-
Humedad (%)	10.20	-	9.28	-	17.89	-

C) Compactación de Muestras:

Muestra N°	A	B	C
Número de golpes	5	5	5
Número de golpes	50	25	12
Condición de la muestra	No supergotea	No supergotea	No supergotea
Humedad (%)	10.20	10.20	16.89
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.042	1.988	1.786

D) Cuadro CBR para 9.1 y 9.2 pulgadas de penetración:

Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm ²)	A				B				C			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025	81	4.1	-	-	48	2.4	-	-	22	1.1	-	-	
0.050	127	6.5	-	-	89	4.5	-	-	45	2.3	-	-	
0.075	213	10.8	-	-	158	7.9	-	-	77	3.9	-	-	
0.100	20.28T	328	16.8	16.7	35.8	218	10.7	10.8	68.1	108	5.3	5.3	3.4
0.150	-	488	24.8	-	-	312	15.8	-	-	152	7.7	-	-
0.200	309.89T	648	32.8	32.8	30.8	425	21.3	21.0	19.8	201	10.2	10.0	6.6
0.300	-	883	45.4	-	-	583	29.8	-	-	272	13.8	-	-
0.400	-	1080	54.9	-	-	690	35.0	-	-	308	15.8	-	-
0.500	-	1175	59.7	-	-	730	37.1	-	-	323	16.4	-	-

E) Proceso de expansión e hinchamiento: No presenta

Fecha	Hors	Tiempo (hr)	Del	Expansión		Del	Expansión		Del	Desplazo	
				mm	%		mm	%		mm	%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- NOTAS DEL ENSAYO**
- El suelo corresponde a una clasificación: CL.
 - No hay remplazo de material para el porcentaje retenido en el tamiz 3M^m.
 - Antes de la penetración, la condición de muestra es sumergida.
 - Los materiales se sumergieron durante 96 horas.
 - Para la preparación y compactación de la muestra se utilizó el método indicado en ASTM D-1557.
 - No se calculó la expansión del material por considerarse estos efectos despreciables.
 -
 -

OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR		Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
			Revisión	2
			Aprobado	CC-MTL
			Fecha	16/06/2021

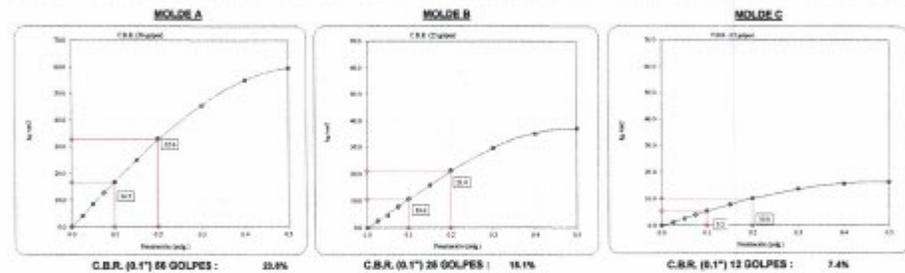
TEMA	Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de agregado de sodo, Lima 2022*		
SOLICITANTE	Arnaldo Yadir Tinleyo Carera		
UBICACIÓN	Lima		
EXPEDIENTE N°	---		
Centra/Calzeta	C-2	Aprobado por:	G.C.M.
Muestra	M-1	Ensayado por:	G.C.M.
Profundidad	1.50 m	Fecha de ensayo:	26/10/2022

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1883**

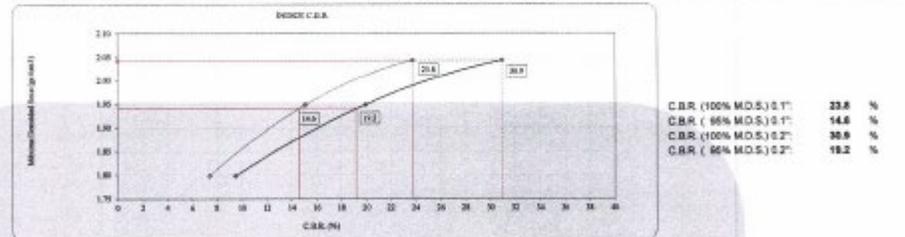
Ensayo de Próctor Modificado - Método C

Máxima Densidad Seca	2.043 g/cm ³	Óctavo Contenido de Humedad	10.20 %
Máxima Densidad Seca al 95%	1.940 g/cm ³	Clasificación de suelos	CL

Curvas de Esfuerzo vs. Penetración



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PERFIL ESTRATIGRÁFICO	Código	FDR-LSR-MS-006
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

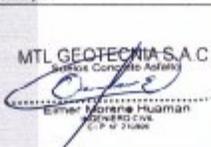
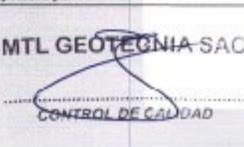
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D420

REFERENCIA	Resultados de Laboratorio		
SOLICITANTE	Amado Yadir Tinlayo Camero		
TESIS	"Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, Lima 2022"		
UBICACIÓN	Lima		
COORDENADA	-		
CALICATA	C-3	Fecha de ensayo:	21/10/2022
PROFUNDIDAD	1.50 m		

PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACION	
				SUCS	AASHTO
0.10		ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD, ESTADO SEMI HÚMEDO, COLOR MARRÓN, GRAVAS AISLADAS, NO SE ENCONTRÓ LA NAPA FREÁTICA	M-1	CL	A-4 (4)
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00					

OBSERVACIONES:

- * Tipo de Excavación manual a cielo abierto (calicata)
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-PS-LAB-MS-005.01
		Revisión	5
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	2011/03/21

TEBS	: Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, LÍNEA 2022*		
SOLICITANTE	: Arnaldo Yadir Trujano Carrero		
UBICACIÓN	: Lima		
EXPEDIENTE N°	: ---		
Célula	: C-3	Aprobado por:	G.C.M.
Muestra	: M-1	Ensayado por:	G.C.M.
Profundidad	: 0.00 - 1.50 m	Fecha de ensayo:	24/10/2022

TAMIZ	ASIENTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) : 7.6 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) : 27 Límite Plástico (LP) : 18 Índice Plástico (IP) : 9 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422) Grava (%) : 0.0 Arena (%) : 33.2 Finos (%) : 61.8 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) : CL Clasificación AASHTO (ASTM D3282) : A-4 (2) Nombre del Grupo : Arcilla arenosa de baja plasticidad
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.050	100.00		
1/2"	12.700	100.00		
3/8"	9.530	100.00		
N° 4	4.750	100.00		
N° 10	2.000	97.04		
N° 20	0.850	94.31		
N° 40	0.425	88.63		
N° 60	0.250	80.69		
N° 100	0.150	66.65		
N° 200	0.075	61.64		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: CL Arcilla arenosa de baja plasticidad
ASTM 2488

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 a 5°C. Se realizó un sifonado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- 3) El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Multipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 110°C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	GERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/08/2021

PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, Lima 2022"
SOLICITANTE : Arnaldo Yadir Tinayo Carrera
UBICACIÓN : Lima
EXPEDIENTE N° : ---

Sonstaje/Calicata : C-3 **Aprobado por:** G.C.M.
Muestra : M-1 **Ensayado por:** G.C.M.
Capa : 1.5 cm **Fecha de ensayo:** 24/10/2022

Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lb/ft³ (2,700 kN-m/m³))
(Ensayo de compactación - Proctor Modificado)
ASTM D1557 - 12e1

Método de Ensayo	A
Tamiz límite	No. 4
Método de preparación	Muestra Húmeda
Tipo de apacador	Manual
Volumen Molde	910 cm ³
Peso Molde	3068 gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2.118	2.195	2.271	2.249	-
Contenido de agua (%)	6.5	8.5	10.5	12.5	-
Densidad Seca (g/cm ³)	1.989	2.023	2.056	2.000	-

Densidad Máxima Seca:	2.055 g/cm ³	Contenido Humedad Óptima:	10.60 %
------------------------------	-------------------------	----------------------------------	---------



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-PR-LAB-MS-004.01	
	RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR		Revisión	2	
				Aprobado	CG-MTL
				Fecha	16/06/2021

TÍTULO	Análisis de los propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de agente de suelo. Lote 2022			
SOLICITANTE	Arquitecto Víctor Enrique Carrero			
UBICACIÓN	Lima			
EXPEDIENTE N°	---			
Condición/Calidad	C-3	Aprobado por:	G.C.M.	
Muestra	MS-1	Ensayado por:	G.C.M.	
Profundidad	1.5 m	Fecha de ensayo:	25/12/2022	

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1557**

- A) Ensayo preliminar de Compactación:**
(Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557)
- Método : A
Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 2.0554
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.80

- B) Contenido de Humedad:**
(Ensayo de Contenido de Humedad ASTM D-2216)

Condición de la muestra	MOJD	FM	MOJD	FM	MOJD	FM
Peso de suelo seco (g)	439.7	-	435.6	-	490.7	-
Peso de agua (g)	45.8	-	85.6	-	49.8	-
Humedad (%)	10.80	-	19.70	-	10.17	-

- C) Compactación de Moldes:**

Moldes N°	D	E	F
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	95	75	10
Condición de la muestra	No sumergida	No sumergida	No sumergida
Humedad (%)	10.80	19.70	10.17
Densidad seca (g/cm ³)	2.095	1.997	1.923

