

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar,  
Lambayeque, 2023**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Wilson Jair Perez Lizana**

**ASESOR**

**Lucas Ludeña Gutierrez**

<https://orcid.org/0000-0001-7903-3646>

**Chiclayo, 2025**

**Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar,  
Lambayeque, 2023**

PRESENTADA POR  
**Wilson Jair Perez Lizana**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Mario Antonio Martinez Fiestas  
PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino  
SECRETARIO

Lucas Ludeña Gutierrez  
VOCAL

## **Dedicatoria**

En primer lugar, a mis padres **Wilson y Yesenia**, por la paciencia y el cariño, por el esfuerzo y trabajo que hicieron para poder lograr que sea una persona de bien.

A mis hermanos **Lucas y Thiago**, por ser mi motivo para no rendirme durante este largo camino, y por alegrar mis días con cada una de sus ocurrencias.

A mis abuelos, por su cariño incondicional, y por cada una de las veces que me hizo falta un consejo y supieron dármele.

## **Agradecimientos**

Primeramente, a mis padres, por no dejar de apoyarme incluso cuando llegue a pensar en darme por vencido en este largo trayecto.

A mi asesor, docente del curso y a cada uno de los profesores encargados de permitirme llegar hasta aquí, muchas gracias por todas las enseñanzas dadas.

A mi tía **Demetria**, que cuando más necesite apoyo al estar lejos de mis padres y hermanos, supo brindarme tranquilidad y calidez.

A cada uno de los amigos hechos a través del desarrollo de mi carrera universitaria, **Víctor, Will, Alejandra, Nayeli, Dariel, Alex, Jordan**, etc.

A **Anahí Baldera**, por su amor y paciencia durante el desarrollo de cada fase de la presente investigación.

# Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://upc.aws.openrepository.com">upc.aws.openrepository.com</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="https://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
11	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1%

[documentop.com](https://documentop.com)

## Índice

<b>RESUMEN</b> .....	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>16</b>
<b>BASES TEÓRICAS – TÉCNICAS</b> .....	<b>19</b>
<b>BASES TÉCNICAS</b> .....	<b>19</b>
E050 NORMATIVA – SUELOS Y CIMENTOS .....	19
MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES – MTC 2016 .....	19
NORMATIVA GENERAL DEL AMBIENTE – LEY N°28611 .....	19
<b>BASES TEÓRICOS</b> .....	<b>19</b>
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS .....	21
IDENTIFICACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS .....	21
ESTABLECER EL GRADO DE EXPANSIÓN .....	22
PROCEDIMIENTOS CUALITATIVOS .....	22
VALORES ÍNDICE .....	22
MÉTODOS SEMICUANTITATIVOS .....	26
MINERALES ARCILLOSOS .....	27
ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DEL SUELO .....	28
CONSISTENCIA DEL SUELO .....	29
ACTIVIDAD .....	30
<b>ENSAYOS</b> .....	<b>32</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO, MTC E 108 .....	32
CÁLCULO DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS, MTC E 110 .....	35
CÁLCULO DEL LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD, MTC E 111 .....	38
MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS 40	
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN (SUCS) .....	42
METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO CON HIDROMETRO, MTC E 109 .....	45

METODO DE ENSAYO DE CONTENIDO DE SALES NTP 339.152 .....	46
METODO DE ENSAYO DE ASTM D-1293 - CALCULO DE PH DE SUELOS.....	47
ENSAYO ESTANDARIZADO SEGÚN LA NTP 339.170.....	48
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>49</b>
<b>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....</b>	<b>50</b>
POBLACIÓN.....	50
MUESTRA .....	51
CÁLCULO DE MUESTRA ESTADÍSTICAMENTE .....	51
VARIABLES E HIPÓTESIS.....	58
PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS.....	59
<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>59</b>
<b>PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>62</b>
VERIFICACION DE ZONA EN CAMPO .....	62
EXCAVACIÓN DE CALICATAS.....	63
PROCESO DE OBTENCIÓN .....	64
ENSAYOS .....	65
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>83</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>83</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD, MTC E 108 .....	83
CÁLCULO DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLÁSTICO DE SUELOS, MTC E 110 Y MTC E11.....	84
CÁLCULO DE ENSAYO PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DE SUELO. MTC E 113.	85
CÁLCULO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDRÓMETRO, MTC E 109.	85
CLASIFICACIÓN DEL SUELO EN BASE A SU EXPANSIÓN .....	86
CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	88
DETERMINACIÓN DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA, MTC E 110 Y MTC E11.....	89
DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN, ASTM D- 4546 .....	92
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>99</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>104</b>



## Lista de Imágenes

Imagen I: Relación entre el cambio de volumen del suelo y su contenido de coloides, índice plástico y límite de contracción.....	23
Imagen II: Potencial de hinchamiento en función de la actividad de las arcillas. adaptado de “foundation on expansive soil”, por chen, 1998 .....	24
Imagen III: Clasificación de cambio de potencial de volumen. extraído de “norma técnica e -0.50 suelos y cimientos” .....	25
Imagen IV: Unidad estructural tetraédrica. adaptado de “suelos expansivos”, por ballinas, 2006 .....	27
Imagen V: Fases del suelo .....	29
Imagen VI: Relación de volumen de suelo y contenido de humedad.....	30
Imagen VII: Clasificación de arcillas por medio de la actividad .....	31
Imagen VIII: Muestra de suelo antes y después de la prueba. fuente: manual de ensayo de materiales	36
Imagen IX: Distribución de calicatas.....	54
Imagen X: Estrategia de análisis de datos .....	61
Imagen XI: Evidencia de visita de zona de estudio .....	62
Imagen XII: Evidencia de vista de zona de estudio.....	62
Imagen XIII: Punto de excavación .....	63
Imagen XIV: Calicata 02.....	63
Imagen XV: Excavación de calicata 03.....	64
Imagen XVI: Ubicación de la empresa insuquímica.....	64
Imagen XVII: Imagen material goma guar .....	65
Imagen XVIII: Colocación de muestras en horno .....	66
Imagen XIX: Proceso de tamizado.....	67
Imagen XX: Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra.....	68
Imagen XXI: Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra.....	68
Imagen XXII: Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra .....	69
Imagen XXIII: Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra .....	69
Imagen XXIV: Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra .....	70
Imagen XXV: Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra.....	70
Imagen XXVI: Pesado de fiola sola.....	71
Imagen XXVII: Pesado de fiola con agua.....	71
Imagen XXVIII: Pesado de muestra de 50gr. de suelo .....	72
Imagen XXIX: Uso de máquina de vacíos para realización de ensayo.....	72
Imagen XXX: Pesado luego de la realización del ensayo.....	73
Imagen XXXI: Componentes para ensayo .....	73
Imagen XXXII: Muestras por calicata .....	74
Imagen XXXIII: Agitación para muestra.....	74
Imagen XXXIV: Muestra por calicata .....	75
Imagen XXXV: Pesaje de muestra de horno.....	75
Imagen XXXVI: Se realiza el proceso de tamizado .....	76

Imagen XXXVII: muestra por calicata .....	76
Imagen XXXVIII: Vaso de precipitado .....	77
Imagen XXXIX: Sales más vaso de precipitado .....	77
Imagen XL: Uso de agua destilada.....	78
Imagen XLI: Medición de ph .....	78
Imagen XLII: Muestra inalterada en anillo.....	79
Imagen XLIII: Uso de consolidómetro .....	79
Imagen XLIV: Medida de consolidómetro .....	80
Imagen XLV: Muestra saturada .....	80
Imagen XLVI: Relación porcentaje de arcilla con índice de plasticidad c1 .....	86
Imagen XLVII: Relación porcentaje de arcilla con índice de plasticidad c2.....	87
Imagen XLVIII: Relación porcentaje de arcilla con índice de plasticidad c3.....	87
Imagen XLIX: Preparación de terreno y adición de cemento.....	94
Imagen L: Preparación de terreno y adición de cal .....	95
Imagen LI: Preparación de terreno y adición de goma guar.....	96

## Lista de Tablas

Tabla I: Clasificación de suelos expansivos .....	19
Tabla II: Clasificación de parámetros de "suelos expansivos".....	23
Tabla III: Caracterización de suelos expansivos .....	24
Tabla IV: Criterios de evaluación de expansión .....	25
Tabla V: Información de los grupos de minerales arcillosos .....	28
Tabla VI: Información de los grupos de minerales arcillosos .....	28
Tabla VII: Características de la goma guar .....	31
Tabla VIII: Tamices de malla cuadrado .....	34
Tabla IX: Factor k para limite liquido .....	38
Tabla X: Sistema aashto para clasificación de suelos .....	42
Tabla XI: Tabla para determinar porcentajes a trabajar .....	52
Tabla XII: Número de muestras totales estadísticamente.....	53
Tabla XIII: Número a puntos a investigar .....	53
Tabla XIV: Distancia de área entre calicatas .....	54
Tabla XV: Cantidad de muestras por calicatas en función a la dosificación .....	56
Tabla XVI: Cantidad de muestra de suelo natural .....	57
Tabla XVII: Cantidad de muestra necesaria para suelo tratado.....	57
Tabla XVIII: Cantidad de muestra de suelo expansivo y goma guar necesaria para la dosificación de la investigación.....	58
Tabla XIX: Operacionalización de variables.....	59
Tabla XX: Instrumentos necesarios para la recolección de datos.....	60
Tabla XXI: Cantidad en peso para ensayo de limites de atterberg .....	68
Tabla XXII: Matriz de consistencia.....	82
Tabla XXIII: Resultados de contenido de humedad.....	83
Tabla XXIV: Resultados de análisis granulométrico .....	84
Tabla XXV: Resultados de limites de atterberg e índice de plasticidad .....	84
Tabla XXVI: Resultados de gravedad especifica.....	85
Tabla XXVII: Resultados de hidrometría.....	85
Tabla XXVIII: Resultados de hidrometría.....	86
Tabla XXIX: Clasificación de la tipología de suelos de zona de estudio .....	88
Tabla XXX: Determinación de valores de cantidad de sales y ph de suelo.....	88
Tabla XXXI: Valores obtenidos de limites líquidos con suelo natural y con adición.....	89
Tabla XXXII: Valores obtenidos de limites plásticos con suelo natural y adición .....	90
Tabla XXXIII: Valores obtenidos de índices de plasticidad con suelo natural y incorporación.....	91
Tabla XXXIV: Valores de expansión obtenidos por medio del ensayo de expansión libre .....	92
Tabla XXXV: Valores de expansión obtenidos por medio del ensayo de expansión para dosificaciones.....	97
Tabla XXXVI: Potencial de expansión / comparativa.....	98

## **Lista de Ilustraciones**

Ilustración I: Límites líquidos en suelo natural y con adición.....	89
Ilustración II: Límites plásticos en suelo natural y con adición .....	90
Ilustración III: Índice de plasticidad en suelo natural y con adición.....	91
Ilustración IV: Expansión libre por calicata.....	92
Ilustración V: Comparativa de precios por estabilizante.....	96
Ilustración VI: Expansión libre por calicata y por dosificaciones .....	97
Ilustración VII: Valores de expansión en comparativa .....	98

## Resumen

La presencia de suelos con características expansivas en distintas zonas de la ciudad de Lambayeque ha sido evidenciada en estudios previos, lo cual ha motivado la búsqueda de usar formas de estabilización que permitan mejorar su comportamiento geotécnico. Entre las alternativas evaluadas, se ha considerado el uso de un aditivo natural derivado de la semilla de la planta *Cyamopsis tetragonoloba*, conocido como goma guar.

Las técnicas utilizadas para la estabilización de suelos abarcan una diversidad de alternativas, que van desde métodos basados en reacciones químicas hasta el uso de aditivos de origen natural. El propósito fundamental de estas intervenciones consiste en optimizar las características físico-mecánicas de la tierra. Siguiendo ese contexto, la investigación realizada se dirige a analizar el comportamiento de suelos con alto grado de expansividad tras la aplicación de tratamientos con goma guar.

Con tal finalidad, se propone la incorporación del aditivo en proporciones variables (0.5 %, 1.0 %, 2.0 %, 3.0 % y 4.0 %) sobre muestras representativas de suelo natural. La etapa experimental contempla la realización de diversos ensayos orientados a la caracterización y evaluación geotécnica, con el fin de identificar las modificaciones producidas en las propiedades expansivas del suelo tras la aplicación del estabilizante.

**Palabras clave:** Suelos expansivos, goma guar, potencial de expansión, estabilización de suelos

### **Abstract**

The presence of soils with expansive characteristics in different areas of the city of Lambayeque has been evidenced in previous studies, which has motivated the need to apply stabilization techniques to improve their geotechnical behavior. Among the alternatives evaluated, the use of a natural additive derived from the seed of the *Cyamopsis tetragonoloba* plant, known as guar gum, has been considered.

The techniques used for soil stabilization cover a variety of alternatives, ranging from methods based on chemical reactions to the use of additives of natural origin. The fundamental purpose of these interventions is to optimize the physical and mechanical properties of the soil. In this context, the research carried out is oriented to analyze the behavior of soils with a high degree of expansivity after the application of guar gum treatments.

For this purpose, the incorporation of the additive in variable proportions (0.5 %, 1.0 %, 2.0 %, 3.0 % and 4.0 %) on representative samples of natural soil is proposed. The experimental stage contemplates the performance of several tests oriented to the geotechnical characterization and evaluation, in order to identify the modifications produced in the expansive properties of the soil after the application of the stabilizer.

**Keywords:** Expansive soils, guar gum, expansion potential, soil stabilization.

## Introducción

En la ingeniería civil el uso adecuado del suelo ha sido fundamental para que diversos proyectos no colapsen [1]. Con ese propósito, la estabilización de los suelos a través de la incorporación de agentes como el cemento y la cal ha sido utilizada como una forma orientada a mejorar las propiedades de diversos tipos existentes de suelos [2].

Los ingenieros civiles afrontan la difícil tarea de ejecutar proyectos en suelos expansivos, estos suelos tienen como característica principal hincharse y contraerse es decir presenta un cambio en su volumen [3]. Los suelos expansivos se encuentran distribuidos en gran magnitud a nivel mundial. Son ricos en minerales hidrofílicos como lo sería la montmorillonita y muestran características de contracción después del secado y de expansión después de la humectación [4]. Son abundantes en muchas partes del mundo, con alrededor de 400 millones de personas habitando en estos lugares [5]. Según estadísticas, se tienen catalogados la existencia de suelos expansivos en más de 40 países alrededor del mundo, extendiéndose por hasta seis continentes. Entre los países que más se destacan se encuentran EE. UU, Australia, Sudáfrica, India, Canadá, Israel y China [6]. De acuerdo con la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles, un veinticinco por ciento de las estructuras cuentan con algún daño realizado a consecuencia de un suelo expansivo [7].

El incremento en la presencia de suelos expansivos se asocia a múltiples factores, entre los que destacan las actividades antropogénicas y las secuelas de las alteraciones climáticas. La alteración del clima global genera una mayor frecuencia de fenómenos extremos, como olas de calor intensas y precipitaciones intensas, cuyas manifestaciones tienden a incrementarse progresivamente [8].

En búsqueda de aumentar la capacidad portante además del desempeño mecánico de suelos con condiciones desfavorables, se han implementado diversas estrategias de intervención. Estas abarcan desde métodos sin aditivos hasta alternativas que utilizan compuestos químicos o naturales, mezclas estabilizantes e incluso tratamientos térmicos. En particular, el uso de fibras naturales y sintéticas ha evidenciado buenos resultados, al contribuir al perfeccionamiento de las propiedades del suelo como al aumento de su ductilidad, promoviendo además el aprovechamiento de materiales de desecho [9].

A nivel nacional, las zonas costeras expuestas al fenómeno El Niño y con suelos colapsables presentan alta vulnerabilidad, lo que incrementa el riesgo de fallos en el terreno [10].

Tomando como ejemplo la ciudad de Lambayeque presenta una alta cantidad de suelos arcillosos, también considerados suelos expansivos, estos se distinguen por mostrar una elevada

concentración de limos, lo que aumenta la probabilidad de sufrir colapsos en ciertas zonas de Lambayeque. Estas zonas se encuentran principalmente situadas al norte de la ciudad, en áreas destinadas a la agricultura. Cabe mencionarse ejemplos de calles principales como lo son Juan Manuel Iturregui, San Martín, etc. Sin embargo, por medio de los datos recolectados del INDECI y los mapas de repartición de arcillas y suelos proporcionados por esta entidad es que podemos determinar que la zona de estudio seleccionada se encontrara entre las calles Andrés Lastre y Los Álamos, siendo este estudio utilizable dentro de la tipología de suelos que podamos encontrar en esta demarcación [11].

En base a la formulación del problema, podemos plantear la siguiente pregunta investigativa ¿Cuál es la influencia del uso de la goma guar en el mejoramiento del potencial expansivo en suelos naturales, Lambayeque, 2024?

A partir de las justificaciones expuestas, destaca especialmente el enfoque social, ya que la investigación busca optimizar las propiedades expansivas del suelo del distrito de Lambayeque, con el propósito de contribuir a una mejor habitabilidad en zonas afectadas por fisuras o daños estructurales en viviendas.

Desde la perspectiva ambiental, uno de los propósitos prioritarios dentro del sector construcción consiste en reducir los impactos adversos ocasionados por el uso de materiales tradicionales y aditivos químicos en la estabilización de suelos con comportamiento expansivo. En este sentido, la investigación propone el reemplazo de dichos compuestos por opciones más sostenibles, como el empleo de biopolímeros derivados de fuentes naturales. Esta alternativa representa una ruta viable en búsqueda de mejorar las condiciones geotécnicas del suelo sin comprometer la integridad ambiental del entorno.

Desde el enfoque económico, se evidencia que estabilizar suelos con aditivos naturales o materiales reciclados resulta más viable que recurrir al movimiento de grandes volúmenes de tierra, debido a su bajo costo, fácil transporte y aplicación sencilla. Esta alternativa es especialmente útil en Lambayeque, donde los suelos expansivos afectan frecuentemente a las edificaciones.

En el aspecto tecnológico, la propuesta introduce una solución innovadora basada en un aditivo natural capaz de reducir la expansividad del suelo, lo que representa un aporte sostenible al mejoramiento geotécnico.

Contamos con el objetivo general del estudio el cual es evaluar cómo influye la goma guar en la mejora de suelos expansivos. Los objetivos específicos incluyen caracterizar y clasificar

el suelo, comparar su comportamiento con y sin tratamiento, y analizar económicamente la aplicación del aditivo frente a métodos tradicionales.

## **Revisión de literatura**

### ***Antecedentes:***

Almuaythir [13], se nos da a conocer la presencia de suelos expansivos en sitios ligados a la construcción, relacionando el deterioro de dichas estructuras con el cambio volumétrico del suelo. En base a las altas pérdidas económicas sufridas por causa de los suelos expansivos es que se busca una solución en función a remediar dichos suelos. Se plantea como solución el uso de polvo de horno, el cual cumpliría la función de estabilizador en suelos expansivos, teniendo en cuenta que se monitoreo en que proporción resulta más adecuado su uso. Teniendo dentro de la experimentación hasta cinco series con diferentes porcentajes de polvo de horno de cemento (0%, 2%,4%,6% y 8%). Obteniendo como resultado que en proporciones adecuadas el polvo de cemento efectivamente si cumple la función de estabilizador del suelo, esto también contribuye a disminuir la densidad máxima seca, y obtener resultados positivos de humedad.

Shah, Wanare, Iyer, Rotte [14], nos da a conocer los problemas que sufren distintos tipos de infraestructuras (canales, estanques, embalses, etc.) con respecto al agrietamiento que sufren por la elevada cantidad de humedad, teniendo en cuenta que, al aumentar la cantidad de humedad, también es mayor la probabilidad de que los suelos expansivos se hagan presentes. Se buscó por medio de fibras con y sin aditivos tratar de disminuir el impacto causado por los suelos expansivos. Tomando en consideración que las fibras usadas son de origen natural y de polipropileno. Se empezó el proceso de experimentación en base a dosificar las fibras de un porcentaje de 0.5% a 2% y trabajando en una variación de temperatura que va desde los 27° C a los 45° C (Replicando características de clima árido). Como resultados finales se observó que si bien no se logró eliminar completamente las grietas (Basándonos en que no se logró controlar en su totalidad a los suelos colapsables), si se pudo notar una disminución bastante considerable, lo que se atribuye a una mejora sustancial de las características del suelo.

Reddy, Varaprasad [21], manifiesta que el uso de la goma xantana de por medio de periodos, representa un alza significativa en el valor conseguido en el ensayo de compresión uniaxial (177% a 95%) durante los 360 días siguientes, con respecto a la durabilidad luego

del doceavo ciclo se notó cierta tendencia a la obtención de resultados con menos porcentaje de éxito, esto quiere decir que pasado este tiempo los resultados de resistencia tuvieron una inclinación a decaer. Cabe destacarse además que, pasados estos 12 ciclos de desarrollo, se notó que la degradación de los suelos tratados es de 9.7% a 7.06% que está por debajo del límite permisible del 14%.

Villalta [23], señala que el empleo combinado de puzolana volcánica, polvo de ladrillo y goma guar mejora las condiciones del suelo, siempre que se utilicen en proporciones adecuadas. Esta afirmación fue validada mediante ensayos geotécnicos estandarizados como granulometría y límites de atterberg. El producto de esta investigación mostro una reducción en el índice plástico y un incremento en la compactación, lo que favorece el comportamiento mecánico del suelo en aplicaciones de ingeniería geotécnica.

Condori y Condori [42] indica que la incorporación de goma guar como aditivo estabilizante resulta efectiva en suelos utilizados como base estructural para vías rurales. El objetivo fue analizar cómo diferentes proporciones de goma guar influyen en las cualidades físicas y mecánicas de la tierra. Se evidenciaron mejoras notables, como un incremento en la densidad seca máxima, una disminución en el I.P. y un aumento del CBR de hasta un 50% con una dosificación del 2.5%, lo que refleja una mayor capacidad portante.

Camarena y Peña [43] menciona que la goma guar actúa como biopolímero efectivo para mejorar suelos arcillosos de baja calidad en áreas urbanas de Lima. El estudio tuvo como finalidad evaluar las alteraciones en las características físico-mecánicas de la tierra al incorporar distintas proporciones de este aditivo. Lo obtenido en la investigación mostró una disminución en el índice de plasticidad, una mejora en la resistencia al corte, una mejora en la densidad óptima seca y también una reducción en el contenido óptimo de humedad.

Valverde y Paredes [44] se plantea que la combinación de biopolímeros naturales como la goma guar y la xantana representa una alternativa sostenible para mejorar suelos cohesivos con baja capacidad estructural en subrasantes. El estudio tuvo como finalidad estabilizar este tipo de suelo aplicando distintas dosificaciones de la mezcla. Los resultados indicaron que una proporción del 2.25% permitió mejorar significativamente la resistencia, disminuir el I.P. y aumentar el CBR en más del 40% en comparación con el suelo sin tratamiento.

Silva y Pinedo [45] plantea que la combinación de goma guar y fibras sintéticas actúa como un estabilizante eficaz en suelos arcillosos, generando mejoras en su comportamiento mecánico. El objetivo principal del estudio fue evaluar cómo influye esta mezcla en la resistencia y deformabilidad del suelo. Los resultados evidenciaron un

incremento notable en la resistencia a la compresión no confinada, una reducción en la expansión y un aumento en la cohesión del material tratado. La dosificación más eficiente correspondió al uso de 2% de goma guar y 0.5% de fibras de polipropileno.

Rojas y Rodríguez [32] se aborda la problemática de edificar sobre suelos arcillosos de baja resistencia. El estudio tiene como propósito evaluar cómo la inclusión de goma de guar y fibras de polipropileno influye en las propiedades mecánicas de este tipo de suelo. Los resultados mostraron que, si bien la adición de fibras redujo ligeramente la densidad seca debido a su baja densidad, también generó una mejora significativa en la cohesión del terreno. La combinación más eficaz se alcanzó con una dosificación del dos por ciento de goma guar y cero puntos dos por ciento de fibras de polipropileno, lo que permitió mejorar sustancialmente la resistencia del material, haciéndolo más adecuado para cimentaciones de viviendas de un piso.

Santa Maria [46] se analiza el uso de residuos industriales y agrícolas como estabilizantes en suelos arcillosos de subrasante. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes proporciones de vidrio pulverizado (VP) y ceniza de bagazo de caña de azúcar (CDBC) sobre las cualidades físicas y mecánicas del terreno. El producto final mostro que las mezclas de 15% de VP con 16% de CDBC, y de 10% de VP con 16% de CDBC, generaron un aumento considerable en el CBR, logrando mejorar la clasificación del suelo de S1 (subrasante insuficiente) a S5 (subrasante excelente).

Rueda y Paucar [47] evalúa la efectividad del cloruro de potasio (KCl) como aditivo estabilizante en suelos arcillosos de alta plasticidad. El propósito del estudio fue analizar cómo la adición de este compuesto influye en la disminución del potencial de expansión. Los resultados demostraron que el KCl logró reducir notablemente los niveles de expansividad del suelo, confirmando su utilidad como estabilizante en terrenos con comportamiento expansivo.

Sujata y Priya [48] manifiestan en el artículo "*Comportamiento geotécnico del suelo tratado con goma guar*" indica que este biopolímero puede emplearse como estabilizante en suelos arcillosos con distintos niveles de plasticidad. El estudio tuvo como meta final evaluar cómo afecta la incorporación de goma guar en las propiedades físicas y mecánicas de estos suelos. Los resultados mostraron mejoras significativas, destacando una mejora en la firmeza a la compresión no confinada y una disminución en el índice de plasticidad, lo que evidencia una mayor estabilidad y capacidad portante del suelo tratado.

## ***Bases teóricas – técnicas***

### ***Bases técnicas:***

#### ***E050 Normativa – Suelos y Cimientos:***

El propósito de esta normativa es definir los estándares necesarios, desde la perspectiva de la Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, para llevar a cabo investigaciones de Mecánica de Suelos (EMS). Estos estudios están destinados a fundamentar las bases de cimentación para construcciones y otros proyectos establecidos en la normativa correspondiente. El objetivo primordial de los estudios de Mecánica de Suelos es garantizar la estabilidad de las estructuras y fomentar el uso responsable de los recursos disponibles [18].

#### ***Manual de Ensayo de Materiales – MTC 2016:***

El *Manual de Ensayo de Materiales* tiene como meta final estandarizar los procedimientos de laboratorio y campo aplicados a materiales utilizados en proyectos viales, asegurando que su comportamiento cumpla con los criterios de calidad requeridos para su aplicación en obras y mantenimiento de carreteras [19].

#### ***Normativa General del Ambiente – LEY N°28611:***

Esta legislación tiene como responsabilidad garantizar los derechos de las personas para residir en un entorno que promueva la salud y sea propicio para su crecimiento. Asimismo, busca que las personas puedan hacer uso de los recursos disponibles, siempre y cuando se cumplan con las regulaciones necesarias, se preserven las variaciones naturales y se contribuya al progreso sostenible [25].

## ***Bases teóricas***

### ***Tipos de Suelos:***

Los suelos pueden clasificarse en:

*Tabla I Clasificación de suelos expansivos*

<i>ARENOSOS</i>	<i>LIMOSOS</i>	<i>ARCILLOSOS</i>
-----------------	----------------	-------------------

---

<i>Contienen partículas muy finas que hacen este suelo suelto y con una mayor trabajabilidad.</i>	<i>Las partículas de este tipo de suelo son de tamaño intermedio y al igual que los arenosos tienen una buena trabajabilidad.</i>	<i>Los suelos arcillosos se caracterizan por su alta absorción de agua, están constituido por partículas finas de difícil trabajabilidad.</i>
---	---	---

---

*Fuente: [3]*

### ***Terrenos Expansivos:***

Los suelos con propiedades expansivas son un tipo de terreno que puede aumentar o reducir su volumen de manera notable debido a distintos factores, tanto a nivel microscópico como macroscópico. Estos cambios, que suelen ser impredecibles, representan un desafío importante para los proyectos de construcción, ya que pueden afectar la estabilización. [33]

A nivel microscópico, la mineralogía del suelo es un factor clave, ya que los minerales presentes en las fracciones arcillosas y su relación con la presencia de agua, determinan la variedad de suelos arcillosos. Estas partículas, formadas principalmente por silicatos de aluminio y magnesio, presentan tamaños inferiores a 0,0004 cm y se organizan en estratos [35].

En los suelos expansivos, las arcillas presentan una estructura en forma de láminas microscópicas, cuyas caras poseen carga negativa y sus bordes carga positiva. La unión entre estas láminas ocurre mediante enlaces químicos, cuya intensidad varía según el tipo de mineral presente y el catión dominante en su composición [33].

Desde una perspectiva macroscópica, características físicas como la masa por volumen y el nivel de humedad influyen directamente en el comportamiento de los suelos arcillosos. Ensayos edométricos han demostrado que, cuando estos suelos presentan baja humedad y alta compactación inicial, su capacidad de expansión y las presiones generadas tienden a incrementarse, elevando así su potencial expansivo [34].

### ***Consideraciones que afectan en la contracción y expansión de la tierra:***

**Minerales de las arcillas:** Los minerales de las arcillas son generalmente los causantes a los que se les atribuye los cambios de volumetría, esto generalmente se da en condiciones donde el tamaño de las partículas es extremadamente fino [26].

**Química del agua del suelo:** Una hinchazón es generalmente representada por un aumento en la concentración y balance de cationes [26].

**Succión del suelo:** Se define como una variable independiente del esfuerzo efectivo representada por la presión del poro. Tiene una relación directa con la saturación, la gravedad, el tamaño y forma de los poros [26].

**Plasticidad:** Generalmente los suelos que presenten una alta concentración de contenido de humedad y un elevado límite líquido son más propensos a sufrir cambios de expansión y contracción [26].

**Arreglo y estructura del suelo:** Las arcillas floculadas tienden a ser más expansivas que las arcillas dispersas. El arreglo y forma son alterados al entrar en contacto con grandes cantidades de agua [26].

### *Propiedades físicas de los suelos:*

**Poros o vacíos:** Son los espacios abiertos que existen entre granos del suelo, de variados tamaños [24].

**Granos de suelo:** Estos pueden ser de tamaño macroscópicos o microscópicos en tamaño. Evidentemente, los de tamaño microscópicos no pueden ser observados a simple vista, pero es razonable esperar que estén presentes en cantidades variables [24].

**Humedad del suelo:** La apariencia del suelo puede variar de húmeda a seca dependiendo del contenido de agua en sus poros. Esta agua intersticial puede encontrarse en cantidad suficiente para saturar completamente el suelo o, en menor proporción, solo cubrir parcialmente las partículas [24].

**Gravedad específica:** Es la relación existente entre el peso específico de los sólidos con el agua [24].

### *Identificación de Suelos Expansivos*

El detectar suelos arcillosos con potencial expansivo se fundamenta principalmente en la observación de sus características físicas en distintas condiciones de humedad. En estado seco, estos suelos tienden a presentar una consistencia dura y una superficie con apariencia vítrea al ser cortados. En contraste, cuando se encuentran húmedos, adquieren una textura blanda y pegajosa.

La presencia de suelos expansivos puede reconocerse por señales como el desplazamiento gradual en laderas (creep) y la aparición de grietas superficiales, fisuras o fracturas, que tienden a formar patrones repetitivos y distintivos [36].

### ***Establecer el grado de Expansión***

La exigencia de comprender la forma de actuar de los suelos expansivos en el ámbito del diseño estructural ha llevado al desarrollo de distintos métodos de ensayo orientados a obtener información precisa sobre esta característica. De manera general, las técnicas utilizadas para cuantificar el grado de expansividad se agrupan en dos categorías principales: métodos cualitativos y métodos semicuantitativos.

Cada una de estas categorías incluye procedimientos específicos que permiten evaluar cómo responde el suelo ante cambios en su contenido de humedad y frente a condiciones ambientales variables. A continuación, se detallan los ensayos más representativos de cada grupo, los cuales son comúnmente aplicados en investigaciones geotécnicas enfocadas en la identificación y análisis de suelos con comportamiento problemático [36].

#### ***Procedimientos Cualitativos:***

Los procedimientos cualitativos, también conocidos como indirectos, permiten estimar el grado de expansividad del suelo mediante observaciones en laboratorio, utilizando muestras previamente compactadas. Estos ensayos no buscan obtener valores exactos, sino clasificar la expansión en niveles como baja, media, alta o muy alta, brindando una referencia útil para orientar decisiones en estudios geotécnicos.

#### ***Valores Índice***

Las propiedades índices, como los límites de Atterberg, han sido utilizadas durante mucho tiempo como criterios efectivos para clasificar suelos según su potencial expansivo, e incluso para estimar cuantitativamente su grado de expansión. Un estudio destacado en este campo fue realizado por Holtz y Gibbs, quienes compararon los resultados de 45 ensayos de expansión en suelos no alterados con parámetros como proporción de coloides, valor del índice de plasticidad, punto de contracción del suelo y nivel de expansión registrado bajo una carga fija de una psi.

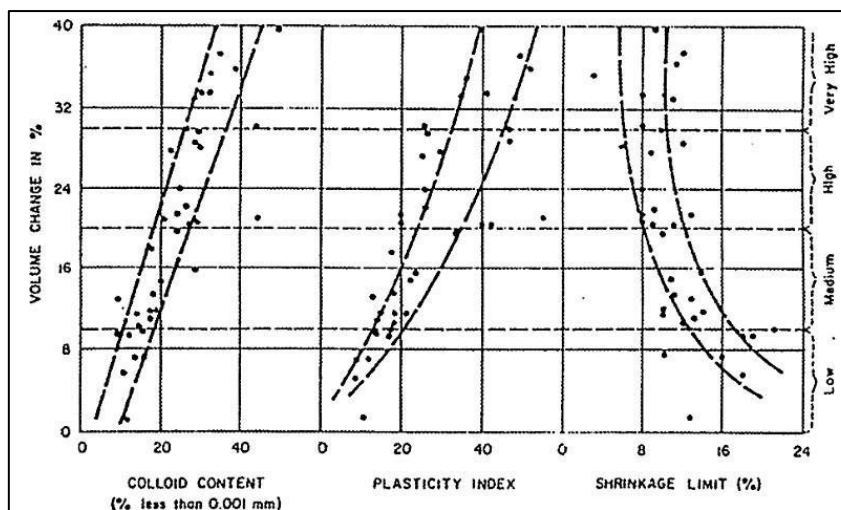


Imagen I Relación entre el cambio de volumen del suelo y su contenido de coloides, índice plástico y límite de contracción [36]

Con base en los aspectos previamente expuestos, se plantean a continuación los criterios utilizados para la identificación de suelos con comportamiento expansivo, mediante la aplicación de las siguientes relaciones técnicas:

Tabla II Clasificación de parámetros de "Suelos expansivos":

% clides. (< 0.001 mm)	I.P	Límite de contracción	Expansión (%)	Potencial de Expansión (%)
> 28	> 35	< 11	> 30	Muy Alto
20 - 33	25 - 41	7 - 12	20 - 30	Alto
13 - 23	15 - 28	10 - 16	10 - 20	Medio
< 15	< 18	> 15	< 10	Bajo

Fuente: [36]

Además, Dakshanamurthy y Raman propusieron una clasificación del grado de hinchamiento del suelo considerando parámetros como el índice de plasticidad, el límite de contracción y el límite líquido [37].

Tabla III Caracterización de suelos expansivos

I.P	Límite de contracción	L.L.	Grado de Expansión
> 35	< 11	> 70	Muy Alto
[25 – 41]	[7 – 12]	[50 – 70]	Alto
[15 – 28]	[10 – 16]	[35 – 50]	Medio
< 18	> 15	[20 – 35]	Bajo

Fuente: [36]

Seed, Woodward y Lundgren elaboraron una relación que relaciona la actividad de los coloides con la proporción de partículas menores a dos  $\mu\text{m}$ , permitiendo categorizar los suelos según su grado de expansión [38].

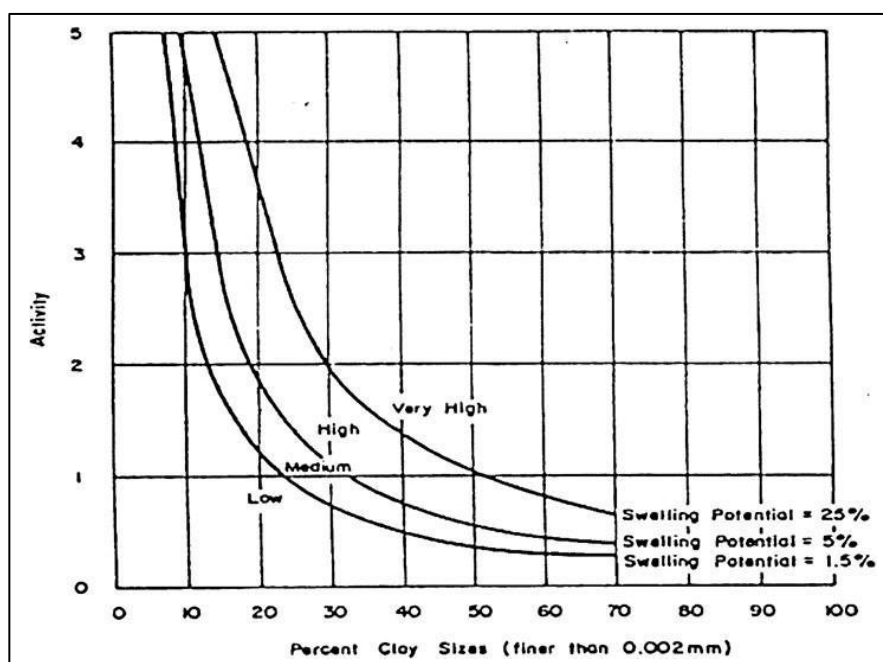
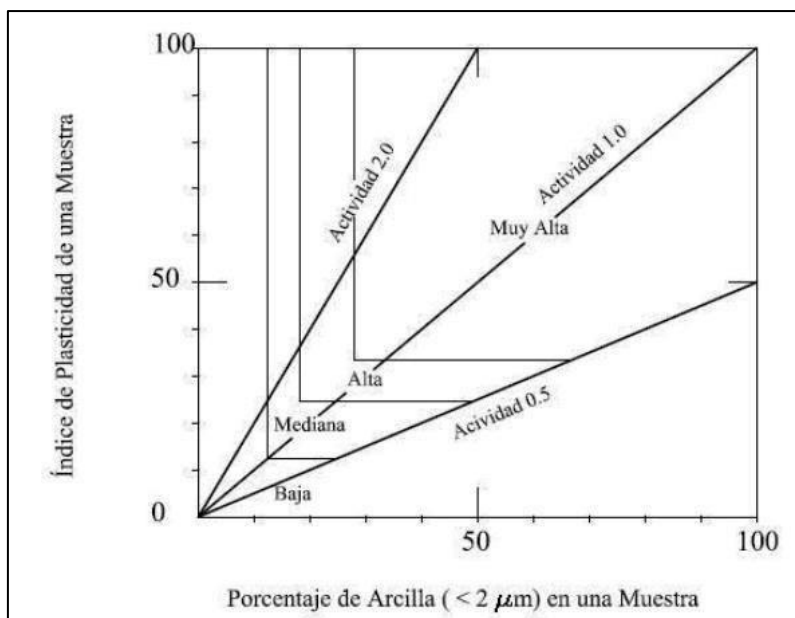


Imagen II Hinchamiento en relación a la actividad. Adaptado de "Foundation on Expansive Soil", por Chen, 1998 [38]

Con respecto a los parámetros seguidos por la normativa peruana, se detalla en E-0.50 Suelos y Cimientos, en el inciso 37 "Suelos Expansivos", que se debe seguir los valores establecidos en el siguiente gráfico.