- D) Cuadro CBR para 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración:**

Penetración	Carga Standard (kg/cm ²)	Carga D				Carga E				Carga F			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
3.025	85	4.3			81	3.1			28	1.4			
3.090	172	8.7			120	6.2			52	2.6			
3.075	254	12.9			151	7.7			78	4.0			
3.120	333	17.1	17.0	24.3	210	10.7	10.6	15.1	185	9.3	9.2	9.4	
3.150	411	25.2			240	15.2			144	7.3			
3.220	580	33.7	33.6	35.9	414	21.0	21.0	19.8	184	9.3	9.2	9.7	
3.300	841	47.8			617	31.3			244	12.4			
3.420	1180	68.9			728	38.5			281	14.3			
3.580	1280	68.3			890	43.6			310	15.0			

- E) Proceso de expansión o hinchamiento:** No presenta

Fecha	Hora	Tiempo (hr)	Diel	Expansión		Diel	Expansión		Diel	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NOTAS DEL ENSAYO

- El suelo corresponde a una clasificación CL.
- El porcentaje retenido por el tamiz 300" es de 0 %.
- No hay retención de material para el porcentaje retenido en el tamiz 300".
- Antes de la penetración, la condición de muestra es sumergida.
- Los materiales se sumergieron durante 96 horas.
- Para la preparación y compactación de la muestra se utilizó el método indicado en ASTM D-1557.
- No se calculó la expansión de material por considerarse estos efectos despreciables.
-

OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	MTL GEOTECNIA S.A.C.  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	MTL GEOTECNIA SAC  Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/08/2021

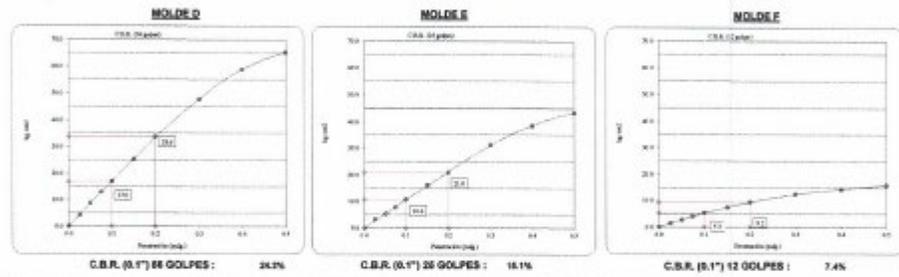
TESIS : "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con edición de agrarato de suelo, Lima 2022" SOLICITANTE : Armaso Yadir Tillyo Cervero UBICACIÓN : Lima EXPEDIENTE N° : ---	Aprobado por: G.C.M. Ensayado por: G.C.M. Fecha de ensayo: 28/10/2022
--	--

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1883**

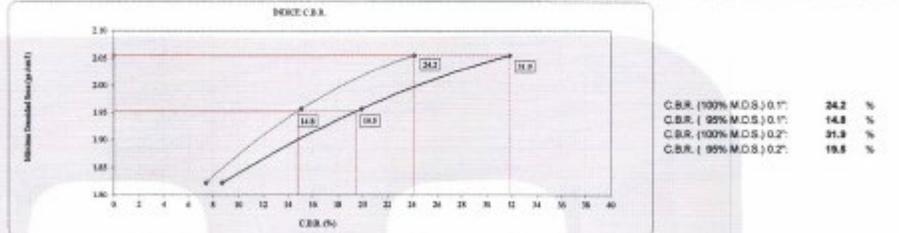
Ensayo de Próctor Modificado - Método C

Máxima Densidad Seca	2.065 gr/cm ³	Óptimo Contenido de Humedad	10.82 %
Máxima Densidad Seca al 95%	1.963 gr/cm ³	Clasificación de suelos	CL

Curvas de Relación vs. Penetración



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

Anexo 4. Análisis de resultados (muestra con 0.5% de alginato de sodio)



(511) 457 2237 / 989349903

informes@mtlgeotecniasac.com

Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima- Perú

www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, Lima 2022"
SOLICITANTE : Arnaldo Yadr Tindayo Carrera
UBICACIÓN : Lima
EXPEDIENTE N° : --

Sondaje/Calicata : C-1
Muestra : Natural + 0.5 % Alginato de Sodio
Cape : 1.5 m

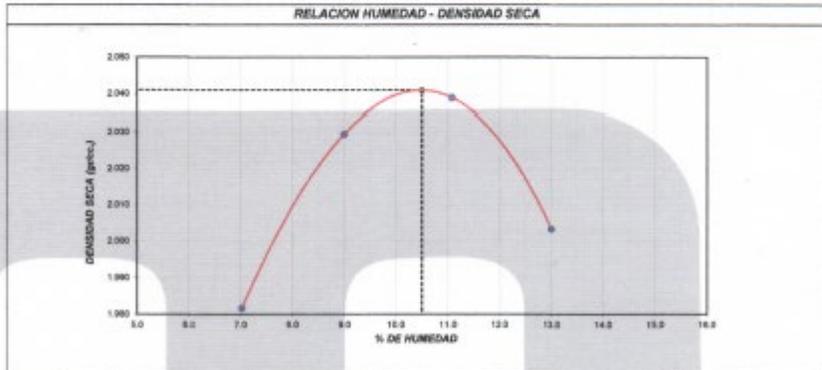
Aprobado por: G.C.M.
Ensayado por: G.C.M.
Fecha de ensayo: 7/11/2022

Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³)
(2,700 kN-m/m³)
(Ensayo de compactación - Proctor Modificado)

Método de Ensayo	A
Tamiz límite	No. 4
Método de preparación	Muestra Húmeda
Tipo de apisonador	Manual
Volumen Molde	910 cm ³
Peso Molde	3958 gr.

NUMERO DE ENSAYOS	-	1	2	3	4	6
Densidad Húmeda	gr/cm ³	2.121	2.212	2.265	2.264	-
Contenido de agua	%	7.0	9.0	11.1	13.0	-
Densidad Seca	gr/cm ³	1.982	2.029	2.039	2.003	-

Densidad Máxima Seca: 2.041 gr/cm³ Contenido Humedad Óptima: 10.50 %



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-PR-LAB-MS-006.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

TEST - Análisis de las propiedades mecánicas de sustrato artificial con aditivo de agriete de sodio, Línea 2502 ¹⁾ SOLICITANTE - Amado Yadir Tolaño Canava UBICACIÓN - Lima EXPOSICIÓN Nº - Cantón/Calle - C-1 Muestra - Natural + 0.5 % Algodón de Jodó Profundidad - 1.0 m	Aprobado por: G.C.M. Ensayado por: G.C.M. Fecha de ensayo: 11/11/2022
---	--

**CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1557**

A) Ensayo preliminar de Compactación:
(Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557)

Método	A
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.541
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.50

B) Contenido de Humedad:
(Ensayo de Contenido de Humedad ASTM D-2216)

Condición de la muestra	MICRO	FIN	MICRO	FIN	MICRO	FIN
Peso de sustrato seco (gr.)	508.7	-	473.6	-	484.9	-
Peso de agua (gr.)	53.4	-	49.8	-	51.9	-
Humedad (%)	10.50	-	10.52	-	10.69	-

C) Compactación de Muestras:

Muestra Nº	Muestra Nº 1	Muestra Nº 2	Muestra Nº 3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	50	25	10
Condición de la muestra	NO SURGIDAS	NO SURGIDAS	NO SURGIDAS
Humedad (%)	10.50	10.52	10.69
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.036	1.928	1.819

D) Cuadro CBR para 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración:

Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm ²)	Muestra Nº 1				Muestra Nº 2				Muestra Nº 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.028		53	3.7			49	3.4			11	0.8		
0.050		150	10.4			112	7.7			25	1.8		
0.075		241	17.0			159	11.1			42	2.9		
0.100	10.302	343	24.1	17.2	24.6	221	15.3	11.9	16.1	62	4.3	3.4	4.8
0.150		525	36.7			341	23.9			109	7.4	1.3	8.8
0.200	125.400	668	46.9	30.6	31.9	425	29.8	21.2	28.1	140	9.8		
0.300		812	56.9			514	36.0			209	14.4		
0.400		1128	79.1			683	48.1			280	19.2		
0.600		1536	106.3			764	53.9			320	22.2		

E) Proceso de expansión e hinchamiento: No presenta

Fecha	Hora	Tiempo (s)	Dia	Expansión		Dia	Expansión		Dia	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NOTAS DEL ENSAYO

- 1) El suelo corresponde a una clasificación: CL
- 2) El porcentaje retenido por el tamiz 3/4" es de 0 %
- 3) No hay remplazo de material para el porcentaje retenido en el tamiz 3/4"
- 4) Antes de la penetración, la condición de muestra es surtigada
- 5) Los materiales se surtigaron durante 98 horas
- 6) Para la preparación y compactación de la muestra se utilizó el método indicado en ASTM D-1557
- 7) El porcentaje de expansión e hinchamiento total es de -- y --, respectivamente para los modos usados.
- 8) --

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

TEST : "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, LÍNEA 2002"

SOLICITANTE : Ansaldo Yacht-Trieste Camara

UBICACIÓN : Lima

EXPEDIENTE N° : ---

Carretera/Calicata : C-1 Aprobado por: G.C.M.