*Imagen III Clasificación de Cambio de Potencial de Volumen. Extraído de “Norma Técnica E-0.50 Suelos y cimientos”*

En base a esto es que establecemos una dependencia entre el I.P y el porcentaje de arcillas < 2μm, el cual se denomina Actividad, es en base a esta actividad que podemos establecer y clasificar el tipo de suelo expansivo con el cual estamos trabajando. En base a la siguiente tabla podremos observar los distintos parámetros que deben seguirse para esta determinación y clasificación de suelo.

*Tabla IV Criterios de Evaluación de Expansión*

Potencial de Expansión Ep	Expansión en consolidómetro	Índice de Plasticidad IP	Porcentaje de partículas menores que dos micras
%	%	%	%
Muy Alto	> 30	> 32	> 37
Alto	20 - 30	23 - 45	18 - 37
Medio	10 - 20	12 - 34	12 - 17
Bajo	< 10	< 20	< 17

*Fuente: [38]*

### ***Métodos Semicuantitativos***

Los métodos semicuantitativos o directos permiten analizar con mayor precisión el comportamiento expansivo del suelo, ya que miden tanto el grado de expansión como la presión generada durante el hinchamiento, brindando información más detallada que las técnicas cualitativas.

Dentro de este grupo, las pruebas de expansión destacan por su frecuencia de uso, ya que permiten determinar tres parámetros clave relacionados con la expansividad del suelo: la expansión libre, la expansión bajo carga constante y la expansión a volumen constante. La aplicación de estos ensayos resulta fundamental para interpretar el comportamiento del suelo bajo condiciones reales de humedad y carga, lo que los convierte en herramientas valiosas para el diseño de cimentaciones y estructuras en zonas con presencia de suelos expansivos.

#### ***Ensayo de Expansión Libre:***

Este procedimiento permite obtener tres valores clave: la expansión libre, el porcentaje de expansión bajo una carga vertical. La prueba comienza saturando la porción de suelo seleccionada, para luego aplicar una carga de 1 kPa mediante una piedra porosa y una placa de carga, completando así la etapa principal de expansión.

A continuación, las cargas se incrementan de manera gradual hasta que la muestra alcanza nuevamente la relación de vacíos existente antes del proceso de saturación. En ese momento, la carga total aplicada se considera como la presión de hinchamiento del suelo. Finalizada esta etapa, el ensayo puede proseguir con la aplicación de cargas adicionales y descargas, conforme a los requerimientos específicos del análisis.

#### ***Ensayo de Expansión Controlada:***

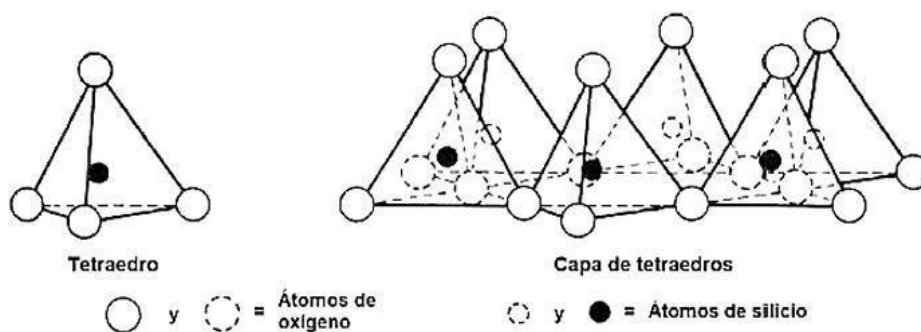
Este procedimiento permite determinar tanto el porcentaje de expansión del suelo sometido a una presión vertical específica como la presión que el suelo desarrolla durante el proceso de hinchamiento. Para iniciar el ensayo, se aplica una carga inicial superior a 1 kPa antes de saturar la muestra en el consolidómetro. Esta carga suele corresponder a la presión efectiva que una estructura proyectada transferiría al terreno en condiciones reales de servicio.

Una vez completada la saturación de la muestra, se observa su comportamiento volumétrico, el cual puede manifestarse como expansión o contracción en función de la magnitud de la carga aplicada. Estas variaciones se registran de manera continua hasta que el volumen alcanza un estado de equilibrio, en el que los cambios se vuelven prácticamente

imperceptibles. Posteriormente, el procedimiento puede incluir etapas adicionales de carga o descarga, conforme a los objetivos del análisis.

### ***Minerales arcillosos***

Los minerales arcillosos, responsables de conformar la fracción más fina del suelo — aquella con partículas menores a 2  $\mu\text{m}$ —, se originan a través de procesos de naturaleza química. Su composición puede presentar variaciones debido a la presencia de diferentes tipos mineralógicos y a los procesos de adsorción que tienen lugar en la superficie de las partículas. En términos generales, estos minerales pertenecen al grupo de los filosilicatos y están estructurados mediante la combinación de dos unidades fundamentales: los tetraedros y los octaedros [36].



*Imagen IV Estructura tetraédrica. [36]*

Las estructuras cristalinas de las partículas arcillosas se forman a partir de la unión de capas tetraédricas y octaédricas, que al repetirse de manera ordenada conforman láminas estructurales. Las distintas combinaciones de estas capas, junto con los cationes presentes en su composición, dan lugar a los diferentes tipos de minerales arcillosos. Estos se agrupan, principalmente, en cuatro categorías: caolinita, esmectita, illita y clorita [39].

*Tabla V Información de los grupos de minerales arcillosos:*

Nombre del Grupo	Minerales miembros
1. Caolinita	Caolinita, dickita, nacrita
2. Esmectita	Montmorillonita, pirofilita, talco, vermiculita, sauconita, saponita, nontronita
3. Illita	Illita
4. Clorita	i. Amesita ii. Chamosita iii. Cookeita iv. Nimita, entre otros

*Fuente: [34]*

*Tabla VI Información de los grupos de minerales arcillosos*

Nombre del Grupo	Tipo de capa	Carga de la capa
1. Caolinita	1 : 1	< 0.01
2. Esmectita	2 : 1	0.5 - 1.2
3. Illita	2 : 1	1.4 - 2.0
4. Vermiculita	2 : 1	1.2 - 1.8
5. Clorita	2 : 1 : 1	Variable

*Fuente: [34]*

### ***Estabilización Química del suelo***

La estabilización de suelos con alta expansividad suele realizarse mediante la incorporación de compuestos como cal, cemento o cenizas, conocidos como estabilizantes tradicionales. Estos materiales, al reaccionar con el agua, modifican la estructura de la tierra, minimizando su expansión y aumentando su resistencia al corte, además de mejorar su comportamiento a cambios de humedad [40].

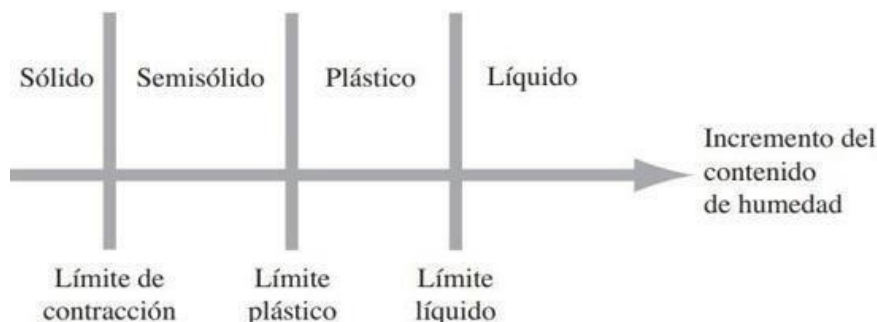
Los estabilizantes químicos mejoran el suelo a través de tres mecanismos principales: el intercambio de cationes, la unión de partículas finas y las reacciones de la puzolana. Primeramente, cationes como sodio o potasio son reemplazados por otros de mayor carga, como calcio o magnesio, lo que modifica la estructura interna de las partículas arcillosas.

El proceso inicia con un primer paso que lleva a la floculación-aglomeración. En esta fase, las partículas diminutas se unen gracias a la atracción de cargas eléctricas, creando grupos más fuertes y estables. Después, se producen reacciones puzolánicas entre los iones que se agregaron y los componentes de sílice y alúmina presentes en la tierra. Esto da como resultado la formación de sustancias con propiedades de cemento, como el silicato y aluminato de calcio hidratados, además de cal hidratada, lo que finalmente mejora la cohesión y la resistencia del material que está siendo tratado [41].

### **Consistencia del Suelo:**

Los suelos finos con presencia de minerales arcillosos muestran cohesión al contener cierta humedad, debido al agua que se adhiere a sus partículas, evitando su desintegración. Este comportamiento permite relacionar la cantidad de humedad con la textura del suelo, ayudando a interpretar su respuesta mecánica en distintas condiciones.

A niveles bajos de humedad, el suelo tiene un comportamiento sólido y frágil. A medida que crece el contenido de humedad, el suelo pierde rigidez y adquiere un comportamiento más dúctil, llegando a actuar de forma semejante a un líquido. [28].



*Imagen V Fases del Suelo [28]*

- **Límite Líquido:** En la prueba de límite líquido, se coloca una porción de suelo en una copa y se efectúa un corte en el centro de esa muestra utilizando la herramienta de ranurado estándar. Luego, se eleva la copa mediante una manivela y se suelta desde una altura de pequeña. El porcentaje de humedad requerido para cerrar una longitud aproximada de doce punto siete milímetros a lo largo de la parte más baja de la ranura después de 25 impactos determina el límite líquido del suelo [28].
- **Límite Plástico:** El límite plástico corresponde al porcentaje de humedad en el que el suelo, al formarse en hilos de tres punto dos milímetros de diámetro, comienza a desmoronarse. Este valor indica el extremo inferior del intervalo plástico del material. La prueba se lleva a cabo de forma sencilla, moldeando el suelo en una

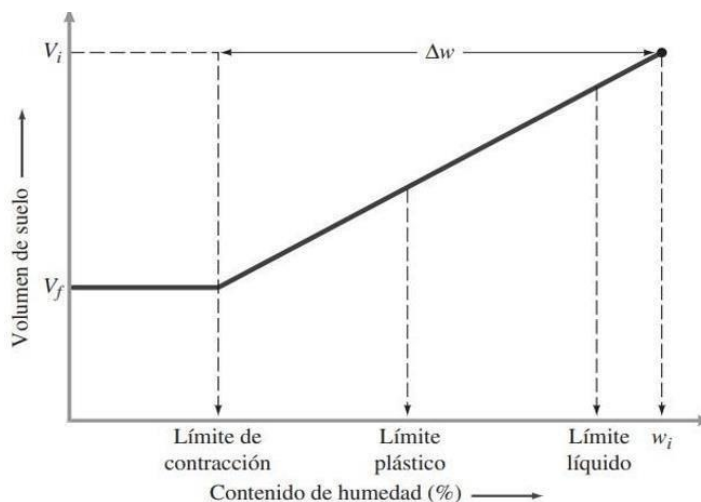
forma alargada y rodándolo sobre una superficie de vidrio especial para este ensayo [28].

- **El índice de plasticidad (PI):** El índice de plasticidad se obtiene restando el valor del límite plástico al del límite líquido del suelo. Este procedimiento está regulado por la norma ASTM D-4318 [28].

$$PI = LL - PL \quad (28)$$

- **Límite de Contracción:** La masa de suelo experimenta una contracción a medida que va disminuyendo en humedad de manera gradual. El porcentaje de humedad en el que cesa el cambio de volumen de la masa de suelo se conoce como límite de contracción.

**Actividad:**



*Imagen VI Relación de Volumen de Suelo y Contenido de Humedad [28]*

Dado que la plasticidad del suelo está relacionada con el agua absorbida por las partículas de arcilla, la cantidad y tipo de minerales arcillosos influyen directamente en sus límites líquido y plástico. Se observó que el índice de plasticidad tiende a crecer proporcionalmente al contenido de partículas menores de 2 micrómetros.

A partir de esta relación, introdujo el concepto de "actividad", definido como la relación entre el I.P. y el porcentaje de estas partículas finas [28].

$$A = \frac{PI}{\text{Porcentaje de tamaño de acilla de peso}} \quad (28)$$

Es por medio de los resultados obtenidos de la actividad que podemos obtener el tipo de arcilla con el cual estamos trabajando, y en base a esto es que podremos determinar que parámetros son los adecuados para su estudio

<b>Mineral</b>	<b>Actividad, A</b>
Esmectitas	1–7
Ilita	0.5–1
Caolinita	0.5
Haloisita (2H <sub>2</sub> O)	0.5
Holoisita (4H <sub>2</sub> O)	0.1
Atapulgita	0.5–1.2
Alofano	0.5–1.2

*Imagen VII Clasificación de arcillas por medio de la actividad [28]*

#### **Goma Guar:**

Este material, ampliamente utilizado en la industria alimentaria para espesar y unir, es un biopolímero bien conocido. Su capacidad para formar enlaces químicos excepcionales le confiere una consistencia viscosa y facilita su dispersión coloidal, lo que a su vez permite la creación de geles cohesivos. Se obtiene como un polvo blanco a partir de las semillas de guar mediante un proceso de pulverización, y carece tanto de olor como de sabor. La granulometría de sus partículas varía entre 40 y 300 mili micrones. [32].

#### **Características y Obtención:**

- ✓ Algunas condiciones ambientales, como el pH, la temperatura y las variaciones repentinas de presión, tienen el potencial de alterar la estructura de la goma de guar. Por ejemplo, al disolver la goma de guar en agua y disminuir la temperatura, se observa un aumento en la velocidad a la que la viscosidad se desarrolla, lo cual puede ocurrir en un lapso de entre 1 y 4 horas [32].

*Tabla VII: Características de la Goma Guar*

<b>Características</b>	<b>Limites</b>	<b>Unidades</b>
<b>Viscosidad *</b>		
10 minutos	Min. 4200	cps
02 horas	Min. 5100	cps
24 horas	Min. 5300	cps
<b>Humedad *</b>	Max. 11	%

<b>Proteínas *</b>	3.0% - 4.0%	%
<b>Cenizas *</b>	0.60 - 0.78	%
<b>Metales pesados *</b>	< 3	ppm
<b>Microbiológico</b>		
Total, recuento de placa *	3000 /g	
Hongos*	< 50.0 /g	
Levaduras *	100 /g	
E. coli	Ausente en 0.2 g	
Salmonella	Ausente en 25 gr.	

*Fuente: Adaptado de Ficha Técnica Goma Guar*

### **Ensayos:**

#### **Contenido de humedad de un suelo, MTC E 108**

A través del presente proceso se busca determinar el porcentaje de humedad en la tierra, calculado la dependencia existente entre el peso del agua presente y la masa del suelo seco.

### **Equipos:**

- ✓ Horno con control de temperatura ajustado a  $110 \pm 5$  °C
- ✓ Balanza de precisión con una exactitud de 0,01 g para muestras con una masa inferior a 200 g

### **Materiales:**

- ✓ Recipientes metálicos (taras) diseñados para resistir variaciones térmicas sin deformarse.
- ✓ Elementos auxiliares para la manipulación de muestras, tales como guantes, cuchillos y espátulas.

### **Muestra:**

- ✓ La muestra debe mantenerse en contenedores herméticos y fuera del contacto con la luz solar.

### **Procedimiento:**

- ✓ Se anota la masa del recipiente en condiciones limpias y secas.
- ✓ Se escoge una porción representativa del suelo destinada al ensayo.
- ✓ La muestra es colocada dentro del recipiente previamente pesado, registrándose la masa total.

- ✓ Posteriormente, el conjunto se introduce en el horno, donde permanece durante un lapso de 24 horas para lograr el secado completo.
- ✓ Transcurrido ese parámetro de tiempo, se saca la muestra del horno y se deja temperar hasta tener una temperatura adecuada para su manipulación.
- ✓ Finalmente, se pesa la muestra de suelo seca y se utilizan los valores obtenidos para efectuar los cálculos pertinentes.

### **Cálculo:**

Se calcula el contenido de humedad siguiendo la fórmula a continuación:

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100$$

Donde:

- W = contenido de humedad
- Mcws = peso del contenedor más el suelo húmedo
- Mcs = peso del contenedor más el suelo secado en horno
- Mc = peso del contenedor
- Mw = peso del agua
- Ms = peso de las partículas sólidas

### **Análisis granulométrico de suelos por tamizado, MTC E 107**

Esta prueba de laboratorio tiene como propósito determinar el porcentaje de partículas del suelo que pasan a través de una serie de tamices, llegando hasta el tamiz N.º 200.

### **Equipos:**

- ✓ Horno de secado con control de temperatura ajustado a  $110 \pm 5$  °C
- ✓ Balanzas de precisión, con una exactitud de 0,01 g para muestras que atraviesan el tamiz N.º 4 y de 0,1 g para aquellas que quedan retenidas en dicho tamiz.

### **Materiales:**

- ✓ Tamices.

Tabla VIII Tamices

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N° 4	4,760
N°8	2,360
N° 16	1,100
N°30	0,590
N° 50	0,297
N° 100	0,149
N° 200	0,075

Fuente: [19]

- ✓ Envases adecuados para el secado.
- ✓ Utensilios como cepillo y brocha.

#### Muestra:

- ✓ Cuando se recoja la muestra en campo, es importante dejarla al aire hasta que se seque por completo. Después, con cuidado, se deben desmenuzar los terrones de suelo utilizando un mortero.

#### Procedimiento:

- ✓ Se realiza un lavado cuidadoso de una porción representativa del suelo sobre el tamiz N.º 200, utilizando suficiente agua.
- ✓ El material que queda retenido en dicho tamiz es recolectado y posteriormente sometido a secado en horno, manteniendo una temperatura de  $100 \pm 5$  °C.
- ✓ Luego de un día de secado, la muestra se extrae del horno, y se procede a su pesaje.
- ✓ El tamizado se efectúa en seco, respetando el orden establecido por la serie de tamices correspondiente al ensayo.
- ✓ Finalmente, se registran las cantidades retenidas en cada tamiz, información que será utilizada en el análisis granulométrico posterior.

#### Cálculo:

Podemos calcular el porcentaje de material que por el tamiz N°200, teniendo en mente la siguiente formula:

$$\%Pasa\ 0,074 = \frac{Peso\ Total - Peso\ Retenido\ en\ el\ Tamiz\ de\ 0.074}{Peso\ Total} \times 100$$

Se calculo el porcentaje retenido en el tamiza N°200, por medio de la siguiente formula:

$$\%Retenido = \frac{Peso\ Retenido\ en\ el\ Tamiz}{Peso\ Total} \times 100$$

El porcentaje más fino puede calcularse, restando el 100% de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices, por medio de la siguiente relación:

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido\ acumulado$$

Se puede terminar el porcentaje de humedad, en base al peso de la muestra secada horno, teniendo en cuenta la siguiente relación:

$$\%Humedad\ Higroscópica = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

- W = Peso de suelo secado a la intemperie
- W1 = Peso del suelo secado mecánicamente en el horno

### ***Cálculo del Limite Liquido de los suelos, MTC E 110***

El objetivo de este ensayo consiste en determinar el contenido de humedad correspondiente al punto de cambio del suelo entre su estado plástico y su estado líquido.

#### **Equipos:**

- ✓ Recipiente.
- ✓ Copa de Casagrande
- ✓ Ranurador
- ✓ Horno de secado que mantenga una temperatura de  $100 \pm 5^\circ\text{C}$
- ✓ Balanzas con precisión de 0.01 g.

### **Limite Liquido de suelos, MTC E 110**

Esta prueba tiene por finalidad determinar el contenido de humedad en el que la muestra de tierra cambia de comportamiento plástico a líquido. Este punto de transición, denominado límite líquido, se define como el porcentaje de humedad en el que una ranura formada en la

muestra se cierra en una longitud de 13 mm, luego de aplicar 25 golpes a la copa del dispositivo desde una altura de 1 cm [24].

### Equipos

- Recipiente adecuado para el almacenamiento temporal de la muestra.
- Cuchara Casagrande.
- Acanalador diseñado para trazar la ranura en la muestra durante el ensayo.
- Calibrador y ranurador empleados para asegurar la precisión en la geometría de la ranura.
- Horno de secado con control de temperatura ajustado a  $110 \pm 5$  °C.
- Balanza de alta precisión (0,01 g).

### Materiales

- Espátula flexible, cuyas dimensiones varían entre 75 y 100 mm de largo y alrededor de 20 mm de ancho, destinada a facilitar la manipulación adecuada del material durante el ensayo.
- Agua destilada o desmineralizada, utilizada como medio de mezclado para evitar la presencia de impurezas que puedan influir en la precisión de los resultados.

### Muestra

- La muestra representativa deberá estar compuesta por una cantidad comprendida entre 150 g y 200 g de material que haya pasado por el tamiz número 40.

### Procedimiento

- Se adiciona una muestra de tierra previamente preparada en la cuchara del equipo de Casagrande, aplicando una leve presión para distribuirla de forma uniforme hasta alcanzar aproximadamente 10 mm de profundidad en su parte central.
- Utilizando el acanalador, se forma una ranura longitudinal que atraviesa la muestra desde el borde superior hasta el más bajo de la copa.



*Imagen VIII Muestra de suelo antes y después de la prueba.*

*Fuente: Manual de Ensayo de Materiales.*

- Seguidamente, se pone en funcionamiento el manubrio del aparato, permitiendo que la copa realice una serie de caídas a una frecuencia comprendida entre 1,9 y 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la muestra hagan contacto a lo largo de una distancia de 13 mm ( $\frac{1}{2}$ ”), cuidando que no haya residuos bajo la copa que interfieran en la medición.
- Se registra la cantidad de golpes necesarios para cerrar la ranura (N) y se extrae una muestra de tierra, del grosor de la espátula, que se deposita en un recipiente con peso previamente obtenido.
- Luego, la muestra se introduce en un horno a una temperatura controlada de  $110 \pm ^\circ\text{C}$  para realizar el proceso de secado.
- El material restante se devuelve al recipiente de mezclado; tanto la copa como el acanalador deben limpiarse antes de preparar la mezcla para la siguiente prueba. Se recomienda realizar ensayos con resultados que abarquen rangos de 25 a 35 golpes, de 20 a 30 golpes, y de 15 a 25 golpes, a fin de obtener una curva representativa del comportamiento del suelo.
- Una vez completado el secado, las muestras se extraen del horno y se pesan para continuar con el análisis requerido.

### **Cálculo**

- Se calcula el L.L para cada muestra para contenido de humedad, usando la siguiente relación matemática:

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = KW^n$$

Donde:

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura

$W^n$  = Contenido de humedad del suelo

K = factor

*Tabla IX Factor K para limite liquido*

<b>N (Numero de golpes)</b>	<b>K (Factor para limite liquido)</b>
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

*Fuente: [19]*

### ***Cálculo del Límite Plástico de los suelos e índice de Plasticidad, MTC E 111***

El propósito de esta prueba consiste en identificar el límite plástico de un suelo y, a partir de este dato junto con el límite líquido previamente determinado [24], calcular el índice de plasticidad. El límite plástico se refiere al contenido mínimo de humedad necesario para moldear el suelo en forma de cilindros delgados, con un diámetro cercano a 3,2 mm, mediante el rodado continuo sobre una superficie lisa y la palma de la mano, sin que dichas estructuras se desintegren durante la manipulación.

### **Equipos**

- Espátula flexible, con una largo de entre 75 y 100 mm y un ancho aproximado de 20 mm, destinada a facilitar la manipulación precisa del suelo durante el desarrollo del ensayo.
- Recipiente apropiado para conservar la muestra bajo condiciones controladas.
- Tamiz N.º 40, empleado para separar la fracción del suelo que será utilizada en el procedimiento.
- Agua destilada, aplicada como medio humectante libre de impurezas que puedan alterar las propiedades del material.
- Placa de vidrio grueso y esmerilado, utilizada como superficie para el moldeado de las probetas.

- Horno de secado con regulación térmica en  $110 \pm 5$  °C, diseñado para asegurar la completa eliminación de humedad en las muestras.
- Balanza de precisión con sensibilidad de 0,01 g, empleada para realizar pesajes exactos durante las distintas etapas del ensayo.

### **Muestra**

- La muestra representativa debe consistir en aproximadamente 20 g de suelo que haya pasado por el tamiz N.º 40.
- Esta muestra debe amasarse hasta alcanzar una consistencia adecuada, lo suficientemente firme para no adherirse excesivamente a los dedos. A partir de ella, se extrae una porción de entre 1,5 g y 2 g, la cual se utilizará para la ejecución del ensayo.

### **Procedimiento**

- Una porción del suelo previamente acondicionado se acondiciona con forma de palillos y luego se rueda cuidadosamente entre los dedos sobre una superficie sin rugosidad, aplicando la suficiente presión.
- Este procedimiento se repite hasta que los cilindros obtenidos alcancen un diámetro cercano a 3,2 mm y comiencen a desmoronarse. La operación se realiza de manera continua hasta obtener aproximadamente 6 g de suelo.
- Se registra la masa del recipiente vacío, seguida de la masa correspondiente al recipiente con la muestra en estado húmedo.
- Seguidamente, la muestra de suelo se introduce en un horno ajustado a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C para su desecación. Finalizado esto se anota el peso seco.

### **Cálculo**

Se determina el L.P. para cada muestra para porcentaje de humedad, por medio de la siguiente relación:

$$\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100$$

### **Cálculo de índice de Plasticidad**

El índice de plasticidad se determina como la diferencia entre el valor del límite líquido y el valor del límite plástico de un suelo.

$$I.P = L.L - L.P$$

### **Donde:**

L.L. = Límite Líquido

L.P. = Límite Plástico

**Tener en cuenta:**

- Un índice de plasticidad (I.P.) elevado indica un contenido significativo de partículas arcillosas en el suelo.
- Por el contrario, un índice de plasticidad bajo sugiere que el suelo posee una proporción reducida de arcilla en su composición.

***Método estándar para la determinación de la gravedad específica de los sólidos***

Esta prueba tiene como fin establecer la densidad de los sólidos presentes en un suelo, un dato fundamental para la obtención de parámetros como la relación de vacíos y el grado con el que se satura. Para llevar a cabo este procedimiento, se utiliza un picnómetro con agua como dispositivo de medición [24].

**Equipos**

- Picnómetro de al menos 250 mL de capacidad, empleado para medir la gravedad específica del suelo.
- Horno de secado con control de temperatura ajustado a  $110 \pm 5$  °C
- Balanza con precisión de 0,01 g.

**Materiales**

- Termómetro con precisión mínima de 0,1 °C, utilizado para verificar la temperatura del agua durante el ensayo.
- Embudo de superficie lisa, empleado para facilitar el vertido del material sin pérdida de partículas.
- Tamiz N.º 4, destinado a seleccionar la fracción adecuada del suelo para la prueba.
- Muestra de suelo preparada para el procedimiento.
- El suelo debe estar previamente secado en horno.

**Procedimiento**

- Se determina la masa del picnómetro limpio y seco utilizando una balanza con precisión de 0,01 g.
- Posteriormente, se llena el picnómetro con agua desaireada hasta la marca de calibración y se registra su masa total.
- La muestra de suelo se dispersa en aproximadamente 100 mL de agua, y la mezcla se vierte en el picnómetro empleando un embudo de superficie lisa.

- Luego, se adiciona agua hasta cubrir entre un tercio y la mitad del picnómetro, agitándose con cuidado para liberar el aire contenido en la mezcla del suelo.
- En caso de emplearse calor (mediante ebullición) o agitación mecánica, el procedimiento debe mantenerse por un tiempo mínimo de 2 horas, a fin de asegurar la completa desaireación.
- Una vez completado este paso, se llena nuevamente el picnómetro hasta la marca de calibración con agua y se registra su masa. También se mide la temperatura de la mezcla en ese momento.
- Finalmente, se procede a secar completamente la muestra en un horno, a fin de determinar con precisión la masa del suelo seco.

### *Clasificación de los suelos*

La finalidad de un sistema de clasificación es organizar los suelos según propiedades comunes, con la finalidad de facilitar la comparación de sus propiedades respecto a otros materiales de naturaleza similar. Esta categorización se realiza considerando aspectos como las dimensiones de las partículas, la textura del suelo y su grado de plasticidad, entre otros factores. Dentro de los sistemas más ampliamente utilizados se encuentran el Sistema de Clasificación de Suelos para Carreteras (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) [24].

#### **Sistema AASHTO**

El sistema AASHTO, cuya versión actual fue modificada en 1945, clasifica los suelos con base en parámetros como la granulometría, el límite líquido y el índice de plasticidad. El sistema clasifica los suelos en siete grupos principales, del A-1 al A-7. De manera complementaria, aquellos con alto contenido orgánico se ubican en el grupo A-8 (turba), y para suelos no plásticos (NP), se asigna un índice de grupo igual a cero [24].

De forma general, los suelos finos, como los limosos y arcillosos, suelen agruparse dentro de las categorías A-4 a A-7, según sus propiedades físicas y comportamiento mecánico.

Tabla X Sistema AASHTO para clasificación de suelos:

Clasificación General	Suelos Granulares ( $\leq 35\%$ para 0.08 mm)						Suelos Finos ( $>35\%$ Bajo 0.08 mm)			
	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Grupo	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Sub - Grupo	A - 1a	A - 1b	A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6*	A - 2 - 7*				A - 7 - 5** A - 7 - 6**
2 mm	$\leq 50$									
0.5 mm	$\leq 30$	$\leq 50$	$\geq 32$							
0.08 mm	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$		$\leq 35$				36	
Wl			$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$
Ip	$\leq 6$		NP	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas			Suelos Arcillosos		Suelos Limosos	
	** A - 7 - 5: $IP \leq (Wl - 30)$						** A - 7 - 6: $IP \leq (Wl - 30)$			
	Si el suelo es NP - $IG = 0$ ; Si $IG < 0$ - $IG = 0$									

Fuente: [24]

### Sistema Unificado de Clasificación (SUCS)

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), propuesto por Arthur Casagrande, utiliza la textura de las partículas para identificar y categorizar distintos tipos de suelo mediante códigos como SW, CL o SC. Esta clasificación se fundamenta en ciertas propiedades físicas que permiten una diferenciación precisa entre materiales.

- La proporción relativa de finos, arena y grava.
- La estructura y comportamiento de la curva granulométrica.
- Las propiedades relacionadas con la plasticidad y la compresibilidad del suelo.

El sistema también distingue tres clases generales de suelos: de grano grueso, de grano fino y aquellos con alto contenido orgánico, cada uno con sus respectivas características.

#### Suelos de grano grueso

- Esta categoría agrupa a los suelos en los que al menos el 50 % de la materia queda retenido en el tamiz 200.
- Dentro de esta clasificación, se distinguen dos subgrupos principales: gravas y arenas.
- Las gravas se definen como suelos de grano grueso, cuya proporción corresponde a partículas de mayor tamaño. Este grupo se subdivide en cuatro clases: GW (grava bien

graduada), GP (grava mal graduada), GM (grava con contenido limoso) y GC (grava con contenido arcilloso).

- En el caso de las arenas, se trata de suelos en los que predomina el material que pasa por el tamiz N.º 4. De forma similar a las gravas, estas se clasifican en: SW (arena bien graduada), SP (arena mal graduada), SM (arena con finos limosos) y SC (arena con finos arcillosos).

### **Suelos de grano fino**

- Esta clasificación comprende a los suelos en los que el 50 % o más del material pasa por el tamiz N.º 200.
- La categorización se establece con base en el valor del límite líquido y el índice de plasticidad, dividiéndose en dos grupos principales: limos (M) y arcillas (C).
- Los limos se reconocen por exhibir valores específicos de límite líquido e índice de plasticidad, conforme a los rangos definidos en la Tabla II-3.
- En cuanto a las arcillas, estas se clasifican adicionalmente según el valor del límite líquido, distinguiéndose entre aquellas con límite líquido bajo (L) y las que presentan un límite líquido elevado (H).

### **Suelos altamente orgánicos**

- Estos suelos se reconocen visualmente, presentan propiedades poco favorables para la construcción y suelen ser altamente compresibles.
- Se encuentran dentro de un grupo designado por el símbolo (Pt).

DIVISION MAYOR		GRUPO SIMBOLOS	DESCRIPCION	CRITERIO DE CLASIFICACION DEL LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200	GRAVAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	GRAVA LIMPIA (Poco o ningún Finos)	GW	Grava bien graduado o mezcla de arena y grava. Poco o ningunos finos .	<p>Menos del 5% ----- GW, GP, SW, SP  Más del 12% ----- GM, GC, SM, SC,  5% Al 12% caso limite usar los dos simbolos **</p>	$C_u = \frac{D_{60} \text{ mayor que } 4}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_3)^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$	
			GP	Grava mal graduado o mezcla de grava y arena. Poco o ningunos finos			No reúne los requisitos de granulometría para GW
		GRAVA CON FINAS (Apreciable cantidad de finos)	GM	d		Grava con finos, grava mal graduado muy limoso. Mezcla grava, arena y arcilla.	Limites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P. menor de 4 Caso de estar sobre la línea "A" con I.P. entre 4 y 7; estamos en un caso "limite", y usarse los dos simbolos
				u			
	ARENAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 20)	ARENA LIMPIA (Poco o ningún finos)	SW	GC		Mezcla bien graduado de grava, arena y arcilla. Excelente aglutinante.	Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. mayor 7
				SP		Arena mal graduado Arena gravilosa. Poco o ningunos finos.	
		ARENA CON FINOS (Apreciable cantidad de finos)	SM	d		Arena con finos. Area muy limoso. Mal graduado mezcla arena y arcilla	$C_u = \frac{D_{60} \text{ mayor que } 6}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$
				u			
		SC	SC	SC		Mezcla bien graduado arena y arcilla. Excelente aglutinante	Limites de Atterberg la línea "A" o I.P. menor de 4 Las líneas trazadas en la zona rayada con I.P. entre 4 y 7 son casos limite y deben usarse los dos simbolos.
						Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. menor de 7	
SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200	LIMO Y ARCILLA (Limite liquido es menor de 50)	ML	ML	Limos Inorgánico y arena muy fina. Polvo roca. Arena fino con ligera plasticidad.	Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. menor de 4 Las líneas trazadas en la zona rayada con I.P. entre 4 y 7 son casos limite y deben usarse los dos simbolos.		
			CL	Arcilla inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravilosa. Arcilla limosa. Arcilla fija			
			OL	Limos. Orgánico. Limos - arcilla orgánico de baja plasticidad.			
	ARCILLA (Limite liquido es menor de 50)	MH	MH	MH	Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico		
				CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Arcillas grasas		
				OH	Arcilla orgánica de media o alta plasticidad		
	Suelos altamente orgánico	Pl	Pl	Turba (pect) y otros materiales altamente orgánicos.			

Imagen 1 Sistema Unificado de Clasificación. Fuente: Manual de Ensayo de Materiales

### ***Metodo de Ensayo de analisis granulometrico con hidrometro, MTC E 109***

Se utiliza para determinar la distribución de tamaños de partículas en suelos finos (arcillas y limos) mediante el principio de sedimentación. Consiste en medir la velocidad de asentamiento de las partículas suspendidas en agua, lo que permite calcular su diámetro equivalente. Este proceso utiliza un hidrómetro, cilindros graduados y un dispersante químico, siguiendo procedimientos específicos para garantizar la precisión.

#### **Equipos**

- Hidrómetro
- Recipiente para mezcla
- Tamiz N°10
- Agua destilada
- Cronometro
- Dispersante químico
- Probetas y pipetas graduadas
- Balanzas con una precisión de 0,01 g.

#### **Muestra**

- Se requiere una cantidad específica de suelo seco, usualmente entre 50 y 100 gramos, dependiendo del porcentaje de finos y del procedimiento detallado en la norma.
- La muestra debe ser representativa del material, libre de impurezas orgánicas y partículas gruesas que interfieren en el análisis.

#### **Procedimiento**

- Preparación de la muestra: Se seca y desmenuza el suelo, asegurándose de que pase por el tamiz N° 10.
- Dispersión de partículas: Se mezcla una cantidad específica de suelo con agua destilada y un dispersante químico para evitar la floculación.
- Preparación de la suspensión: La mezcla se transfiere a un cilindro graduado y se completa con agua destilada hasta un volumen definido.
- Agitación: El cilindro se agita vigorosamente para homogeneizar la suspensión.
- Lecturas con el hidrómetro: Se toman lecturas del hidrómetro en función a los registros de tiempo previamente estipulados.

## Cálculo

Se centran en determinar el diámetro equivalente de las partículas y el porcentaje acumulado de finos.

- Cálculo del diámetro de partículas, El diámetro de las partículas se determina mediante la **Ley de Stokes**, en base a la siguiente relación:

$$D = \sqrt{\frac{18 \cdot \eta \cdot y_o}{(\gamma_s - \text{gamma}_{el}) \cdot a}}$$

- Donde:
  - ✚ D: Diámetro de las partículas (mm)
  - ✚  $\eta$ : Viscosidad dinámica del agua (poises), ajustada por la temperatura.
  - ✚  $y_o$ : Profundidad efectiva de lectura del hidrómetro (cm)
  - ✚ a: Tiempo transcurrido desde el inicio de la sedimentación (min).

## *Metodo de Ensayo de contenido de Sales NTP 339.152*

Este proceso se emplea con el fin de identificar la concentración de sales solubles en una muestra de suelo o agua. La información obtenida resulta esencial para valorar el nivel de salinidad presente en el suelo.

### Equipos

- Filtro de papel o tamiz fino
- Recipiente para mezcla
- Tamiz N°10
- Espátulas o cucharas
- Agua destilada

### Muestra

- Se requiere una cantidad específica de suelo seco, usualmente entre 50 y 100 gramos, dependiendo del porcentaje de finos y del procedimiento detallado en la norma.
- Esta muestra de suelo debe pasar por la malla N°10, debe mantener en condiciones secas y evitar el contacto con suelos usados en otros ensayos.

### Procedimiento

- Preparación de la muestra: Se seca y desmenuza el suelo, asegurándose que pase por el tamiz N° 10.

- Mezcla suelo-agua: Se mezcla la muestra de suelo con agua destilada en una relación de 1:1 (suelo: agua en peso), es decir, se agrega una cantidad de agua equivalente al peso de la muestra de suelo.
- Agitación: La mezcla se agita bien durante varios minutos para asegurar que las partes del suelo se disuelvan completamente en el agua. Si es necesario, se puede usar un agitador mecánico para asegurar una buena dispersión.
- Si la muestra contiene partículas gruesas o sólidas no solubles, se filtra la suspensión utilizando un filtro de papel o tamiz fino para obtener una solución clara.
- El contenido de sales solubles se calcula a partir de la medición de la conductividad eléctrica, que se correlaciona con la cantidad de sales presentes en la solución.