Muestra : Natural + 0.5 % Alginato de Sodio Ensayado por: G.C.M.

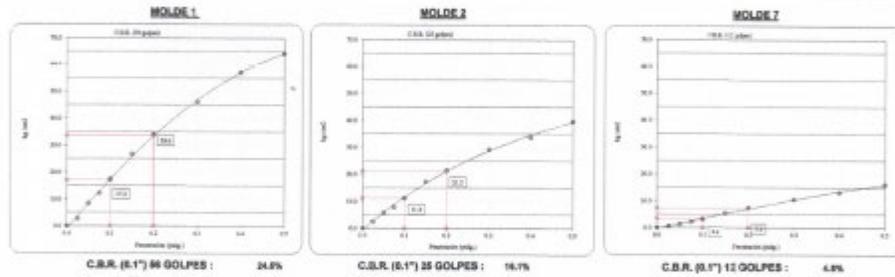
Profundidad : 1.5 m Fecha de ensayo: 11/11/2022

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1883**

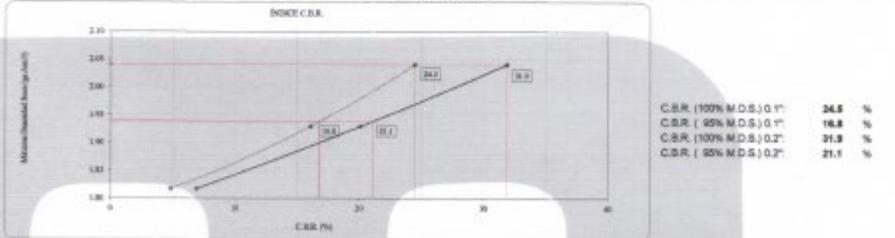
Ensayo de Práctico Modificado - Método C

Máxima Densidad Seca	2.041 gr/cm ³	Óptimo Contenido de Humedad	10.50 %
Máxima Densidad Seca al 95%	1.939 gr/cm ³	Clasificación de suelos	CL

Curvas de Esfuerzo vs. Penetración



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 5. Análisis de resultados (muestra con 1.0% de alginato de sodio)



(511) 457 2237 / 989349903

informes@mtlgeotecniasac.com

Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima- Perú

www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

PROYECTO : "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, Lima 2022"
SOLICITANTE : Amado Yadir Tintayo Camero
UBICACIÓN : Lima
EXPEDIENTE N° : --

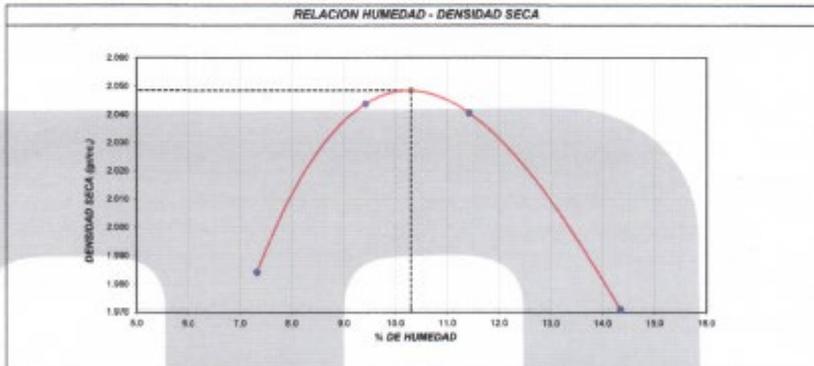
Sondaje/Calicata : C-1
Muestra : Natural + 1.0 % de alginato de sodio
Cape : 1.5 m
Aprobado por: G.C.M.
Ensayado por: G.C.M.
Fecha de ensayo: 21/11/2022

Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³)
(2,700 kN-m/m³)
(Ensayo de compactación - Proctor Modificado)

Método de Ensayo	A
Tamiz límite	No. 4
Método de preparación	Muestra Húmeda
Tipo de apisonador	Manual
Volumen Molde	910 cm ³
Peso Molde	3906 gr

NUMERO DE ENSAYOS	-	1	2	3	4	5
Densidad Húmeda	gr/cm ³	2.130	2.236	2.274	2.254	-
Contenido de agua	%	7.3	9.4	11.4	14.3	-
Densidad Seca	gr/cm ³	1.984	2.044	2.041	1.971	-

Densidad Máxima Seca: 2.049 gr/cm³ Humedad Óptima: 10.30 %



OBSERVACIONES:

* Muestra provista e identificada por el solicitante.

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-PH-LAB-805-006.01
		Revisión	2
		Aprobado	CG-MTL
		Fecha	18/06/2021

TÍTULO : Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con acción de agua de suelo. Línea 2022			
SOLICITANTE : Anasol Vador Tanya Carrea			
UBICACIÓN : Lima			
EXPERIMENTE N° : ---			
Centosa/Calicata : C-1	Aprobado por : G.C.M.		
Muestra : Natural + 1.0 % de agua de suelo	Ensayado por : G.C.M.		
Profundidad : 1.2 m	Fecha de ensayo : 11/11/2022		

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1557**

A) Ensayo preliminar de Compactación:
(Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557)

Método:	A
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³):	2.549
Óptimo Contenido de Humedad (%):	10.30

B) Contenido de Humedad:
(Ensayo de Contenido de Humedad ASTM D-2216)

Condición de la muestra	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN
Peso de suelo seco (gr.)	473.0	-	461.0	-	493.7	-
Peso de agua (gr.)	49.6	-	61.6	-	51.1	-
Humedad (%)	10.31	-	10.34	-	10.36	-

C) Compactación de Muestras:

Muestra N°	Muestra N° 4	Muestra N° 5	Muestra N° 2
Número de golpes	5	5	5
Número de golpes	50	20	10
Contenido de agua (%)	no saturadas	no saturadas	no saturadas
Humedad (%)	10.31	10.34	10.36
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.095	1.992	1.788

D) Cuadro CBR para 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración:

Penetración (pulg.)	Carga estándar (kg/cm ²)	Muestra N° 4				Muestra N° 5				Muestra N° 2			
		Carga		Conversion		Carga		Conversion		Carga		Conversion	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025	73	3.7	-	-	95	3.9	-	-	10	0.9	-	-	
0.050	207	10.5	-	-	144	7.0	-	-	44	2.2	-	-	
0.075	330	16.2	-	-	207	10.5	-	-	54	4.3	-	-	
0.100	30.902	430	21.4	21.4	50.4	277	14.1	14.3	28.9	132	6.7	6.2	
0.150	-	658	33.4	-	421	21.8	-	-	211	10.7	-	-	
0.200	105.050	846	42.0	42.5	40.3	557	28.3	27.6	28.2	272	13.6	13.2	
0.300	-	1155	58.7	-	752	38.2	-	-	303	18.4	-	-	
0.400	-	1375	68.6	-	891	45.3	-	-	422	21.4	-	-	
0.500	-	1585	79.5	-	1015	51.5	-	-	518	26.3	-	-	

E) Proceso de expansión o hinchamiento: No presenta

Fecha	Hora	Tiempo (h)	Día	Expansión		Día	Expansión		Día	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NOTAS DEL ENSAYO

- 1) El suelo corresponde a una clasificación: CL
- 2) El porcentaje retenido por el tamiz 3/4" es de 0 %
- 3) No hay necesidad de material para el porcentaje retenido en el tamiz 3/4"
- 4) Antes de la penetración, la condición de muestra es sumergida
- 5) Los materiales se saturaron durante 96 horas
- 6) Para la preparación y compactación de la muestra se utilizó el método indicado en ASTM D-1557
- 7) El porcentaje de expansión o hinchamiento total es de - y - respectivamente para los moños usados.
- 8) -

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante
- * Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/06/2021

FESIS : "Análisis de las propiedades mecánicas de sustratos arcillosos con adición de aljóstr de sodio, Línea 2022"
 SOLICITANTE : Amelito Yadir Tintayo Camero
 UBICACIÓN : Lima
 EXPEDIENTE N° : ---

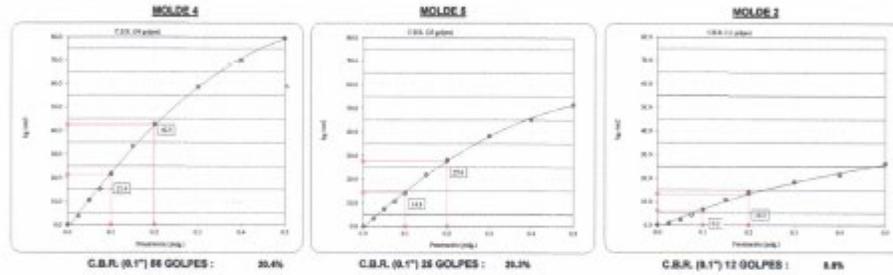
Contrata/Calicata : C-1
 Muestra : Natural + 1.0 % de aljóstr de sodio
 Profundidad : 1.5 m
 Aprobado por: G.C.M.
 Ensayado por: G.C.M.
 Fecha de ensayo: 11/11/2022