### ***Metodo de Ensayo de ASTM D-1293 - CALCULO DE PH DE SUELOS***

Este procedimiento se basa en la medición del pH en una suspensión formada por suelo y agua, o en una solución suelo-agua, mediante el uso de un equipo especializado para tal fin. El valor de pH obtenido representa un parámetro fundamental, ya que influye directamente en la disponibilidad de nutrientes y en los procesos biológicos que tienen lugar en el suelo.

#### **Equipos**

- Recipiente adecuado para la preparación de la mezcla suelo-agua.
- Tamiz N.º 10, utilizado para obtener la fracción del suelo requerida para el análisis.
- Espátulas o cucharas, empleadas para la manipulación precisa del material.
- Agua destilada, utilizada para garantizar la pureza de la solución durante el ensayo.
- Medidor de pH (pH-metro), instrumento necesario para registrar el nivel de acidez o alcalinidad.
- Cilindro graduado o vaso de precipitados, destinado a medir con exactitud los volúmenes requeridos.

#### **Muestra**

- Se necesita una cantidad definida de suelo seco, generalmente comprendida entre 50 y 100 gramos, según el contenido de finos y lo establecido por el procedimiento normativo correspondiente.
- La muestra debe estar previamente tamizada a través de la malla N.º 10, mantenerse en estado seco y conservarse libre de contaminación por contacto con materiales utilizados en otros ensayos.

**Procedimiento**

- Preparación de la muestra: Se seca y desmenuza el suelo, asegurándose de que pase por el tamiz N° 10.
- Preparación de la suspensión de suelo
- Medición del pH

***Ensayo estandarizado según la NTP 339.170***

Este proceso de laboratorio mide la capacidad de una fracción de tierra cohesiva, como las arcillas, para expandirse verticalmente al absorber agua, mientras se restringe su deformación lateral. Este ensayo se realiza en un consolidómetro, evaluando los cambios volumétricos del suelo bajo condiciones controladas, lo que es crucial para predecir problemas en edificaciones y estructuras debido a suelos expansivos.

**Equipos**

- Recipiente para mezcla
- Consolidómetro o aparato de consolidación unidimensional
- Celdas de consolidación
- Balanza
- Horno
- Dispositivos de medición de deformación
- Espátulas y cuchillas metálicas
- Cronómetro

**Muestra**

- La muestra debe representarse fielmente al suelo natural, tanto en estructura como en propiedades físicas.
- Puede estar en estado intacto (sin alteraciones) o remoldeado si se requiere reproducir características específicas.
- Si es una muestra intacta, debe extraerse cuidadosamente para evitar perturbaciones, utilizando técnicas como el recorte controlado.

## Procedimiento

- Preparación de la muestra: Cortar la muestra a las dimensiones del anillo de consolidación.
- Registrar el peso inicial de la muestra (incluyendo el anillo)
- Colocar la muestra dentro del anillo de consolidación.
- Insertar la celda en el aparato de consolidación y ajustar los elementos
- Añadir agua al recipiente del consolidómetro hasta cubrir la muestra, permitiendo la saturación gradual.
- Colocar una carga mínima sobre la muestra para asegurar el contacto entre el plato superior y la muestra, evitando expansión inicial.
- Registrar periódicamente los cambios en altura de la muestra hasta que se alcance la estabilidad.
- Retirar la muestra y secarla en un horno.
- Calcular el porcentaje de hinchamiento utilizando las lecturas iniciales y finales de la altura, así como el peso seco.

## Cálculo

Determinar el porcentaje de hinchamiento unidimensional usando la fórmula

$$\%Hinchamiento = \frac{\Delta h}{h_0} \times 100$$

- Donde:
  - $\Delta h$  : Cambio de Altura
  - $h_0$  : Altura inicial de la muestra

## Materiales y métodos

### ***Tipo y nivel de investigación:***

#### Tipo de investigación

La clasificación para una investigación puede establecerse en función de tres criterios fundamentales: el propósito del estudio, el tipo de datos que se analizarán y la metodología empleada para la formulación y verificación de la hipótesis [30].

- ✓ Según el fin:

**Aplicada:** Esta investigación tiene sus fundamentos y bases en teorías existentes, las cuales buscan solucionar un problema perenne en los suelos expansivos, sin necesidad de realizar o plantear nuevas teorías.

✓ En base a los datos analizados:

**Cuantitativa:** Dado que esta investigación se fundamenta en suposiciones que se demostrarán a través del análisis estadístico y la recopilación de datos numéricos obtenidos de pruebas realizadas en el laboratorio.

✓ Según metodología para demostración de hipótesis:

**Experimental:** El propósito de este estudio es determinar en dosificación de goma guar puede llegar a producir una incidencia en las propiedades expansivas de suelos naturales. En cuanto al enfoque metodológico, se ha optado por un diseño de investigación de tipo experimental, dado que permite intervenir directamente sobre las variables para medir los efectos producidos por la variable independiente. En particular, se hace referencia a un diseño experimental puro, el cual se caracteriza por la comparación entre un grupo que no recibe ningún tipo de tratamiento y otros que sí lo reciben. Esta estructura permite evaluar las diferencias en el forma de actuar del suelo tratado frente al no tratado. A continuación, se presenta el modelo de investigación propuesto [30].

$G_a \rightarrow O_1 \rightarrow M_1$  : Para grupo de control

$G_d \rightarrow O_2 \rightarrow M_2$  : Para grupo experimental

- $G_a$  y  $G_d$ : Grupo de sujetos: Muestras de suelos expansivos antes y después.
- $O_1$ : Muestra sin estabilizante.
- $O_2$ : Muestra con estabilizante (Goma guar).
- $M_1$  y  $M_2$ : Propiedades expansivas antes y después de agregar el estabilizante al suelo.

### ***Población, muestra y muestreo:***

#### ***Población:***

Para la presente investigación se ha determinado que la población en torno al tema de estudio sería la totalidad de los suelos expansivos repartidos por la ciudad de Lambayeque [11].

**Muestra:**

En torno a la muestra seleccionada, debemos considerar que solo tomaremos ciertas cantidades de los sectores ya determinados, teniendo un límite de calicatas por lugar de estudio, eso quiere decir que al final del proceso de recolección de muestras tendríamos un total ejemplares de suelos expansivos. [11].

**Cálculo de Muestra Estadísticamente:**

Para el cálculo de número de muestras, es necesario conocer ciertos parámetros, además de un estudio previo en el cual basarnos, sin embargo, siguiendo la metodología descrita en el libro “Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra en investigación”, podemos partir de ciertos criterios sin ser necesario el tener un estudio previo como base, a continuación, se mencionan algunas consideraciones que deben tenerse en cuenta [31]

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

- p: Cantidad poblacional que presenta cierta característica. **Suelos tratados con Goma Guar.**
- q: Cantidad poblacional que no presenta cierta característica. **Suelos no tratados con Goma Guar.**
- e: Máximo error de estimación de p. En búsquedas de un mínimo error, sin tendencias a una cantidad de muestras no calculables, se considera  $e=5\%$
- z: Valor relacionado al nivel de confianza. Calculado en base a la distribución normal estándar (Programa: Excel)  $z=1.96$ .

El primer paso para calcular el número de muestras necesarios para esta investigación, parte por tener los valores de p y q, los cuales al contar con antecedentes relacionados a la aplicación de este polímero en investigaciones de estabilización de suelos, teniendo en consideración que la ocupación de este polímero en muchos de estos antecedentes se basan en dosificaciones que van desde la aplicación de un 0.5% hasta un máximo de 5%, mostrándose cambios positivos a partir de las dosificaciones de 2%, en base a ello es que denotaremos valores de  $p=0.8$  y  $q=0.2$  [31].

N°	Título	Autor (es)	Tipo de Documento	Resultados	Dosificaciones
1	Estudio de las propiedades físicas y mecánicas para suelo estructural, mediante el uso de goma guar, en la carretera Chamaca – Limamayo, Chumbivilcas, Cusco 2023	J. A. Callo Condori y F. R. Echegaray Condori	Tesis de Pregrado	CBR aumentó en 50% con 2.5% de goma guar	1%, 1.5%, 2.5%
2	Estudio experimental de las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia de un suelo extraído del Barrio de San Cristóbal en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, Perú	A. G. Campos Camarena y M. A. Huamán Peña	Tesis de Pregrado	Densidad seca óptima aumentó 8%, IP reducido en 35%	0.5%, 1%, 2%
3	Estabilización de suelo cohesivo de la subrasante en la avenida Yuracoto, mediante goma guar-xantana, Caraz, Ancash	J. A. Valverde Solís y A. C. Huerta Paredes	Tesis de Pregrado	CBR incrementado en 40% con 2.25% de mezcla goma guar-xantana	1.5%, 2%, 2.25%
4	Mejoramiento de propiedades mecánicas del suelo arcilloso con adición de goma guar y fibra de polipropileno	S. T. Estrada Silva y C. E. Pinedo Pinedo	Tesis de Pregrado	Resistencia a compresión aumentó 30%, IP bajó 20%	0.5%, 1%, 2%
5	Mejoramiento de propiedades mecánicas del suelo arcilloso con uso de goma de guar y fibras de polipropileno para cimentación de viviendas de un nivel en Carabayllo - Lima	D. V. Rojas Santiago y K. K. Colquehuanca Rodríguez	Tesis de Pregrado	Cohesión aumentó con 2% goma guar y 0.20% fibra PP	1%, 1.5%, 2%
6	Comportamiento geotécnico de suelos tratados con goma guar	Evangelin Ramani Sujatha et al.	Artículo de Investigación	Reducción significativa de la permeabilidad y aumento de la resistencia no confinada hasta un 90%	1%, 2%
7	Comportamiento de resistencia y retención de agua del loess estabilizado con goma guar y fibra bajo ciclos seco-húmedo	Xinxin Du et al.	Artículo de Investigación	Incremento de resistencia a compresión en 124.8% con 2% goma guar	2%
8	Estabilización de suelos con biopolímeros: goma guar y goma gellan	Devika Usha S et al.	Artículo de Investigación	Mejora en resistencia >50% y reducción de permeabilidad con 2% goma guar	2%

*Tabla XI Tabla para determinar porcentajes a trabajar*

En base a estos datos recolectados, y a través del uso de la fórmula para poblaciones infinitas es que podremos obtener que el número total de muestras “**n**” es igual a **245 muestras** [31].

*Tabla XII Numero de muestras totales estadísticamente*

<b>n</b>	<b>Número de muestras</b>	<b>245</b>
<b>Z</b>	Valor relacionado al nivel de confianza	1.96
<b>p</b>	Cantidad poblacional que presenta cierta característica	80.00%
<b>q</b>	Cantidad poblacional que no presenta cierta característica	20.00%
<b>e</b>	Máximo error de estimación	5.00%

*Fuente: Propia*

Muestreo:

Para el desarrollo de la presente investigación ha sido necesario el aplicar ciertos puntos de muestreo que se requieren para estudiar las cualidades expansivas y físicas de los suelos arcillosos. La manera de exploración se realizará por medio de calicatas, teniendo en cuenta los requerimientos planteados en la Norma E.050 Suelos y cimentaciones [11].

*Tabla XIII Numero a puntos a investigar*

<b>NUMERO DE PUNTOS A INVESTIGAR</b>	
<b>Tipo de Edificación</b>	<b>Número de puntos a investigar (n)</b>
<b>A</b>	1 cada 225 m <sup>2</sup>
<b>B</b>	1 cada 450 m <sup>2</sup>
<b>C</b>	1 cada 800 m <sup>2</sup>
<b>Urbanizaciones</b>	<b>3 por cada Ha. De terreno habilitado</b>

*Fuente: [18]*

Por medio del “Mapa de Peligros de la ciudad de Lambayeque”, proporcionado por el Instituto Nacional de defensa Civil, nos permite conocer ciertos puntos con mayor incidencia

de suelos expansivos, entre los cuales podemos encontrar la parte norte de la ciudad de Lambayeque, además de ciertas calles céntricas como lo serían la calle Juan Manuel Iturregui, Bolognesi y Huamachuco. Teniendo en cuenta lo ya expresado por la normativa E.050, tomaremos la ejemplificación de una edificación del tipo A, la cual plantea una zona de estudio o calicata cada 225 m<sup>2</sup>. En el presente proyecto de investigación se plantea la obtención de muestras de suelo natural en zonas con presencia de arcillas altamente expansivas, teniendo en cuenta siempre el cumplimiento de la normativa E-050.



*Imagen IX Distribución de Calicatas  
Vía LA-691 / Ferreñafe – Lambayeque*

Con respecto a la ubicación de las calicatas, deberán ser tomadas en función a la normativa E-050, la cual hace referencia al cumplimiento de número de calicatas en función a la separación por áreas.

*Tabla XIV Distancia de área entre calicatas*

<b>Calicata</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>C1</b>	<b>225</b>
<b>C2</b>	<b>250</b>
<b>C3</b>	<b>230</b>

*Fuente: propia*

La cantidad de muestras puede definirse además por medio de la inclusión de métodos estadísticos, estos datos pueden ser recopilados de antecedentes previamente trabajados, los cuales nos permitirán tener un proceso de muestreo mucho más fidedigno. Este proceso se llevará

a cabo por medio del cálculo destinado para una para variable cualitativa y para una población infinita, en base a eso, es que procederemos a definir nuestras variables.

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

- p: Cantidad poblacional que presenta cierta característica. *En este caso se designa a estos como los suelos arcillosos a nivel de cimentación que presentan características expansivas en la ciudad de Lambayeque, pero más específicamente en la zona de estudio determinada.*
- q: Cantidad poblacional que no presenta cierta característica. *Suelos que no son arcillosos ni presentan características expansivas.*
- e: Máximo error de estimación de p. En búsquedas de un mínimo error, sin tendencias a una cantidad de muestras no calculables, se considera  $e=5\%$
- z: Valor relacionado al nivel de confianza. Calculado en base a la distribución normal estándar (Programa: Excel)  $z=1.96$ .

Primeramente para determinar la cantidad de puntos de control, consiste en la determinación de los parámetros P y Q, teniendo en cuenta que estos están ligados directamente a los antecedentes previamente obtenidos. Em base a esto que podremos disponer de la siguiente parametrización, en base al antecedente del estudio realizado por el INDECI en la ciudad de Lambayeque, tenemos presencia de arcillas expansivas en toda el área delimitada para el estudio en cuestión, sin embargo, debemos tener en cuenta que para el presente estudio es necesaria la presencia de suelos ALTAMENTE expansivos o MUY ALTAMENTE expansivos. Teniendo en cuenta esto y dado que pueden existir consideraciones donde la muestra de suelo obtenida no sea la idónea a tratar se trabajan con los siguientes valores: P=98.8% y Q=0.2%, en base a estos parámetros es que usando la descripción estadística que tenemos podremos determinar cuántos serán los puntos de control que usaremos para la presente investigación. [31].

Como segundo paso puede describirse que los valores e (Definido como el error permisible), estará constituido por el valor de 5%, siendo este el máximo utilizado en investigaciones, cabe mencionarse además que este valor se encuentra dado en base a los posibles errores que puedan suscitarse al realizarse el punto de control. Teniendo en cuenta ello es que podemos definir el valor Z, el cual proviene de la confiabilidad asignada al proceso de planteamiento de puntos de

control, esto quiere decir que tan bien se pueda realizar la creación de este punto de control. En muchas investigaciones y antecedentes se trabaja con una confiabilidad del 95%, la cual nos permite tener un valor Z de 1.96, esto obtenido gracias a la distribución normal estándar.

En vista que ya contamos con todos los valores definidos por la presente ecuación estadística, es que podemos calcular un número definido de puntos de control.

$$n = \frac{(1.96)^2(0.998)(0.002)}{(0.05)^2}$$

$$n = 3.067$$

A partir de lo expuesto, se establece la necesidad de tres puntos de control para el desarrollo adecuado del estudio. Estos puntos, denominados calicatas, se ejecutarán conforme a las dimensiones estipuladas en los “Procedimientos de Extracción de Suelo”, específicamente según la norma ASTM D 420, que regula la apertura de pozos, calicatas y trincheras.

*Tabla XV Cantidad de muestras por calicatas en función a la dosificación*

	<b>Cantidad de Ensayos por Calicata</b>					
	<b>0%</b>	<b>0.50%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>
<b>Contenido de Humedad</b>	1	-	-	-	-	-
<b>Granulometria por Tamizado</b>	3	-	-	-	-	-
<b>Limite Liquido</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Limite Plastico</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Gravedad Especifica</b>	3	-	-	-	-	-
<b>Granulometria por Sedimentacion</b>	1	-	-	-	-	-
<b>Determinacion de sales</b>	3	-	-	-	-	-
<b>Determinacion de Ph</b>	3	-	-	-	-	-
<b>Ensayo Potencial de Expansión</b>	3	5	5	5	5	5
<b>Ensayo Peso Volumetrico</b>	1	-	-	-	-	-
<b>Total de Muestras</b>	<b>24</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>
<b>Total por Calicatas</b>				<b>79</b>		

*Fuente propia*

Las dosificaciones de goma guar usadas en la presente investigación son, 0%, para muestras inalteradas, y 0.5%, 1%, 2%, 3% y 4% para muestras con adhesión del material a trabajar.

***Cantidad de Muestra y Goma Guar:***

A continuación, se presentan las cantidades de muestra de suelos expansivos necesarias para la investigación, además de un aproximado necesario de material a trabajar.

*Tabla XVI Cantidad de muestra de suelo natural*

<b>Ensayos para muestra natural</b>	
<b>Ensayos</b>	<b>Muestra (gr.)</b>
<b>Contenido de Humedad</b>	1000
<b>Granulometría por Tamizado</b>	500
<b>Limite Liquido</b>	250
<b>Limite Plástico</b>	100
<b>Gravedad Especifica</b>	50
<b>Granulometría por Sedimentación</b>	50
<b>Ensayo determinación de sales</b>	100
<b>Ensayo determinación de Ph</b>	100
<b>Ensayo Potencial de expansión</b>	1500
<b>TOTAL (gr.)</b>	<b>3650</b>
<b>TOTAL (kg.)</b>	<b>3.65</b>

*Fuente: propia*

*Tabla XVII Cantidad de muestra necesaria para suelo tratado*

<b>Ensayos para muestra con agregado</b>	
<b>Ensayos</b>	<b>Muestra (gr.)</b>

<b>Limite Liquido</b>	250
<b>Limite Plástico</b>	100
<b>Gravedad Especifica</b>	50
<b>Granulometría por Sedimentación</b>	50
<b>Ensayo Potencial de expansión</b>	1500
<b>TOTAL (gr.)</b>	<b>1950</b>
<b>TOTAL (kg.)</b>	<b>1.95</b>

*Fuente: propia*

*Tabla XVIII Cantidad de muestra de suelo expansivo y goma guar necesaria para la dosificación de la investigación:*

<b>Muestra</b>	<b>Suelo Natural (gr.)</b>	<b>Goma Guar (gr.)</b>	<b>Total (gr.)</b>
<b>100% S.N + 0% G.G</b>	3650.00	0.00	3650
<b>99.5% S.N + 0.5% G.G</b>	1940.25	9.75	1950
<b>99% S.N + 1% G.G</b>	1930.50	19.50	1950
<b>98% S.N + 2% G.G</b>	1911.00	39.00	1950
<b>97% S.N + 3% G.G</b>	1891.50	58.50	1950
<b>96% S.N + 4% G.G</b>	1872.00	78.00	1950
<b>Total (gr.)</b>	13195.25	204.75	13400.00
<b>Total (kg.)</b>	13.20	0.20	13.40

*Fuente: propia*

### ***Variables e Hipótesis:***

Variable Dependiente:

Hemos considerado adecuado el considerar las características expansivas como variables dependientes, puesto que sufrirán cambios de su estado original a causa de agregar cierta cantidad de dicho “material” considerado como la variable independiente.

Variable Independiente:

Este proyecto de investigación busca encontrar los efectos positivos de agregar (En dosificaciones adecuadas) goma guar, es por tal que tomamos como variable independiente a dicho polímero, considerando que estas serán las causantes del cambio de las características expansivas.

***Planteamiento de Hipótesis:***

La incorporación del polímero goma guar mejora las características de suelos expansivos.

*Tabla XIX Operacionalización de variables*

Tabla de operacionalización de variables

***Tabla: Operacionalización de variables:***

Fuente: propia.

<i>Variables</i>	<i>Dimensiones / Factores</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Unidades</i>	<i>Instrumentos</i>
<i>Variable Independiente</i>	Dosificación en muestra	Cantidad	% o gr.	<i>Bascula calibrada, o cualquier elemento de medición de masa.</i>
<i>Variable Dependiente</i>	Asentamiento	Limite líquido y Plástico	%	<i>Cuchara de Casagrande</i>
<i>Propiedades expansivas</i>		Hinchamiento	%	<i>Consolidometro</i>
	<i>Expansividad</i>	<i>Asentamiento</i>	%	<i>NPT 339.170</i>

***Técnicas e instrumentos de recolección de datos***

*Tabla XX Instrumentos necesarios para la recolección de datos*

<i>Técnicas</i>	<i>Instrumentos</i>	<i>Elementos de la población</i>	<i>Propósito</i>
<i>OBSERVACIÓN (INSPECCIÓN VISUAL)</i>	Mapa De Peligros De La Ciudad De Lambayeque (ANEXO1).	Suelos expansivos, Suelos colapsables-	<i>Identificar los suelos expansivos y colapsables de la ciudad de Lambayeque.</i>
<i>INVESTIGACIÓN DE ARTÍCULOS</i>	Artículos científicos analizados.	Mejoramiento de suelos expansivos.	<i>Obtención de información para la realización del trabajo de investigación</i>
<i>ANÁLISIS</i>	<i>Ficha de Excel para el conteo de la cantidad de goma guar.</i>	<i>Proporciones que se añaden al suelo de goma guar.</i>	<i>Medir la cantidad favorable que necesita un suelo expansivo para mejorar mediante Goma guar.</i>

Fuente: propia.

#### Consideraciones éticas

Para el siguiente trabajo de investigación la información que fue utilizada está debidamente citada por la norma IEEE: con sus autores correspondientes, número de cita y referencias.

Los conocimientos aplicados se enfocaron en una problemática real relacionada con suelos expansivos en la ciudad de Lambayeque. Además, los documentos consultados provienen de fuentes académicas con acceso legítimo y respaldadas por bases de datos confiables.

Lo que se busca con este trabajo es dar una posible solución, tanto a los pobladores de la zona donde se realizó el proyecto como a los profesionales que abarcan este tema de manera netamente objetiva, siguiendo la normativa y los principios teóricos que conlleva todo este tem

## Análisis de datos

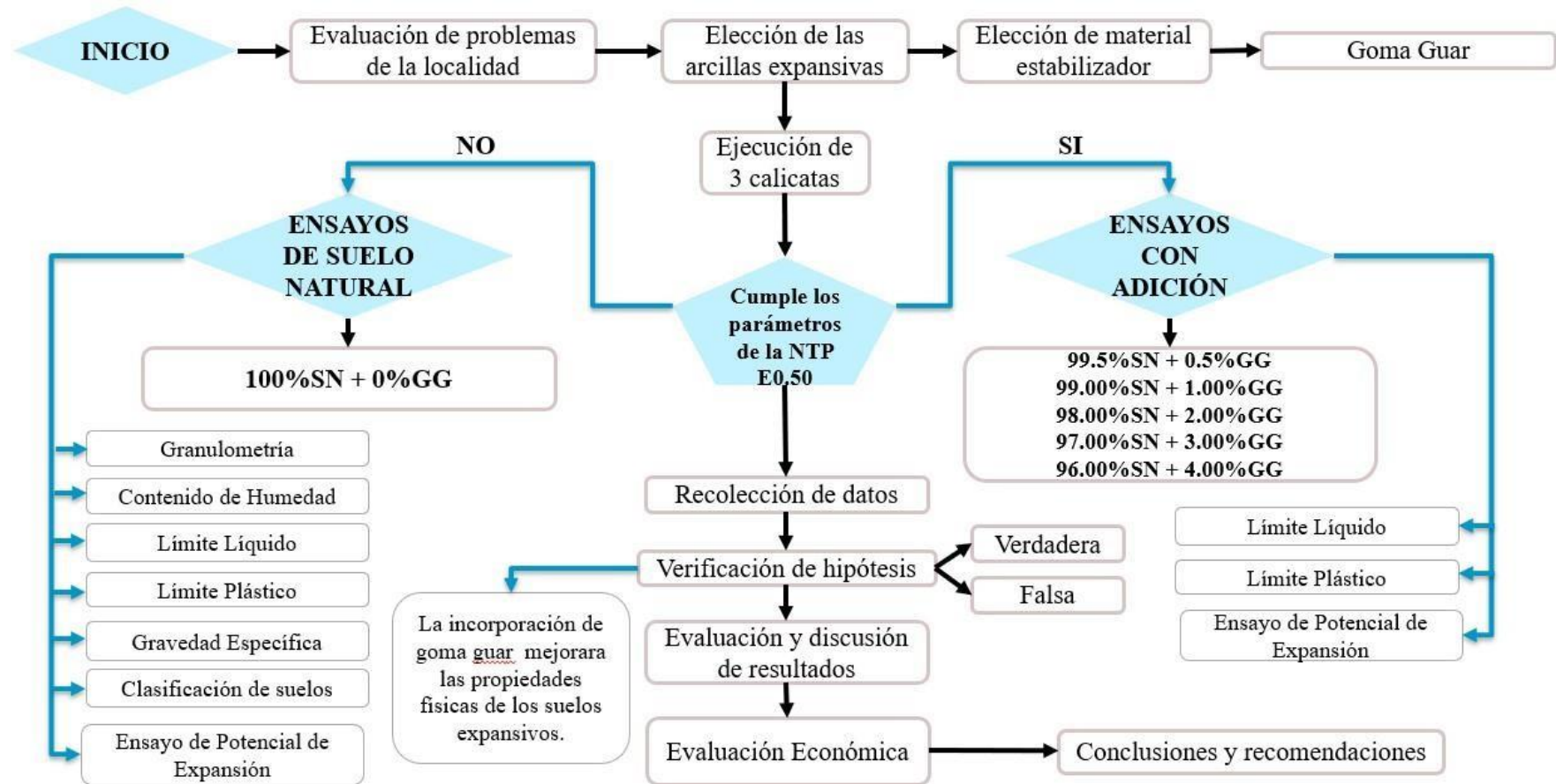


Imagen X Estrategia de análisis de datos – Fuente propia.

## *Procedimiento*

### *Verificación de Zona en campo*

En un inicio se realizó la visita pertinente a la zona de estudio en cuestión, en un recorrido por toda la expansión del área de la zona, la cual se encuentra clasificado como zona agrícola.



*Imagen XI Evidencia de visita – Fuente: propia.*

Realizando el recorrido se pudieron identificar estratos superficiales del terreno de estudio, con resquebrajaduras, los cuales evidencia presencia de arcillas expansivas de algún grado, que posteriormente por medio de los ensayos de laboratorio se dictaminara el grado de expansión.



*Imagen XII Evidencia de vista de zona de estudio – Fuente: propia.*

### *Excavación de calicatas:*



*Imagen XIII Punto de excavación 01 – Fuente propia*

Se tomo una muestra representativa de las coordenadas  $-6.686575$ ,  $-79.886822$ , tomando en consideración una profundidad de 1.80m, con la finalidad de encontrar estratos arcillosos, que cumplan con las exigencias de suelos expansivos.



*Imagen XIV Calicata 02 – Fuente propia*

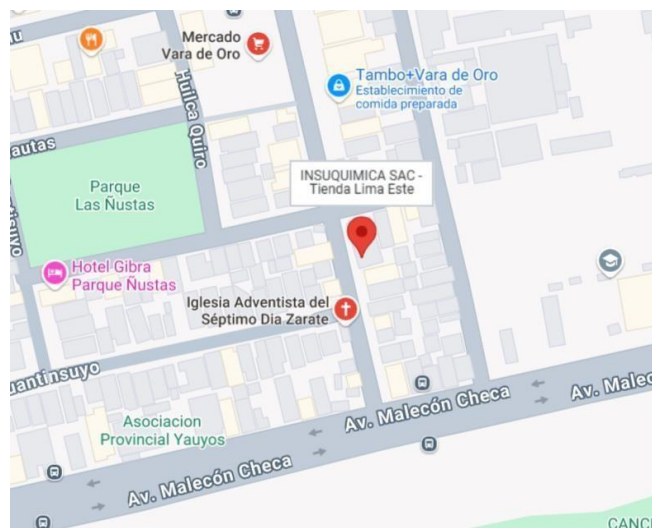
Con respecto a la estratigrafía del suelo, puede observar una extensión de un estrato arcilloso en los primeros 0.5 metros de excavación, para proceder a un estrato con presencia de arenas en los siguientes 0.8 metros, para posteriormente hallar presencia de arcillas con propiedades presuntamente expansivas, que serán clasificadas con los ensayos pertinentes.



*Imagen XV Excavación de Calicata 03 – Fuente propia*

### ***Proceso de Obtención***

Con respecto a la obtención de la goma guar, se ha destinado su compra en la empresa InsuQuimica, la cual se encuentra situada en la ciudad de Lima.



*Imagen XVI Ubicación de la empresa InsuQuimica – Fuente propia*



*Imagen XVII Material Goma Guar – Fuente propia*

### ***Ensayos:***

Con las muestras obtenidas, se dispondrá de su traslado al laboratorio de suelos de USAT para realizar los procesos de laboratorio de clasificación de suelos, ensayos químicos y determinación del potencial de expansión.

- **Ensayo de Contenido de Humedad, MTC E 108**

Teniendo en cuenta el proceso descrito en los incisos de las bases teóricas, se realizarán estos pasos para las 3 calicatas seleccionadas.

1. Se registra la masa de los recipientes (taras) que serán utilizados en el ensayo.
2. Se selecciona una porción representativa de la muestra a ensayar.
3. La muestra se deposita en la tara correspondiente y se procede a registrar su masa húmeda.
4. Seguidamente, la muestra es colocada en el horno y sometida a un proceso de secado continuo por veinticuatro horas.
5. Transcurrido este tiempo, se retira del horno y se deja enfriar hasta alcanzar una temperatura que permita su manipulación sin alterar el resultado.
6. Finalmente, se lleva a cabo el procesamiento de los datos con base en las masas registradas, tanto en estado húmedo como seco.

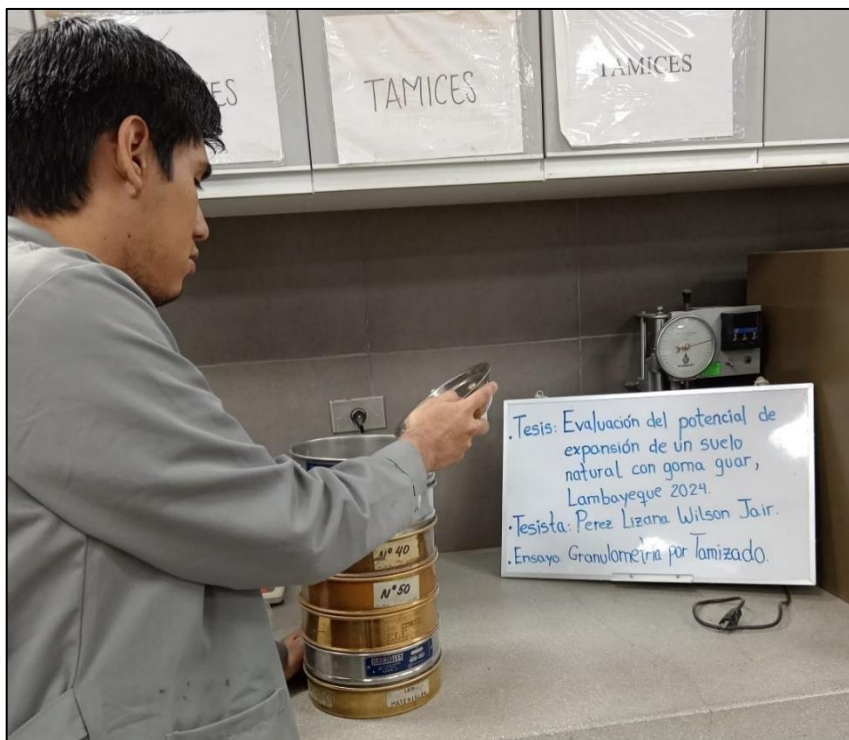


*Imagen XVIII Colocación de muestras en horno. Fuente: propia.*

- **Ensayo de Análisis granulométrico de suelos por tamizado, MTC E 107**

Teniendo en cuenta el proceso descrito en los incisos de las bases teóricas, se realizarán estos pasos para las 3 calicatas seleccionadas.

1. En primer lugar, se realizó el lavado de la muestra de suelo seleccionada sobre el tamiz N.º 200, utilizando abundante agua y procurando evitar la pérdida de partículas finas.
2. El material retenido en el tamiz N.º 200 fue recolectado y secado en un horno a una temperatura controlada de  $110 \pm 5$  °C.
3. Una vez retirada la muestra del horno, se permitió su enfriamiento, se registró su masa y se procedió al tamizado.
4. El proceso de tamizado se llevó a cabo utilizando la siguiente serie de tamices: N.º 4, N.º 10, N.º 20, N.º 40, N.º 50, N.º 100 y N.º 200.
5. Finalmente, se registraron las masas de material retenido en cada uno de los tamices del conjunto, para su posterior análisis granulométrico.



*Imagen XIX Proceso de tamizado. Fuente: propia*

- **Determinación del Limite Líquido de los suelos, MTC E 110**

1. Previamente al desarrollo del ensayo, la muestra fue preparada con 24 horas de anticipación. El suelo fue triturado, tamizado mediante el tamiz N.º 40 y humedecido utilizando agua destilada, en una proporción de 150 g por cada espécimen.
2. Siguiendo con el proceso se empleó la cuchara de Casagrande, sobre la cual se distribuyó y compactó la muestra humedecida hasta alcanzar una profundidad aproximada de 10 mm en el punto más bajo de la copa.
3. En el caso de las muestras modificadas con aditivos, se incorporó el porcentaje correspondiente del material estabilizante, calculado en función del peso total de suelo empleado (150 g en este procedimiento), conforme se detalla a continuación.

*Tabla XXI: Cantidad en peso para ensayo de Limites de Atterberg*

COMBINACIONES	SUELO NATURAL (gr.)	GOMA GUAR (gr.)
100% SN + 0% GG	150	0
99.50% SN + 0.5% GG	149.25	0.75
99.00% SN + 1.00% GG	148.50	1.50
98.00% SN + 2.00% GG	147.00	3.00
97.00% SN + 3.00% GG	145.50	4.50
96.00% SN + 4.00% GG	144.00	5.25

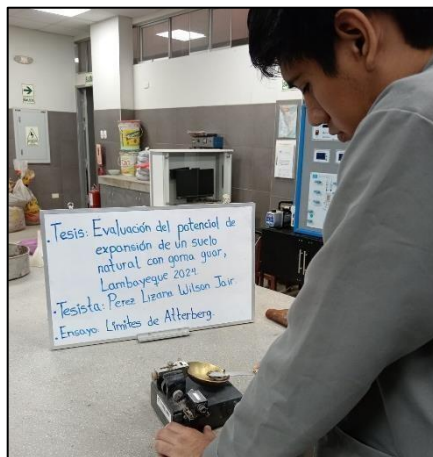
Fuente: propia.



*Imagen XX Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra.*

*Fuente: propia*

- Usando el acanalador, se dividió la muestra haciendo un espacio entre los puntos extremos.



*Imagen XXI Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra. Fuente: propia*

5. Luego, se levantó y soltó la copa girando el manubrio para generar golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto por una pequeña longitud.
6. Se registró el número necesario de golpes para cerrar el espacio y se tomó una pequeña muestra de suelo del ancho de la espátula y se coloca en una tara.



*Imagen XXII Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra. Fuente: propia*

7. El suelo restante en la copa, se regresó al plato de mezclado, se limpia la copa y el acanalador y se prepara la mezcla para la siguiente prueba. Se realizaron pruebas de 25 a 35 golpes, para 20 y 30 golpes y una de 15 a 25 golpes para cada una de las calicatas y de igual forma para las muestras con adición.
8. Finalmente, pasadas las 24 horas, se retiraron las muestras del horno y se anotó el peso.

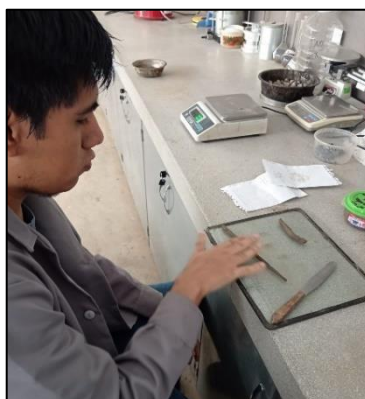


*Imagen XXIII Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra. Fuente: propia*

- **Determinación del Limite Plástico de los suelos, MTC E 111**

Para determinar las variaciones existentes, se realizará esta prueba para suelo natural y con adiciones

1. Para la ejecución del ensayo, se extrajo aproximadamente 2 g de la muestra previamente preparada para el ensayo de límite líquido, la cual fue moldeada en forma de palillos.
2. Posteriormente, la muestra se rodó sobre una superficie lisa, aplicando la presión necesaria con los dedos hasta formar cilindros con un diámetro cercano a 3,2 mm, permitiendo que estos se fragmentaran al alcanzar dicha dimensión.



*Imagen XXIV Proceso de realización de ensayo de L.P Fuente: propia*

3. Se registró la masa del recipiente vacío y, posteriormente, la masa del mismo conteniendo la muestra en estado húmedo.
4. La muestra fue secada en horno a una temperatura controlada de  $110 \pm 5$  °C; una vez transcurrido el tiempo necesario, se retiró del horno, se dejó enfriar y se procedió a registrar la masa correspondiente al estado seco.



*Imagen XXV Proceso de tamizado posteriormente del proceso de secado de la muestra.  
Fuente: propia*

- **Método de ensayo estándar para la Gravedad Específica de los Sólidos de suelo, MTC E 113**

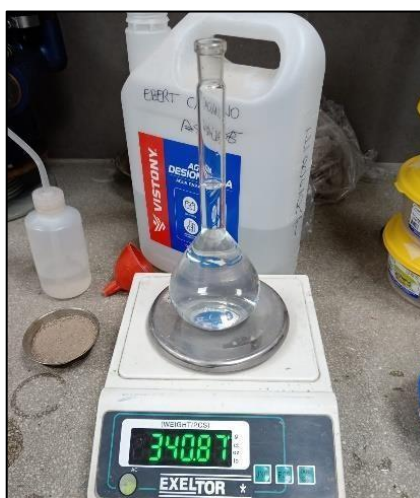
Este ensayo se llevó a cabo para el análisis de la densidad de los sólidos en el suelo natural.