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1883**

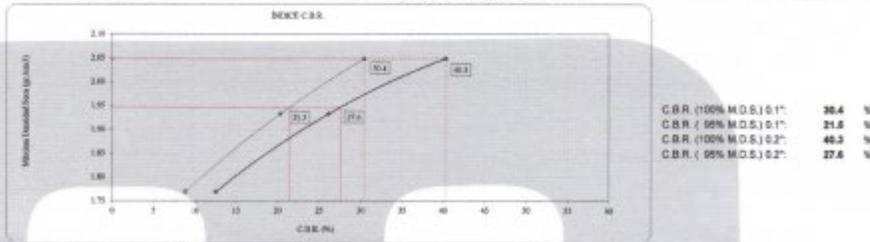
Ensayo de Próctor Modificado - Método C

Máxima Densidad Seca : 2.049 gr./cm³
 Mínima Densidad Seca al 95% : 1.948 gr./cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 10.20 %
 Clasificación de suelos : CL

Curvas de Esfuerzo vs. Penetración



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 6. Análisis de resultados (muestra con 1.5% de alginato de sodio)



(511) 457 2237 / 989349903

informes@mtlgeotecniasac.com

Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima - Perú

www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-PI-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/08/2021

PROYECTO : Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio, Lima 2022
SOLICITANTE : Arnaldo Yari Tintayo Carrea
UBICACIÓN : Lima
EXPEDIENTE N° : -

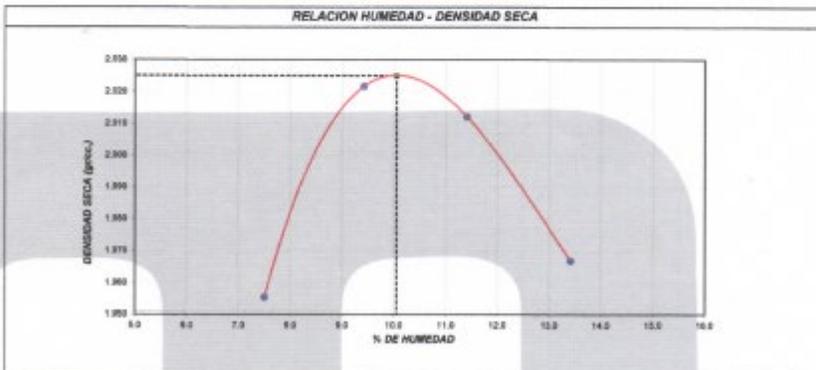
Sondaje/Calicata : C-1 Aprobado por: G.C.M.
Muestra : Natural + 1.5 % alginato de sodio Ensayado por: G.C.M.
Capa : 1.5 m Fecha de ensayo: 7/11/2022

Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³)
(2,700 kN-m/m³)
(Ensayo de compactación - Proctor Modificado)

Método de Ensayo	A
Tamiz límite	No. 4
Método de preparación	Muestra Húmeda
Tipo de aplicador	Manual
Volumen Molde	910 cm ³
Peso Molde	3988 gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Densidad Húmeda gr/cm ³	2.102	2.212	2.242	2.231	-
Contenido de agua %	7.5	9.4	11.4	13.4	-
Densidad Seca gr/cm ³	1.955	2.022	2.012	1.967	-

Densidad Máxima Seca:	2.025	gr/cm ³ .	ntenido Humedad Óptima:	10.25	%
-----------------------	-------	----------------------	-------------------------	-------	---



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-PR-LAB-NS-006.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	18/08/2021

TÍTULO	"Análisis de las propiedades mecánicas de suelo arcilloso con acción de aglutino de sodio, Lima 2021"		
SOLICITANTE	Almado Yañez Telloyo Camero		
UBICACIÓN	Lima		
EXPERIMENTO N°	---		
Centeno/Calizas	C-1	Aprobado por:	G.C.M.
Muestra	Natural + 1.5 % aglutino de sodio	Ensayado por:	G.C.M.
Profundidad	1.2 m	Fecha de ensayo:	11/11/2022

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1683**

A) Ensayo preliminar de Compactación:
(Ensayo Proctor Modificado ASTM D-1557)

Método:	I	A
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	:	2.025
Óptimo Contenido de Humedad (%)	:	18.05

B) Contenido de Humedad:
(Ensayo de Contenido de Humedad ASTM D-2216)

Condición de la muestra	MECDO	FIN	MECDO	FIN	MECDO	FIN
Peso de suelo seco (gr.)	496.1	-	501.2	-	497.6	-
Peso de agua (gr.)	49.1	-	50.4	-	49.8	-
Humedad (%)	10.10	-	10.06	-	10.03	-

C) Compactación de Muestras:

Muestra N°	Moda N° 9	Moda N° 10	Moda N° 12
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Formación de la muestra	10 estratificación	10 estratificación	10 estratificación
Humedad (%)	10.10	10.06	10.03
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.024	1.911	1.798

D) Cuadro CBR para 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración:

Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm ²)	Moda N° 9				Moda N° 10				Moda N° 12			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025	55	3.3			51	2.9			11	0.8			
0.050	175	9.9			112	6.7			24	1.6			
0.075	262	13.3			162	9.2			44	2.2			
0.100	350.502	20.0	19.0	38.6	220	11.2	11.8	18.4	67	4.0	5.0	9.4	
0.150	525	30.7			340	17.3			160	8.1			
0.200	700.600	40.0	34.2	38.4	438	22.1	21.8	28.5	209	10.0	10.0	8.8	
0.300	925	47.0			565	26.7			294	14.4			
0.400	1136	57.3			708	35.8			362	17.9			
0.500	1270	64.9			800	40.9			434	20.1			

E) Proceso de expansión o hinchamiento: No presenta

Fecha	Hora	Temperatura	Día	Expansión		Expansión		Expansión	
				mm	%	mm	%	mm	%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NOTAS DEL ENSAYO

- 1) El suelo corresponde a una clasificación: CL
- 2) El porcentaje relacionado por el tamiz 3M⁴ es de 0 %
- 3) No hay reemplazo de material para el porcentaje relacionado en el tamiz 3M⁴
- 4) Antes de la penetración, la condición de muestra es sumergida
- 5) Los materiales se curaron durante 96 horas.
- 6) Para la preparación y compactación de la muestra se utilizó el método indicado en ASTM D-1557
- 7) El porcentaje de expansión o hinchamiento total es de - y - respectivamente para los modos usados.
- 8)

OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-PR-LAB-MS-008.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	16/06/2021

TESES : Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio. Línea 2021*
 SOLICITANTE : Anasto Yaeli Tinsayo Carrera
 UBICACIÓN : Lima
 EXPEDIENTE N° : ---

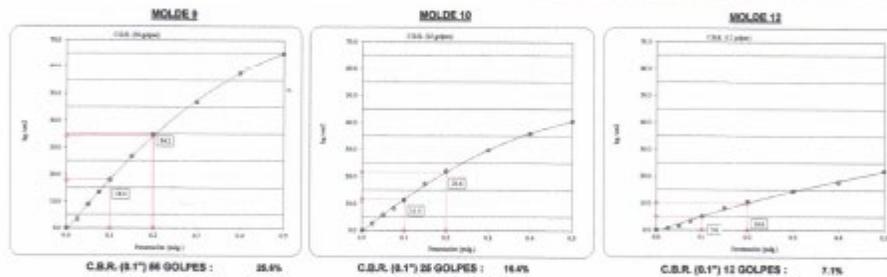
Cantera/Calicata : C-1
 Muestra : Natural + 1.5 % alginato de sodio
 Profundidad : 1.5 m
 Aprobado por: G.C.M.
 Ensayado por: G.C.M.
 Fecha de ensayo: 11/11/2022

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D1883**

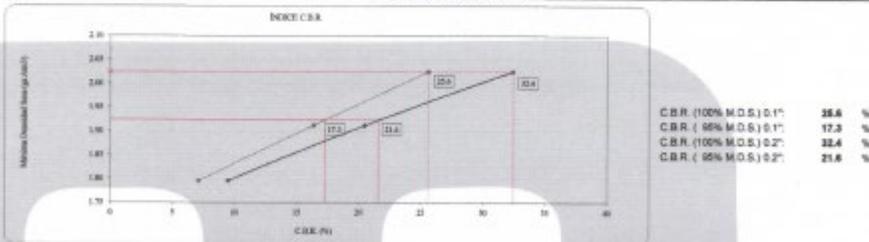
Ensayo de Próctor Modificado - Método C

Máxima Densidad Seca : 2.025 gr/cm³
 Máxima Densidad Seca a 95% : 1.924 gr/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 10.05 %
 Clasificación de suelos : CL

Curvas de Esfuerzo vs. Penetración



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Anexo 7. Instrumentos de validación

FICHA DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN						
I. DATOS INFORMATIVOS:						
Apellidos y nombres del experto	RICARDO MANUEL CEPEDA CERVANTES					
Título y/o Grado académico	Doctor () Magister () Ingeniero (X)					
Institución	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA					
Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos					
Autor del instrumento	Arnaldo Yadir Tintayo Carrera					
Título de la investigación	Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio - Puente Piedra, 2022					
II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-50%	Bueno 51-70%	Muy Bueno 71-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Está formulado por lenguaje apropiado.					✓
OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable.					✓
ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				✓	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				✓	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad.					✓
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos acordes a la tecnología educativa.					✓
COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.					✓
METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados.				✓	
PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.					✓
PUNTAJE TOTAL				85%		
III. OPINION DE APLICACIÓN						
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN						
24/11/2022	21546333				997718892	
Lugar y Fecha	DNI	Firma del experto			Celular	

CONSTANCIA DE JUICIOS DE EXPERTOS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Yo, el Ing. Ricardo Manuel Céspedes Cervantes, con N° CIP 119339, identificado con N° de DNI 21546333, he revisado el instrumento de investigación utilizado en la tesis denominada "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio - Puente Piedra, 2022" que desarrolla Arnaldo Yadir Tintayo Carrera, estudiante de la escuela profesional de ingeniería civil de la universidad Cesar Vallejo – Filial Lima Norte.

Tras evaluar el instrumento de investigación, lo valida dado que reúne las condiciones para que la información que se obtenga sea clara y se ajuste a la realidad.

Se extiende la presente constancia a la solicitud del interesado, para fines académicos.

Lima, 24 de noviembre del 2022



_Firma y sello

FICHA DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del experto	ERICK JARRICZON CARHUAPOMA LIZANO
Título y/o Grado académico	Doctor () Magister () Ingeniero (X)
Institución	UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos
Autor del instrumento	Arnaldo Yadir Tintayo Carrera
Título de la investigación	Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio - Puente Piedra, 2022

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN:

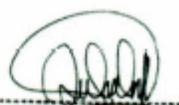
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-50%	Bueno 51-70%	Muy Bueno 71-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Está formulado por lenguaje apropiado.					✓
OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable.				✓	
ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				✓	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				✓	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad.					✓
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos acordes a la tecnología educativa.				✓	
COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.					✓
METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados.					✓
PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.					✓

PUNTAJE TOTAL

84%

III. OPINION DE APLICACIÓN

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN

21/11/2022	46838625	 	974453137
Lugar y Fecha	DNI	Firma del experto	Celular

CONSTANCIA DE JUICIOS DE EXPERTOS

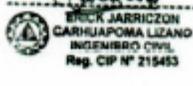
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Yo, el Ing. Erick Jarriczon Carhuapoma Lizano, con N° CIP 215453, identificado con N° de DNI 46838625, he revisado el instrumento de investigación utilizado en la tesis denominada "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio - Puente Piedra, 2022" que desarrolla Arnaldo Yadir Tintayo Carrera, estudiante de la escuela profesional de ingeniería civil de la universidad César Vallejo – Filial Lima Norte.

Tras evaluar el instrumento de investigación, lo valida dado que reúne las condiciones para que la información que se obtenga sea clara y se ajuste a la realidad.

Se extiende la presente constancia a la solicitud del interesado, para fines académicos.

Lima, 21 de noviembre del 2022

ERICK JARRICZON
CARHUAPOMA LIZANO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 215453

Firma y sello

FICHA DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN						
I. DATOS INFORMATIVOS:						
Apellidos y nombres del experto	FLOR YASMIN YAJAHUANCA HUAMAN					
Título y/o Grado académico	Doctor () Magister () Ingeniero (X)					
Institución	UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA					
Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos					
Autor del instrumento	Arnaldo Yadir Tintayo Carrera					
Título de la investigación	Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio - Puente Piedra, 2022					
II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-50%	Bueno 51-70%	Muy Bueno 71-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Está formulado por lenguaje apropiado.				✓	
OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable.					✓
ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					✓
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				✓	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y captitud.					✓
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos acordes a la tecnología educativa.					✓
COHERENCIA	Existe relación entre las dimensiones e indicadores.				✓	
METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados.					✓
PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.				✓	
PUNTAJE TOTAL				86%		
III. OPINION DE APLICACIÓN						
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN						
23/11/2022	77672403	 <small>Flor Yasmin Yajahuanca Huaman INGENIERA CIVIL CIP 204707</small>		979976309		
Lugar y Fecha	UNI	Firma del experto		Celular		

CONSTANCIA DE JUICIOS DE EXPERTOS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Yo, la Ing. Flor Yasmin Yanahuanca Huamán, con N° CIP 234727, identificado con N° de DNI 77672403, he revisado el instrumento de investigación utilizado en la tesis denominada "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de alginato de sodio - Puente Piedra, 2022" que desarrolla Arnaldo Yadir Tintayo Carrera, estudiante de la escuela profesional de ingeniería civil de la universidad César Vallejo – Filial Lima Norte.

Tras evaluar el instrumento de investigación, lo valida dado que reúne las condiciones para que la información que se obtenga sea clara y se ajuste a la realidad.

Se extiende la presente constancia a la solicitud del interesado, para fines académicos.

Lima, 23 de noviembre del 2022




Firma y sello

Anexo 8. Certificados de calibración de equipos



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-06637-2022

PROFORMA : 10360

Fecha de emisión : 2022 - 05 - 02

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR

Marca : NO INDICA

Modelo : 315-X8

Nº Serie : HW-0198

Intervalo de Indicación : 500 Kg

Resolución : 0,01 Kg

Procedencia : CHINA

Ubicación : Laboratorio

Fecha de Calibración : 2022 - 04 - 28

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de Instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o Internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 * Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga*.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus Instrumentos a Intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17,1°C	17,3°C
HUMEDAD RELATIVA	52,0%	51,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga 3 MN 5000 kN	12821C

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (kgf)	Lectura Convencionalmente Verdadera (kgf)	Error (kgf)	Incertidumbre (kgf)
500,1	500,0	0,1	0,1
1000,3	1000,0	0,3	0,1
1500,3	1500,0	0,3	0,1
2000,5	2000,0	0,5	0,1
2500,8	2500,0	0,8	0,1
3000,9	3000,0	0,9	0,1
3501,1	3500,0	1,1	0,1
4001,2	4000,0	1,2	0,1
4501,5	4500,0	1,5	0,1
5001,7	5000,0	1,7	0,1

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La Incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la Incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 12559 - 2022

Proforma : 10877A Fecha de Emisión : 2022-08-10

Solicitante : **MTL GEOTECNIA S.A.C.**
Dirección : Calle La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima - Lima

Equipo : **Horno**
Marca : PERUTEST
Modelo : PT-H76
Número de Serie : 458
Identificación : No Indica
Procedencia : No Indica
Circulación del aire : Ventilación forzada
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2022-08-09

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de Instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	Digital	-100 °C a 300 °C	0,1 °C
Selector	Digital	-100 °C a 300 °C	0,1 °C

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

Lugar de calibración
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Método de calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM INDECOP.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus Instrumentos a intervalos apropiados.

Condiciones de calibración

	Temperatura	Humedad	Tensión
Inicial	18,8 °C	16 %/hr	228 V
Final	67,8 °C	70 %/hr	223 V

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

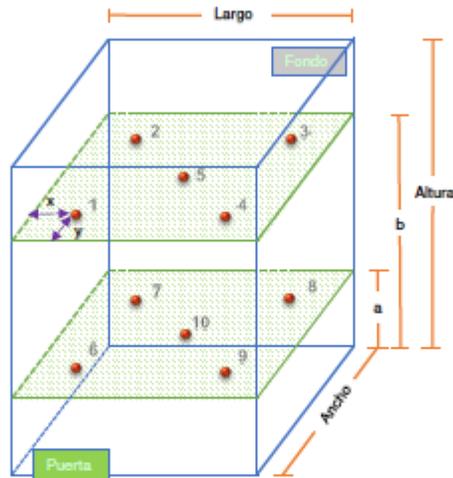


Certificado : TC - 12568 - 2022

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrones de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del SAT	Indicador digital con termopares tipo K con Incertidumbres del orden desde 0,16 °C hasta 0,18 °C.	LT-0849-2021 Octubre 2021

Ubicación de los sensores dentro del medio isoterma



Largo : 44,7 cm Plano inferior (a) : 9,1 cm x : 5,0 cm
 Ancho : 35,0 cm Plano superior (b) : 40,0 cm y : 5,0 cm
 Altura : 44,7 cm

Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivos niveles.
 El medio isoterma tenía 2 pastillas al momento de iniciar la calibración.

Nomenclatura de abreviaturas

t	: Instante de tiempo en minutos.	T.PROM	: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
I	: Indicación del termómetro del equipo.	Tprom	: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T. MAX	: Temperatura máxima por sensor	DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.
T. MIN	: Temperatura mínima por sensor		
T. max	: Temperatura máxima para un instante dado.		
T. min	: Temperatura mínima para un instante dado.		