1. En primer lugar, se midió la masa de la fiola seca y limpio utilizando una balanza con una precisión de 0,01 g.



*Imagen XXVI Pesado de fiola sola. Fuente: propia*

2. De manera similar, se registró nuevamente el peso de la fiola, esta vez lleno con agua destilada hasta la marca de la misma.



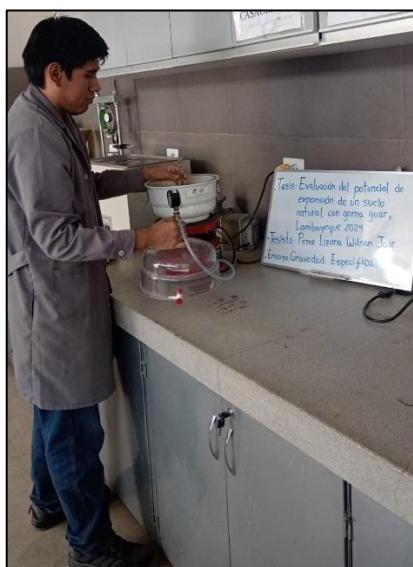
*Imagen XXVII Pesado de fiola con agua*

3. Luego, se tamizo el suelo por la mala N°4, obteniendo 50g de suelo.



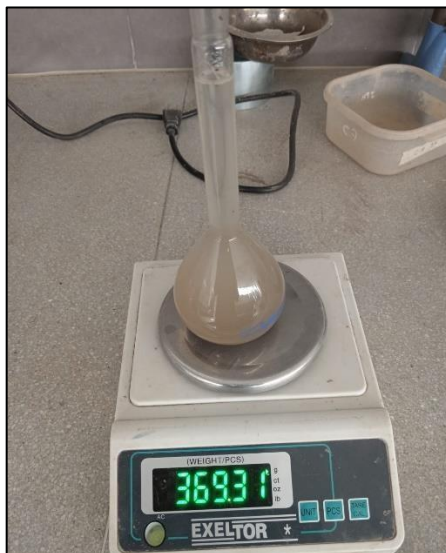
*Imagen XXVIII Pesado de muestra de 50gr. de suelo*

4. El suelo se mezcló con aproximadamente 80 ml de agua y se transfirió a la fiola usando un embudo.
5. Posterior a ello, se añadió el agua hasta entre  $\frac{1}{3}$  y  $\frac{1}{2}$  de la profundidad del cuerpo del picnómetro y se colocó en la máquina de vacíos, la cual, por un proceso de vibración, se encargó de sacar todo el aire contenido en el picnómetro.



*Imagen XXIX Uso de máquina de vacíos para realización de ensayo*

6. Se toma el peso de la muestra, extraída de la máquina de vacíos.



*Imagen XXX Pesado luego de la realización del ensayo*

- **Método de ensayo Ensayo de análisis granulométrico por medio del hidrómetro, MTC E 109**

Se lleva a cabo en las partículas que pasaron la malla N°200

1. Se debe de separar 50gr. de muestra de suelo natural pasada por la malla N°10, con esto también se debe tener una cantidad de 250 ml. de agua destilada, a su vez todo esto debe mezclarse con 10gr. de floculante, que en este caso es el hexametáfosfato de sodio.



*Imagen XXXI Componentes para ensayo– Fuente: propia*

2. Todo esto debe vestirse en un recipiente (de preferencia de vidrio), para posteriormente agitarse por un lapso de 30 minutos, esto con la finalidad de permitir una mejor uniformidad en la mezcla.



*Imagen XXXII Muestras por calicata – Fuente: propia*

3. Debe dejarse reposar por lo menos un día, esto con la finalidad de que exista un fenómeno de sedimentación, teniendo en lo más bajo de nuestro recipiente los 50 gr. de muestra de suelo.
4. Seguido de esto, procederemos a verter nuestra mezcla en los vasos de precipitado de 1000 ml, cuidando en todo momento de no perder ninguna partícula de suelo.
5. Cuando lleguemos al tope del vaso de precipitado, procederemos a realizar un movimiento oscilatorio, con la finalidad de mezclar nuevamente las partículas de suelo, el floculante y el agua destilada.



*Imagen XXXIII Agitación para muestra -Fuente: propia*

6. Seguido de esto, debemos tomar medidas con el hidrómetro de los siguientes tiempos: 1', 2', 4', 8', 15', 30', 1h, 2h, 4h, 8h, 12h y 24 h.
7. Posteriormente de realizar las anotaciones de cada uno de estos tiempos, debemos de lavar la muestra de suelo a través de la malla N°200, teniendo en cuenta que tendremos un peso del mismo bastante pequeño.



*Imagen XXXIV Muestra por calicata – Fuente: propia*

8. Posteriormente de pesar el sobrante que pasa por la malla N°200, colocaremos en el horno la muestra por alrededor de un día.
9. Luego de extraer la muestra de suelo y esperar a que esta enfrié para poder manipularla (con los implementos adecuados) procederemos a pesar el valor obtenido.



*Imagen XXXV Pesaje de muestra de horno – Fuente: propia*

10. Posteriormente de realizar el proceso de pesado, se realiza el proceso de tamizado, teniendo en cuenta que se van a ocupar los mismos tamices que se usaron en el ensayo de granulometría por tamizado. En base a esto es que obtendremos valores de peso retenido por malla, los cuales pasaremos a la hoja de cálculo



*Imagen XXXVI Se realiza el proceso de tamizado-Fuente: Propia*

### **Método de ensayo de contenido de Sales NTP 339.152**

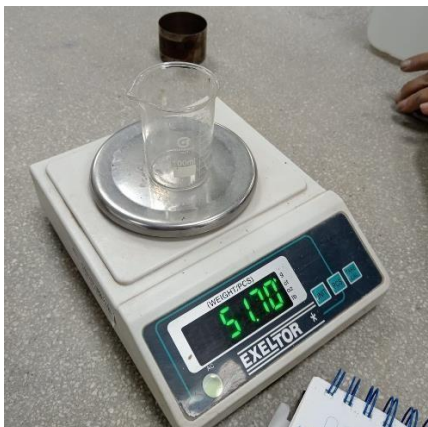
Este ensayo busca determinar la cantidad de sales, en función al peso de una muestra.

1. El primer paso consiste en mezclar una muestra de tierra equivalente a unos 50 gr. pasados por la malla N°10 con un total de 250 ml. de agua destilada, esto en un recipiente de vidrio, para posteriormente realizar un proceso de agitado por un tiempo equivalente a 30 minutos.



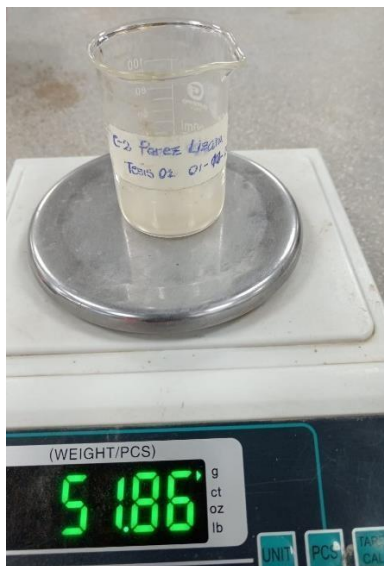
*Imagen XXXVII Muestra por calicata-Fuente: Propia*

2. Se usa un papel filtro, destinado a diluir la muestra con la finalidad de obtener una mezcla acuosa.



*Imagen XXXVIII Vaso de precipitado -Fuente: Propia*

3. Esta mezcla será posteriormente colocada en un vaso de precipitado la cual será colocada en el horno, para obtener un porcentaje de residuos de sales, los cuales serán comparados con el peso del vaso de precipitado vacío, con esto podremos conocer la cantidad de sales por una muestra representativa de cada una de nuestras calicatas.



*Imagen XXXIX Sales más vaso de precipitado -Fuente: Propia*

- **Método de ensayo Ensayo de ASTM D-1293 - CALCULO DE PH DE SUELOS:**  
Este ensayo nos permite conocer otro tipo de caracterización química con respecto al suelo en estudio, este proceso se llevará a cabo para las 3 calicatas en cuestión.

1. El proceso idéntico al de contenido de sales y parte por mezclar una porción de suelo pasada por la malla número 10, con respecto a las cantidades se puede decir que se trabaja con una muestra de 50gr. de suelo.
2. El siguiente paso consiste en colocar el Ph-metro en un vaso precipitado con una cantidad de agua destilada, esto con la finalidad de estabilizar los valores que queremos obtener de la muestra de suelo.



*Imagen XL Uso de agua destilada -Fuente: Propia*

3. Debe tomarse una medida inicial a la muestra en cuestión teniendo en cuenta que esta puede cambiar su medida de Ph en función del tiempo, es recomendable tomar esta medida en un intervalo de tiempo mayor a 30 minutos.



*Imagen XLI Medición de PH -Fuente: Propia*

- **Método de ensayo de Expansión Libre – Consolidómetro NTP 339.170:2001**

Por medio de este ensayo se planea determinar el potencial de hinchamiento y establecer el tipo de suelo expansivo con el cual estamos trabajando, teniendo en cuenta que la finalidad de la presente investigación es mitigar en cierto grado dicho potencial.

1. El procedimiento inicia con la recolección de una muestra inalterada, sobre la cual se aplica presión utilizando el anillo del consolidómetro. Luego, se continúa con el proceso de saturación del material.



*Imagen XLII Muestra inalterada en anillo -Fuente: Propia*

2. Posteriormente se colocan retazos de papel de filtro, encima de las piedras porosas que están al interior del módulo de saturación del consolidómetro, para de manera consecuente ajustar el dial que se encarga de medir la expansión y a su vez ejercer presión sobre la muestra.



*Imagen XLIII Uso de consolidómetro -Fuente: Propia*

3. La prueba de expansión comienza en el momento que el módulo de saturación se encuentra totalmente lleno de agua.
4. Se deben de tomar las medidas correspondientes en función al formato con el cual se esté midiendo la expansión.



*Imagen XLIV Medida de consolidómetro -Fuente: Propia*

5. Posteriormente de transcurrida la prueba de expansión, se desmolda y se extrae la muestra saturada, para poder pesarla, y tomar datos de su altura de expansión.



*Imagen XLV Muestra Saturada -Fuente: Propia*

6. Seguido de este proceso, se deberá tomar el peso de la muestra seca colocada en el horno por un tiempo determinado de 24 horas.

7. Este proceso debe repetirse para las muestras adicionando las dosificaciones en peso, teniendo en cuenta que debemos realizar este proceso reconstruyendo la muestra seca sacada del horno.
8. Seguido de esto se realiza el proceso de humectación de la muestra, con la adición ya realizada.
9. Se moldea en base a la forma del molde de consolidación y se procede a saturar durante los siguientes tres días teniendo en cuenta que deben tomarse las medidas correspondientes en base al formato otorgado.
10. Posteriormente a esto se procede al secado de la muestra con adición y se colocaran los datos para el posterior análisis de la expansión de la muestra de suelo

Matriz de Consistencia:

Tabla XXII: Matriz de Consistencia

## TITULO: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE, 2023.

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones / Factores	Indicadores	Unidades	Instrumentos
¿Cuál es la influencia del uso de la goma guar en el mejoramiento del potencial expansivo en suelos naturales, Lambayeque, 2023?	<b>Objetivo General</b>		<b>Variable Independiente</b>				
	-Evaluar la influencia del uso de la goma guar para el mejoramiento de las características expansivas en suelos naturales.		<b>Goma Guar</b>	Dosificación en muestra	Cantidad	% o gr.	Bascula calibrada, o cualquier elemento de medición de masa.
	<b>Objetivos Específicos</b>	Hipótesis: La incorporación del polímero goma guar mejora las características de suelos expansivos	<b>Variable Dependiente</b>		Limite líquido y plástico	%	Cuchara de Casagrande
	Caracterización química y física de los suelos y clasificación del suelo de la zona de estudio.			Asentamiento	Hinchamiento	%	Consolidometro
	Evaluar y comparar, la expansión, entre los suelos trabajados con goma guar y suelos que no son trabajados con goma guar.		<b>Propiedades Expansivas</b>	Expansividad	Asentamiento	%	NP T 339.170
	-Evaluar económicamente el uso de la goma guar en la mejora de suelos y compararlo con técnicas de estabilización tradicional.						

Fuente: Propia

## Resultados y discusión

### *Resultados:*

Tomando en cuenta los valores obtenidos en el laboratorio, se ha obtenido información suficiente para responder los objetivos planteados en la presente investigación y dar resultados que la adición de gomar guar mejora las propiedades expansivas de un suelo natural proveniente de la provincia de Lambayeque. Se evidencia a continuación, los resultados obtenidos de los ensayos realizado siguiendo la secuencia necesaria para lograr el objetivo de la presente investigación.

### *Caracterización química y física de los suelos, y clasificación del suelo de la zona de estudio.*

Los ensayos tomados en cuenta en este apartado, tienen como finalidad la caracterización y clasificación de las muestras, en este caso es que definimos a los siguientes ensayos, contenido de Humedad, granulometría, límites de Atterberg y gravedad específica. Con respecto a la caracterización química tomamos en consideración los ensayos de contenidos de Sales y el cálculo de Ph de una muestra de suelo natural de la zona determinada en la presente investigación.

### *Contenido de Humedad, MTC E 108*

En la presenta table se presenta los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad para las 3 calicatas seleccionadas.

*Tabla XXIII: Resultados de Contenido de Humedad*

<b>Calicata</b>	<b>Porcentaje</b>
1	15.0 %
2	13.4 %
3	17.7 %

*Fuente: Propia*

Los resultados recolectados del contenido de humedad en suelo natural (sin considerar adiciones) nos permite observar una comparación con respecto al contenido de humedad que cada calicata posee.

### *Análisis granulométrico de suelos por tamizado, MTC E 107*

Por medio de la siguiente tabla podemos observar el porcentaje de materia arcillosa que pasa y la que queda retenida en la malla número 200.

*Tabla XXIV: Resultados de Análisis Granulométrico*

CALICATA	Profundidad (m)	Granulometría	
		%Pasa tamiz N°	% Retenido
C1	2.00	66.9	33.1
C2	1.80	67.9	32.1
C3	1.80	66.6	33.4

*Fuente: Propia*

Los resultados obtenidos permiten confirmar la existencia significativa de materia arcillosa en las muestras de tierra natural analizadas. Asimismo, se observa que, en todas las calicatas evaluadas, la cantidad de partículas que atraviesa la malla N.º 200 es mayor del 60 %, lo que respalda la predominancia de fracción fina en estos suelos.

### *Cálculo del Limite Liquido y Limite Plástico de suelos, MTC E 110 Y MTC E11*

En referencia de la siguiente tabla, es que podemos presentar los resultados que se obtienen de los ensayos de Limite Plástico y Liquido, lo que a su vez nos permitirá calcular el Índice de Plasticidad

*Tabla XXV: Resultados de Limites de Atterberg e Índice de Plasticidad*

CALICATA	Límite de Atterberg		
	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
	%	%	
C1	51.33	20.44	30.89
C2	44.04	14.55	29.49
C3	48.06	17.86	30.20

*Fuente: Propia*

***Cálculo de ensayo para la Gravedad Específica de los Sólidos de Suelo. MTC E 113.***

En la presente tabla se muestran los valores obtenidos del ensayo de Gravedad Específica, que será usado como valor de partida para el ensayo de Granulometría por Sedimentación

*Tabla XXVI: Resultados de Gravedad Específica*

<b>Calicata</b>	<b>Peso específico relativo de sólidos (Gs)</b>
C1	2.50
C2	2.47
C3	2.49

*Fuente: Propia*

***Cálculo de Ensayo de análisis granulométrico por medio del hidrómetro, MTC E 109.***

En esta tabla se muestran los valores resultantes del ensayo de granulometría por sedimentación, teniendo en consideración que este ensayo fue realizado con muestras de suelo natural.

*Tabla XXVII: Resultados de Hidrometría*

<b>Calicata</b>	<b>Partículas menores a 2 <math>\mu</math>m (%)</b>
C1	19.47
C2	19.87
C3	18.96

*Fuente: Propia*

Tomando los resultados los resultados conseguidos, podemos establecer valores de índice de plasticidad altos, los cuales en base a la Norma E.050 de Cimientos y Suelos, nos permite tener uno de los primeros parámetros dentro de la clasificación de suelos expansivos. Por medio de la carta de plasticidad y la relación existente entre las partículas menores a 2 $\mu$ m y los índices de plasticidad.

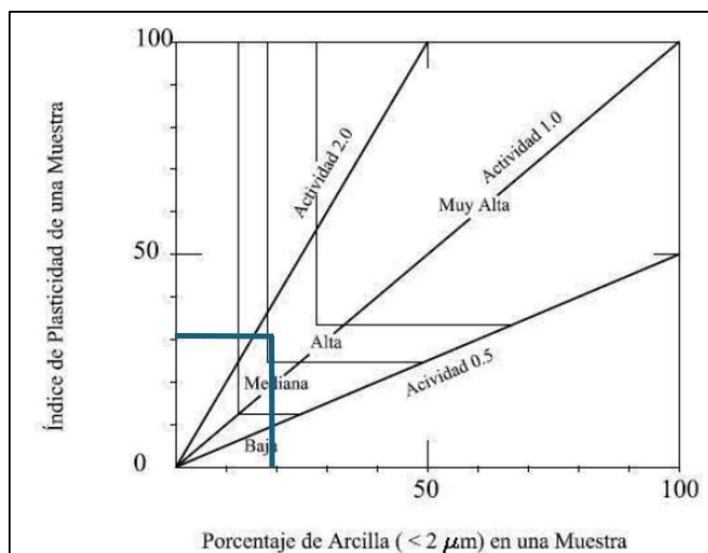
### ***Clasificación del suelo en base a su expansión:***

Para poder determinar el rango de expansión al cual es propenso la muestra de suelo extraída de la zona de estudio, se realiza por medio del grafico de “CAMBIO DE POTENCIAL DE VOLUMEN PARA SUELOS ARCILLOSOS” el cual se encuentra descrito en la norma E.050 de suelos y cimientos. Para poder realizar la clasificación des estos es necesario conocer el I.P de las calicatas a estudiar y el porcentaje de partículas menor a 2  $\mu\text{m}$ , es por medio de la relación existente entre estos dos valores que podremos conocer la expansión existente en este tipo de suelo.