Certificado : TC - 12559 - 2022

Resultados de medición (1er punto de calibración)

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador/ Selector	Tiempo de Calentamiento Estabilización	Porcentaje de carga	Descripción de la carga
60 °C ± 5 °C	60 °C	110 min	60%	Fuentes metálicas con muestras del cliente

t (min)	l (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} (°C)	T _{max} T _{min} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	60,0	61,4	62,7	61,4	60,6	61,9	65,9	68,6	75,5	69,1	73,7	66,1	14,9
00:30	60,0	61,4	62,7	61,4	60,7	61,8	65,8	68,6	75,5	69,1	73,8	66,1	14,9
01:00	60,0	61,6	62,8	61,5	60,6	61,9	65,8	68,6	75,7	69,0	73,9	66,1	15,1
01:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	61,9	65,7	68,7	75,3	69,1	73,8	66,1	14,6
02:00	60,0	61,4	62,8	61,5	60,8	61,9	65,9	68,7	75,1	69,2	73,7	66,1	14,3
02:30	60,0	61,4	62,8	61,5	60,8	61,9	66,0	68,2	74,9	69,5	73,6	66,0	14,1
03:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,8	61,8	66,0	68,2	75,1	69,4	73,5	66,0	14,3
03:30	60,0	61,4	62,7	61,5	60,8	61,9	66,1	68,1	74,7	70,0	73,5	66,1	13,9
04:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,8	61,8	66,0	68,1	75,2	69,8	73,4	66,1	14,4
04:30	60,0	61,4	62,7	61,4	60,7	61,8	65,9	68,2	75,4	69,5	73,4	66,0	14,7
05:00	60,0	61,3	62,7	61,4	60,6	61,8	65,9	68,2	75,3	69,4	73,4	66,0	14,8
05:30	59,9	61,4	62,7	61,4	60,6	61,8	65,8	68,7	75,5	69,2	73,5	66,1	14,9
06:00	59,9	61,4	62,7	61,5	60,6	61,8	65,6	68,7	75,9	69,1	73,5	66,1	15,3
06:30	59,9	61,3	62,7	61,4	60,7	61,8	65,7	68,7	75,7	69,2	73,4	66,1	15,0
07:00	60,0	61,4	62,7	61,4	60,7	61,9	66,1	68,1	75,1	69,9	73,5	66,1	14,4
07:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,8	62,0	66,1	68,3	75,2	69,8	73,9	66,2	14,4
08:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,6	61,9	66,0	68,3	75,3	69,6	73,8	66,1	14,7
08:30	60,0	61,4	62,8	61,5	60,8	61,9	66,3	68,0	74,5	70,5	73,5	66,1	13,8
09:00	60,0	61,5	62,9	61,6	60,7	62,0	66,6	68,1	73,9	70,8	73,6	66,2	13,1
09:30	60,0	61,5	63,0	61,6	60,8	62,1	67,0	67,8	73,3	71,4	73,3	66,2	12,6
10:00	60,0	61,5	62,9	61,5	60,7	62,0	67,0	67,8	73,1	71,4	73,1	66,1	12,5
10:30	60,0	61,5	62,9	61,6	60,9	62,1	67,0	67,8	73,3	71,2	73,4	66,2	12,5
11:00	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	62,1	66,9	68,1	73,7	71,1	73,6	66,2	12,9
11:30	60,0	61,5	62,9	61,6	60,8	62,1	66,8	68,3	74,7	70,8	73,6	66,3	13,9
12:00	60,0	61,6	62,9	61,7	60,7	62,1	66,5	68,5	75,1	70,4	73,8	66,3	14,4
12:30	60,0	61,6	62,9	61,7	60,8	62,2	66,6	68,4	74,1	70,8	74,0	66,3	13,3
13:00	60,0	61,6	62,9	61,7	60,8	62,2	67,1	68,1	73,7	71,1	73,6	66,3	12,9
13:30	60,0	61,7	63,0	61,7	60,8	62,2	67,4	68,0	73,1	71,3	73,3	66,2	12,5
14:00	60,0	61,7	63,0	61,7	60,8	62,1	67,4	68,0	73,0	71,5	73,4	66,3	12,6
14:30	60,0	61,6	63,0	61,7	60,8	62,1	67,3	68,0	73,0	71,4	73,3	66,2	12,5
15:00	60,0	61,6	63,0	61,6	60,8	62,1	67,1	68,1	73,3	71,4	73,5	66,3	12,7

Certificado : TC - 12559 - 2022

t (min)	l (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} (°C)	T _{máx} T _{mín} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
15:30	60,0	61,6	62,8	61,6	60,8	62,1	66,9	68,4	73,9	71,0	73,8	66,3	13,1
16:00	60,0	61,5	62,9	61,6	60,8	62,1	66,8	68,4	73,8	70,8	73,9	66,3	13,1
16:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,8	62,0	66,6	68,4	74,0	70,4	73,9	66,2	13,2
17:00	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	62,0	66,5	68,5	74,6	70,3	73,9	66,2	13,9
17:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	62,0	66,3	68,5	75,0	70,0	73,9	66,2	14,2
18:00	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	62,0	66,4	68,4	74,4	70,1	74,2	66,2	13,7
18:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	62,0	66,3	68,6	74,9	69,8	74,0	66,2	14,2
19:00	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	62,0	66,0	68,9	75,3	69,5	73,8	66,2	14,6
19:30	60,0	61,6	62,8	61,5	60,6	62,0	66,0	68,8	75,5	69,2	73,9	66,2	14,8
20:00	60,0	61,5	62,8	61,5	60,6	61,9	65,8	68,9	75,5	69,2	74,0	66,2	14,8
20:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,6	62,0	65,7	68,8	75,5	69,2	73,9	66,2	14,9
21:00	60,0	61,5	62,8	61,5	60,6	62,0	65,8	68,7	75,1	69,2	73,9	66,1	14,4
21:30	60,0	61,6	62,8	61,6	60,7	62,0	66,0	68,8	75,2	69,3	74,0	66,2	14,5
22:00	60,0	61,5	62,8	61,6	60,7	61,9	66,0	68,8	75,0	69,3	73,9	66,1	14,3
22:30	60,0	61,5	62,7	61,5	60,7	61,9	65,8	68,7	75,2	69,2	73,7	66,1	14,5
23:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,8	61,9	65,7	68,7	75,3	69,2	73,7	66,1	14,5
23:30	60,0	61,4	62,6	61,5	60,8	61,9	65,8	68,6	75,1	69,2	73,7	66,1	14,3
24:00	60,0	61,3	62,7	61,4	60,8	61,9	66,0	68,1	74,0	69,8	73,8	66,0	13,2
24:30	60,0	61,3	62,6	61,4	60,8	61,8	66,1	68,0	73,8	69,7	73,8	65,9	13,0
25:00	59,9	61,3	62,6	61,4	60,8	61,8	66,0	68,1	74,7	69,6	73,6	66,0	13,9
25:30	59,9	61,4	62,7	61,5	60,8	61,9	65,9	68,2	74,7	69,5	73,7	66,0	14,0
26:00	59,9	61,4	62,7	61,5	60,8	61,9	66,0	68,3	74,9	69,5	73,8	66,1	14,0
26:30	59,9	61,4	62,8	61,5	60,8	61,9	66,0	68,7	75,3	69,3	73,7	66,1	14,5
27:00	59,9	61,4	62,8	61,5	60,8	61,9	66,0	68,6	75,1	69,1	73,7	66,1	14,4
27:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,8	62,0	66,0	68,6	75,2	69,1	73,8	66,1	14,4
28:00	60,0	61,5	62,8	61,6	60,8	62,1	66,0	68,6	75,4	69,0	73,8	66,2	14,6
28:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,8	62,0	66,1	68,5	74,9	69,0	73,7	66,1	14,1
29:00	60,0	61,6	62,9	61,6	60,9	62,1	66,1	68,6	75,0	69,0	73,8	66,2	14,1
29:30	60,0	61,6	62,8	61,6	60,9	62,1	66,0	68,7	75,5	69,2	73,8	66,2	14,6
30:00	60,0	61,6	62,8	61,6	60,9	62,1	66,1	68,7	75,5	69,2	73,9	66,3	14,6

t (min)	l (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} (°C)	T _{máx} T _{mín} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
30:30	60,0	61,6	62,9	61,6	60,9	62,1	66,1	68,6	75,2	69,3	73,7	66,2	14,3
31:00	60,0	61,6	62,9	61,6	60,9	62,1	66,5	68,0	74,5	69,6	73,6	66,1	13,6
31:30	60,0	61,5	62,8	61,6	60,8	62,1	66,2	67,9	74,5	69,8	73,5	66,0	13,7
32:00	60,0	61,5	62,8	61,6	60,9	62,0	66,1	68,0	74,7	69,5	73,3	66,0	13,9
32:30	60,0	61,5	62,8	61,6	60,9	62,0	66,1	68,0	75,1	69,3	73,5	66,1	14,2
33:00	60,0	61,5	62,8	61,6	60,9	62,0	66,2	67,9	74,9	69,2	73,4	66,0	14,0
33:30	60,0	61,5	62,8	61,6	60,8	62,0	66,4	67,8	73,7	69,3	73,6	65,9	12,9
34:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,7	61,9	66,2	67,6	73,6	69,2	73,4	65,8	12,9
34:30	60,0	61,4	62,7	61,5	60,8	62,0	66,7	67,5	73,2	70,1	73,2	65,9	12,5
35:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,6	61,9	66,4	67,6	73,4	69,8	73,2	65,9	12,8
35:30	60,0	61,4	62,8	61,5	60,7	61,9	66,3	67,6	73,9	69,5	73,1	65,9	13,3
36:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,7	61,9	66,5	67,5	73,4	69,6	73,2	65,8	12,7
36:30	59,9	61,3	62,8	61,5	60,7	61,9	66,4	67,7	74,3	69,2	73,1	65,9	13,6
37:00	59,9	61,5	62,8	61,6	60,7	62,0	66,3	67,9	74,7	69,2	73,4	66,0	13,9
37:30	59,9	61,5	62,8	61,6	60,7	62,0	66,1	68,4	75,3	69,0	73,3	66,1	14,6
38:00	59,9	61,5	62,8	61,6	60,8	62,0	65,9	68,4	75,4	68,9	73,3	66,1	14,6
38:30	60,0	61,5	62,8	61,6	60,8	62,0	65,9	68,4	75,0	69,0	73,3	66,0	14,2
39:00	60,0	61,5	62,8	61,6	60,8	62,0	65,9	68,3	75,0	69,1	73,3	66,0	14,2
39:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,8	62,0	66,3	67,6	73,8	70,2	72,6	65,9	13,0
40:00	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	62,0	66,5	67,6	72,9	70,3	72,7	65,9	12,2
40:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,7	61,9	66,2	67,8	74,2	70,4	72,8	66,0	13,5
41:00	60,0	61,4	62,8	61,5	60,7	61,9	66,4	67,6	73,5	70,7	72,7	65,9	12,8
41:30	60,0	61,4	62,8	61,5	60,7	62,0	66,8	67,3	73,1	70,7	71,9	65,8	12,4
42:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,7	61,9	66,7	67,3	73,2	70,6	72,1	65,8	12,5
42:30	60,0	61,4	62,7	61,4	60,7	61,9	66,6	67,4	73,3	70,6	72,4	65,8	12,6
43:00	60,0	61,3	62,6	61,4	60,7	61,9	66,3	67,6	74,1	70,6	72,4	65,9	13,4
43:30	60,0	61,5	62,7	61,4	60,8	61,9	66,2	67,9	74,9	70,1	72,7	66,0	14,1
44:00	59,9	61,4	62,8	61,5	60,8	62,0	66,2	67,9	74,7	70,0	73,0	66,0	13,9
44:30	59,9	61,5	62,8	61,6	60,8	62,0	66,6	67,7	73,4	70,0	73,3	66,0	12,5
45:00	59,9	61,5	63,0	61,5	60,9	62,0	66,7	67,7	73,5	70,4	73,3	66,1	12,6

Certificado : TC - 12569 - 2022

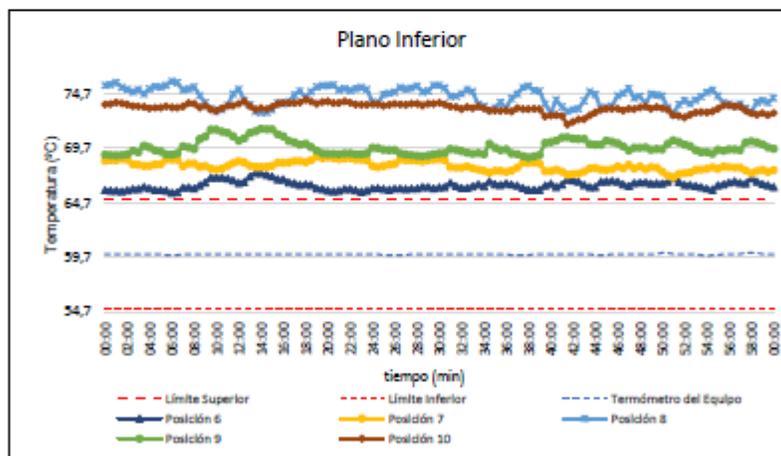
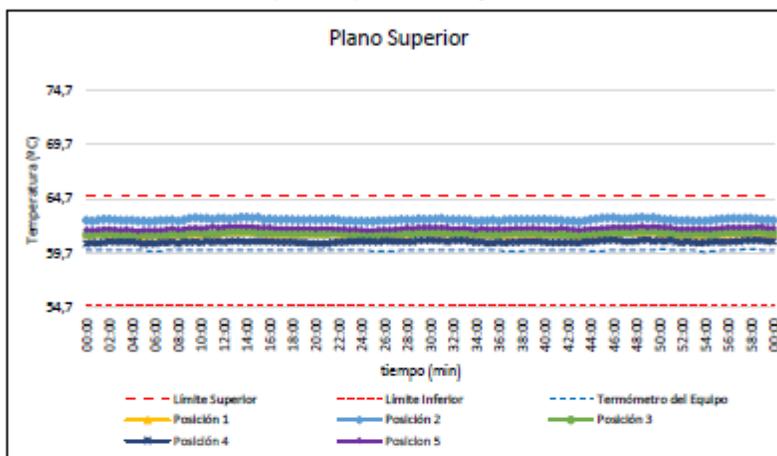
t (min)	l (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} (°C)	T _{máx} T _{mín} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
45:30	60,0	61,5	63,0	61,6	60,9	62,1	66,7	67,8	73,6	70,3	73,3	66,1	12,7
46:30	60,0	61,6	63,0	61,7	60,9	62,1	66,7	68,0	74,5	70,2	73,3	66,2	13,6
46:30	60,0	61,5	62,9	61,6	60,9	62,1	66,4	67,9	74,7	69,9	73,2	66,1	13,9
47:00	60,0	61,7	62,9	61,6	60,8	62,1	66,3	68,2	75,2	69,5	73,3	66,2	14,4
47:30	60,0	61,6	62,9	61,7	60,8	62,1	66,5	67,9	74,3	69,8	73,3	66,1	13,5
48:00	60,0	61,6	63,0	61,7	60,8	62,1	66,5	68,0	74,5	69,8	73,5	66,2	13,7
48:30	60,0	61,6	63,0	61,7	60,9	62,2	66,6	67,8	73,8	69,8	73,5	66,1	12,9
49:00	60,0	61,7	62,9	61,8	61,0	62,1	66,5	68,0	74,7	69,6	73,3	66,1	13,7
49:30	60,0	61,7	63,0	61,8	60,8	62,2	66,5	68,0	74,6	69,6	73,5	66,2	13,8
50:00	60,1	61,5	62,9	61,7	60,9	62,1	66,5	67,6	74,5	69,6	73,4	66,1	13,6
50:30	60,1	61,5	62,8	61,7	60,8	62,1	66,6	67,2	73,4	70,1	73,3	66,0	12,6
51:00	60,0	61,5	62,8	61,6	60,9	62,1	66,9	67,1	72,9	70,4	72,7	65,9	11,9
51:30	60,0	61,5	62,8	61,5	60,8	62,0	66,6	67,4	73,7	70,3	72,7	65,9	13,0
52:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,7	61,9	66,3	67,4	74,1	70,1	72,5	65,9	13,4
52:30	60,0	61,3	62,8	61,5	60,8	62,0	66,3	67,5	73,8	69,9	72,8	65,9	13,0
53:00	60,0	61,4	62,7	61,5	60,7	61,9	66,2	67,7	74,1	69,5	73,0	65,9	13,4
53:30	59,9	61,4	62,7	61,5	60,7	62,0	66,1	67,8	74,4	69,4	73,0	65,9	13,8
54:00	59,8	61,3	62,7	61,5	60,7	61,9	66,0	67,8	74,8	69,4	73,0	65,9	14,1
54:30	59,9	61,4	62,8	61,5	60,7	61,9	65,9	68,0	75,1	69,2	73,1	66,0	14,3
55:00	59,9	61,4	62,8	61,5	60,8	62,0	66,3	67,8	74,5	69,6	73,3	66,0	13,7
55:30	60,0	61,5	62,9	61,6	60,7	62,0	66,4	68,0	73,9	69,5	73,7	66,0	13,1
56:00	60,0	61,5	62,9	61,6	60,8	62,1	66,6	68,0	73,8	69,6	73,6	66,1	13,1
56:30	60,0	61,6	62,9	61,7	60,8	62,1	66,7	67,9	73,6	69,6	73,5	66,0	12,8
57:00	60,0	61,5	62,9	61,6	60,8	62,1	66,5	68,0	73,8	69,5	73,6	66,0	13,0
57:30	60,1	61,5	62,9	61,6	60,9	62,1	66,5	67,7	73,4	70,2	73,2	66,0	12,5
58:00	60,1	61,5	62,9	61,6	60,9	62,1	67,0	67,4	73,0	70,4	72,9	66,0	12,1
58:30	60,1	61,6	62,9	61,7	60,9	62,1	66,6	67,6	73,9	70,3	72,8	66,0	13,0
59:00	60,0	61,5	62,8	61,7	60,9	62,1	66,4	67,7	74,1	70,1	72,9	66,0	13,2
59:30	60,0	61,4	62,8	61,6	60,8	62,0	66,3	67,5	73,9	69,8	72,8	65,9	13,1
00:00	60,0	61,5	62,7	61,6	60,8	62,0	66,1	67,7	74,3	69,7	72,9	65,9	13,5
T _{PROM}	60,0	61,5	62,8	61,6	60,8	62,0	66,3	68,1	74,4	69,8	73,4	66,1	
T _{MAX}	60,1	61,7	63,0	61,8	61,0	62,2	67,4	68,9	75,9	71,5	74,2		
T _{MIN}	59,8	61,3	62,6	61,4	60,6	61,8	65,6	67,1	72,9	68,9	71,9		
DTT	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	1,8	1,9	3,0	2,6	2,3		

Resumen de resultados

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Temperatura Máxima Medida	75,9	0,3
Temperatura Mínima Medida	60,6	0,3
Desviación de Temperatura en el Espacio	13,7	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3,0	0,1
Estabilidad Medida (s)	1,5	0,06
Uniformidad Medida	15,3	0,3

Certificado : TC - 12559 - 2022

Gráfica de para la temperatura de trabajo de 60 °C ± 5 °C



[*] Declaración de los límites especificados de temperatura.
Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma:
- No cumple con los límites especificados de temperatura.

Certificado : TC - 12559 - 2022

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

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Incertidumbre expandida de las Indicaciones del termómetro propio del equipo es 0,03 °C.
La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

Fotografía del medio isotermo:



Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%

Fin del Documento

Certificado de Calibración

TC - 18289 - 2022

Proforma : 15019A Fecha de emisión : 2022-10-20

Solicitante : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos- Lima-Lima-San Martín De Porres

Instrumento de medición : Balanza
Tipo : Electrónica
Marca : OHAUS
Modelo : EX24001
N° de Serie : B639089407
Capacidad Máxima : 24000 g
Resolución : 0,1 g
División de Verificación : 1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 5 g
Procedencia : CHINA
Identificación : MYE-LAB-BGR-01.01
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 3 °C
Fecha de Calibración : 2022-10-17

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Lugar de calibración
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

PGC-16-r08/ Diciembre 2019/Rev.04



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

Certificado de Calibración
TC - 18289 - 2022

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud E2	LM-C-162-2022 Mayo 2022
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-210-2022 Julio 2022
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 10 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-211-2022 Julio 2022
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Pesa 20 kg Clase de Exactitud F1	LM-C-212-2022 Julio 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

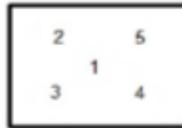
Inspección visual

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19,8 °C	19,9 °C
Humedad Relativa	75 %	74 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	12 000,00	12 000,0	0,06	-0,01	1	24 000,00	24 000,0	0,04	0,01
2		12 000,0	0,06	-0,01	2		24 000,0	0,04	0,01
3		12 000,0	0,06	-0,01	3		24 000,0	0,04	0,01
4		12 000,0	0,05	0,00	4		24 000,0	0,04	0,01
5		12 000,0	0,05	0,00	5		24 000,0	0,04	0,01
6		12 000,1	0,08	0,07	6		24 000,1	0,09	0,06
7		12 000,1	0,08	0,07	7		24 000,0	0,05	0,00
8		12 000,0	0,05	0,00	8		24 000,0	0,05	0,00
9		12 000,0	0,06	-0,01	9		24 000,0	0,04	0,01
10		12 000,0	0,05	0,00	10		24 000,0	0,04	0,01
Emáx - Emin (g)				0,08	Emáx - Emin (g)				0,06
error máximo permitido (±g)				2,00	error máximo permitido (±g)				3,00



Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	-0,1 °C	-0,1 °C
Humedad Relativa	-5 %	-5 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. (±g)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1,00	1,0	0,07	-0,02	8 000,00	8 000,0	0,05	0,00	0,02	2,00
2		1,0	0,07	-0,02		8 000,1	0,08	0,07	0,09	
3		1,0	0,06	-0,01		8 000,0	0,04	0,01	0,02	
4		1,0	0,06	-0,01		8 000,1	0,07	0,08	0,09	
5		1,0	0,07	-0,02		8 000,1	0,06	0,09	0,11	

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19,6 °C	19,5 °C
Humedad Relativa	74 %	73 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,00	1,0	0,07	-0,02						
5,00	5,0	0,07	-0,02	0,00	5,0	0,07	-0,02	0,00	1,00
1 000,00	1 000,0	0,06	-0,01	0,01	1 000,0	0,07	-0,02	0,00	1,00
5 000,02	5 000,0	0,06	-0,03	-0,01	5 000,0	0,07	-0,04	-0,02	1,00
8 000,02	8 000,0	0,06	-0,03	-0,01	8 000,0	0,07	-0,04	-0,02	2,00
10 000,01	10 000,0	0,06	-0,02	0,00	10 000,0	0,06	-0,02	0,00	2,00
12 000,02	12 000,0	0,05	-0,02	0,00	12 000,0	0,06	-0,03	-0,01	2,00
15 000,03	15 000,0	0,05	-0,03	-0,01	15 000,0	0,05	-0,03	-0,01	2,00
18 000,03	18 000,0	0,04	-0,02	0,00	18 000,0	0,05	-0,03	-0,01	2,00
20 000,01	20 000,0	0,04	0,00	0,02	20 000,0	0,05	-0,01	0,01	2,00
24 000,01	24 000,1	0,08	0,06	0,08	24 000,1	0,08	0,06	0,08	3,00

Donde:

I : Indicación de la balanza
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)
ΔL : Carga adicional
E : Error del instrumento
Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

Lectura corregida e Incertidumbre de la balanza

Lectura Corregida	:	$R_{\text{corregida}} = R - 7,62 \times 10^{-7} \times R$
Incertidumbre Expandida	:	$U_{95} = 2 \times \sqrt{2,62 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 1,21 \times 10^{-9} \times R^2}$

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 23 998,8 g para una carga de valor nominal 24000 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento

Anexo 9. Panel fotográfico

Fotografía N°1: Extracción de suelo en calicata 1 (C-1)



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°2: Extracción de suelo en calicata 2 (C-2)



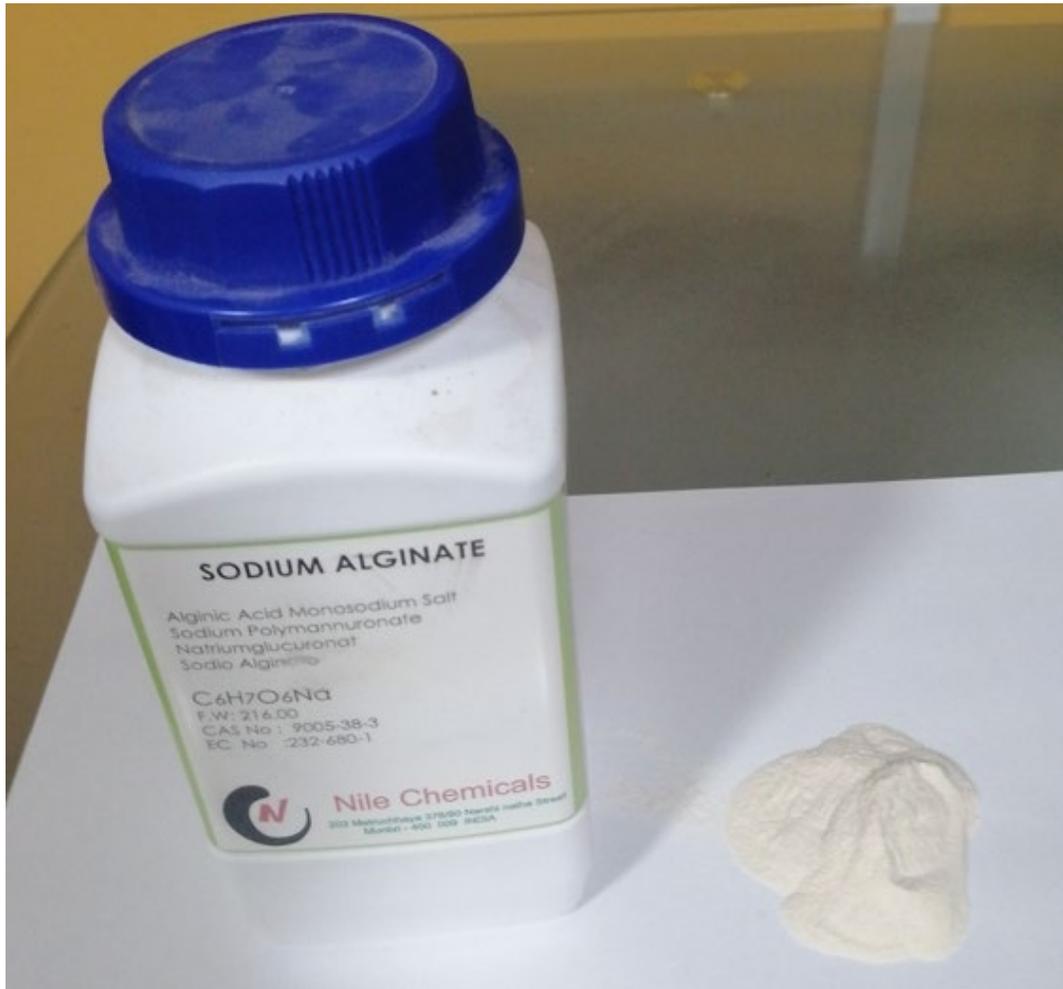
Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°3: Extracción de suelo en calicata 3 (C-3)



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°4: Alginato de sodio



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°5: Selección y cuarteo en laboratorio del suelo extraído



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°6: Ensayo de análisis granulométrico



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°6: Ensayo de límites de consistencia



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°7: Ensayo de Proctor Modificado de muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°7: Peso de alginato de sodio al 0.5% en peso para ensayo de Proctor modificado



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N°8: Adición de alginato de sodio 0.5% en muestra M1



Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, FERNÁNDEZ DÍAZ CARLOS MARIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con alginato de sodio, Lima 2022", cuyo autor es TINTAYO CARRERA ARNALDO YADIR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 25.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 25 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNÁNDEZ DÍAZ CARLOS MARIO DNI: 09026248 ORCID: 0000-0001-6774-8839	Firmado electrónicamente por: CMFERNANDEZD el 13-12-2022 21:01:12

Código documento Trilce: TRI - 0455289