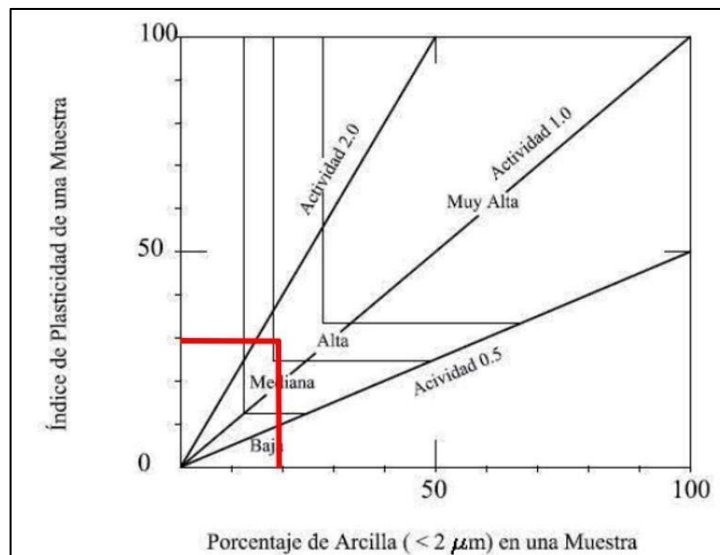
*Tabla XXVIII: Resultados de Hidrometría*

<b>Calicata</b>	<b>Índice de Plasticidad (IP)</b>	<b>Partículas menores a 2<math>\mu\text{m}</math></b>
<b>C1</b>	30.89	19.47
<b>C2</b>	29.49	19.87
<b>C3</b>	30.20	18.96

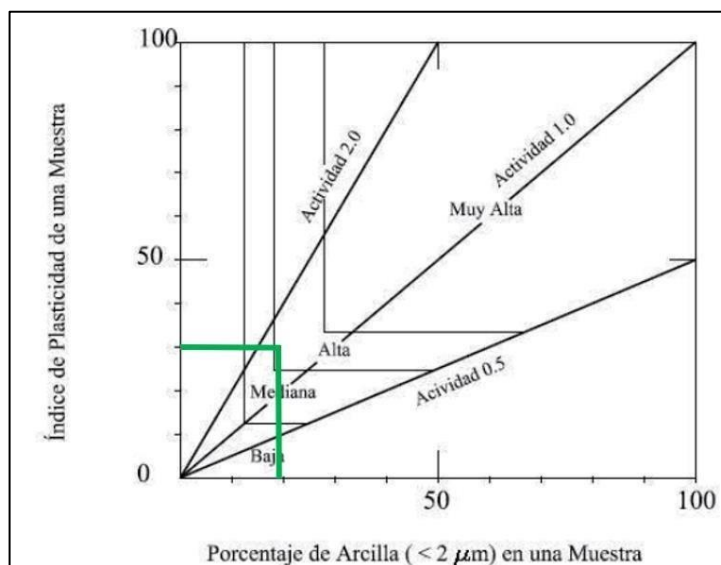
*Fuente: Propia*



*Imagen XLVI Relación Porcentaje de Arcilla con índice de plasticidad C1*



*Imagen XLVII Relación Porcentaje de Arcilla con índice de plasticidad C2*



*Imagen XLVIII Relación Porcentaje de Arcilla con índice de plasticidad C3*

Por medio de los siguientes gráficos es que podemos determinar de manera puntual con que tipo de suelo en relación a la expansión es con el que estamos trabajando, teniendo en cuenta que para la presente investigación se han optado por trabajar suelos que sean altamente expansivos.

### *Clasificación de los suelos:*

Para el análisis de las tres calicatas, se aplicarán los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS, considerando exclusivamente las muestras de suelo natural sin la incorporación de aditivos. La clasificación se realizará en función de las propiedades físicas observadas en el estado original del material.

*Tabla XXIX: Clasificación de la Tipología de Suelos de Zona de Estudio*

<b>Clasificación del Suelo</b>			
<b>CALICATA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
SUCS	CH	CL	CL
AASHTO	A-7-6 (12)	A-7-6 (15)	A-7-6 (15)
Tipología	Arcilla arenosa de alta plasticidad	Arcilla arenosa de baja plasticidad	Arcilla arenosa de baja plasticidad

*Fuente: Propia*

En base a los siguientes resultados podemos denotar presencia de arcillas en el área de estudio seleccionada. Tomando en cuenta las clasificaciones antes descritas es que podemos decir que en la Calicata 1 contamos con un tipo de suelo “Arcilla arenosa de alta plasticidad” y para la Calicata 2 y 3 un tipo “Arcilla arenosa de baja plasticidad”.

- Ensayo para la determinación de la cantidad de sales y determinación de Ph en muestra de suelo. ASTM D-1293/ NTP 339.152

*Tabla XXX: Determinación de valores de cantidad de sales y ph de suelo*

<b>CALICATA</b>	<b>CONTENIDO DE SALES %</b>	<b>PH %</b>
C1	0.25	8.28
C2	0.18	8.31
C3	0.19	8.69

*Fuente: Propia*

Con respecto a los siguientes productos podemos determinar los valores de contenido de sales y el cálculo del Ph del suelo de la zona a indagar.

**Evaluar y comparar la expansión entre los suelos trabajados con goma guar y los suelos que no son trabajados con goma guar**

Los ensayos destinados a la evaluación de la expansión del suelo natural y el suelo con adiciones, son los ensayos de límites de atterberg, además del proceso de laboratorio de potencial de expansión.

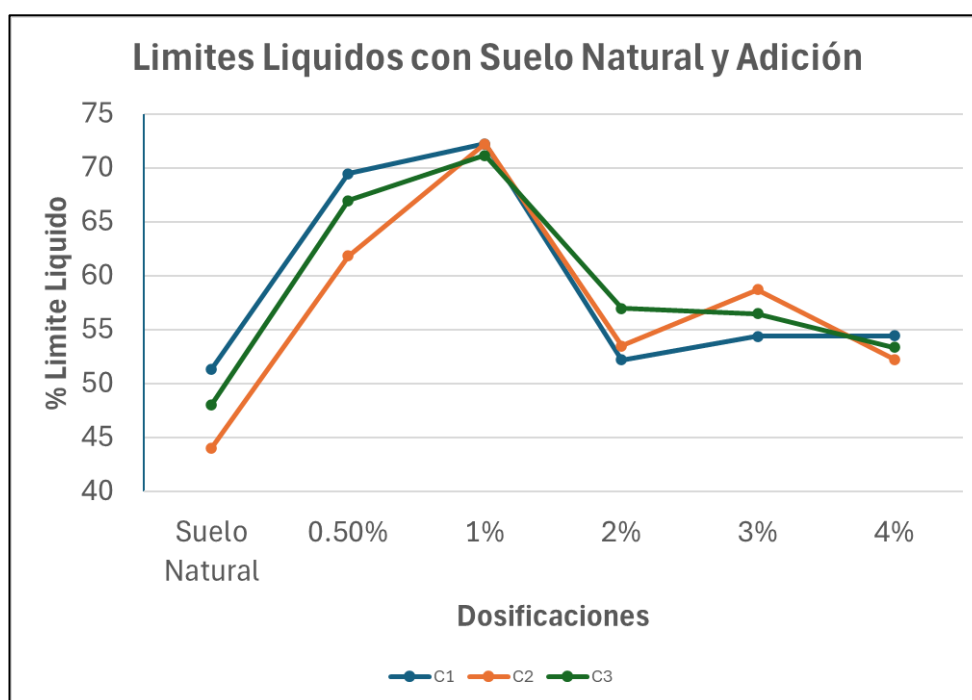
***Determinación de los Límites de Consistencia, MTC E 110 Y MTC E11***

En la presente tabla se pueden evidenciar los valores más representativos de las repeticiones realizadas en ensayos con adiciones y suelo natural.

*Tabla XXXI: Valores obtenidos de Límites Líquidos con Suelo Natural y con Adición*

<b>Límites Líquidos con Suelo Natural y Adición</b>						
<b>Calicata</b>	<b>Dosificaciones</b>					
	<b>Suelo Natural</b>	<b>0.50%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>
C1	51.33	69.44	72.21	52.19	54.37	54.43
C2	44.04	61.84	72.21	53.48	58.72	52.22
C3	48.06	66.98	71.17	56.99	56.47	53.35

*Fuente: Propia*



*Ilustración I Límites Líquidos en suelo Natural y con Adición*

Tabla XXXII: Valores obtenidos de Límites Plásticos con suelo Natural y Adición

Límites Plásticos con Suelo Natural y Adición						
Calicata	Dosificaciones					
	Suelo Natural	0.50%	1%	2%	3%	4%
C1	20.44	36.97	42.41	24.4	28.52	30.2
C2	14.55	30.2	43.36	26.67	32.02	25.61
C3	17.86	33.88	42.05	30.45	29.99	26.54

Fuente: Propia

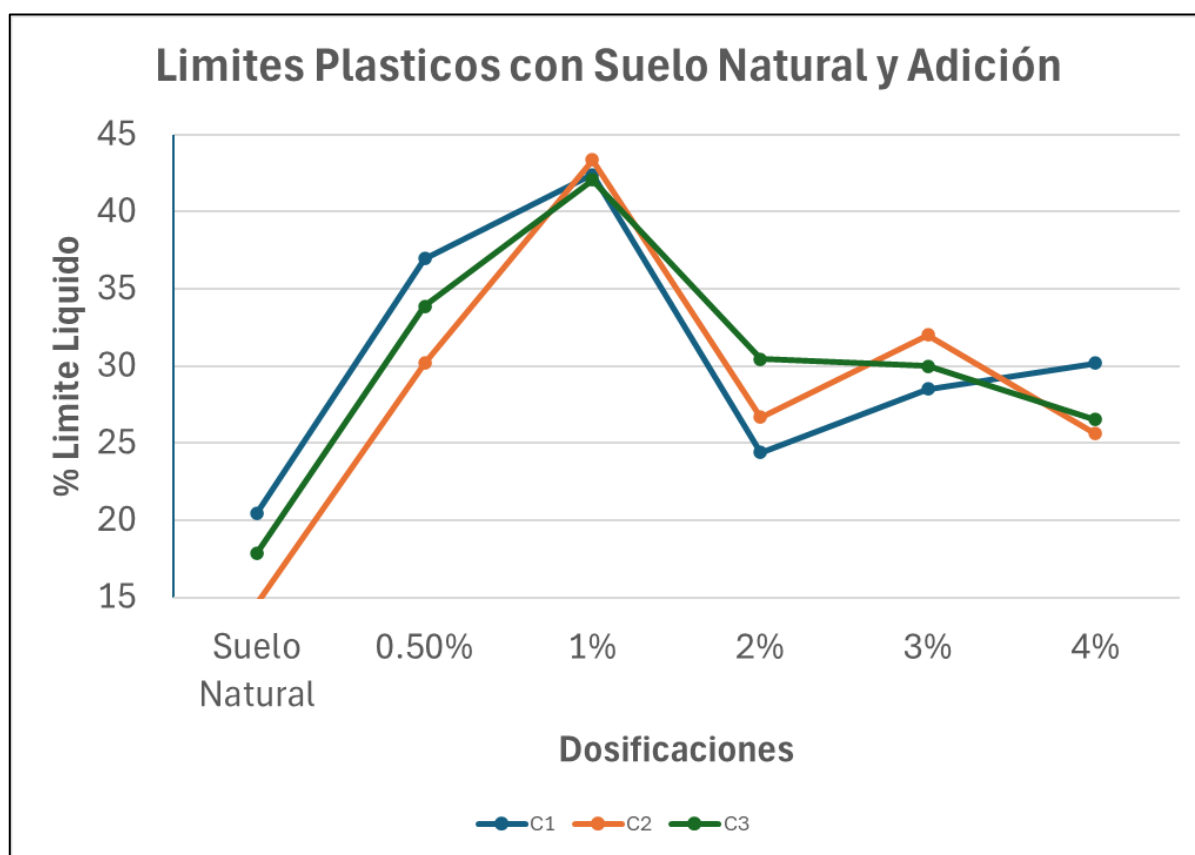


Ilustración II Límites Plásticos en suelo Natural y con Adición

Tabla XXXIII: Valores obtenidos de Índices de Plasticidad con suelo natural e incorporación

Índices de Plasticidad con Suelo Natural y Adición						
Calicata	Dosificaciones					
	Suelo Natural	0.50%	1%	2%	3%	4%
C1	30.89	32.47	29.80	27.79	25.85	24.23
C2	29.49	31.64	28.85	26.81	26.70	26.61
C3	30.20	33.10	29.12	26.54	26.48	26.81

Fuente: Propia

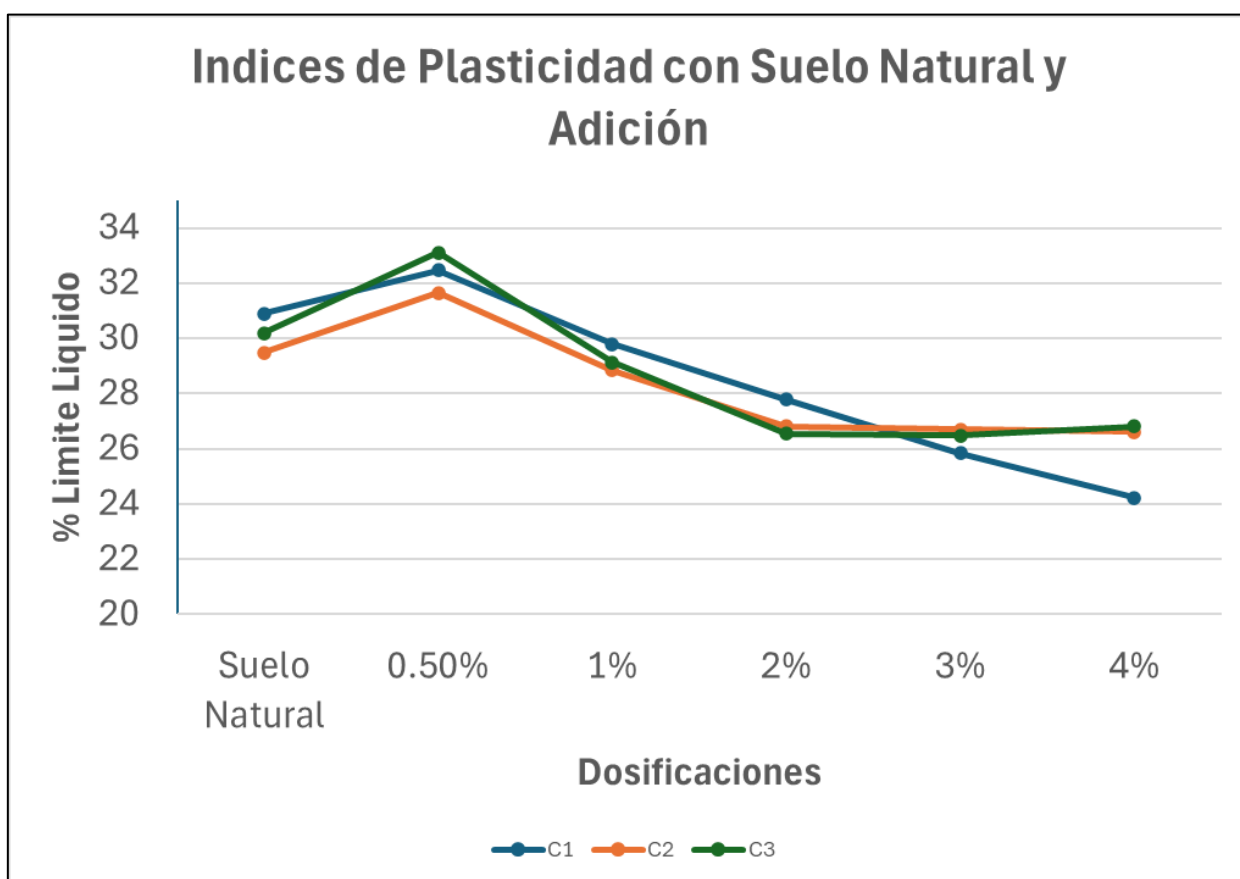


Ilustración III Índice de Plasticidad en suelo natural y con adición

Tomando los datos resultantes podemos observar una tendencia muy marcada dentro de la determinación del índice de plasticidad, el cual se ve reducido en función al aumento de la dosificación de la goma guar.

Esto como primer parámetro de medida, nos indicaría que uno de los factores relacionados con la expansión del suelo se encuentra siendo disminuido.

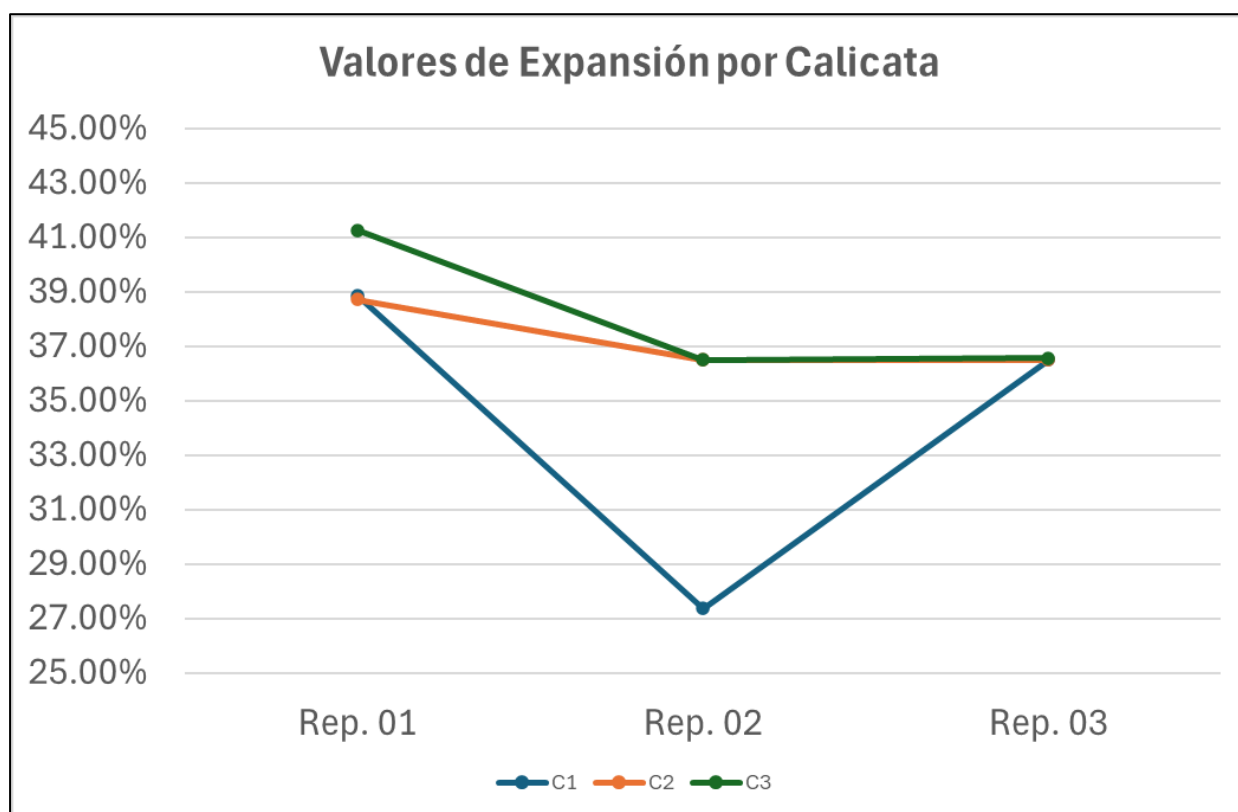
### ***Determinación del Potencial de Expansión, ASTM D- 4546***

Los resultados conseguidos del presente ensayo nos permitirán conocer el valor de expansión de un fragmento de muestra inalterada del tipo de suelo en cuestión. Teniendo en cuenta directamente que los valores que obtendremos serán los valores relacionados a suelo natural.

*Tabla XXXIV: Valores de Expansión obtenidos por medio del ensayo de expansión Libre*

<b>Suelo Natural Potencial de Expansión %</b>			
<b>Calicata</b>	<b>Rep. 01</b>	<b>Rep. 02</b>	<b>Rep. 03</b>
<b>C1</b>	38.89	27.38	36.51
<b>C2</b>	38.73	36.51	36.51
<b>C3</b>	41.27	36.51	36.58

*Fuente: Propia*



*Ilustración IV Expansión Libre por Calicata*

Con respecto a los valores obtenidos podemos presenciar que se obtienen resultados porcentuales elevados de expansión, que dentro de la clasificación dada por la Norma E-0.50

se Suelos propone la presencia de suelos de carácter Altamente expansivos o Muy Altamente Expansivos.

Se propone realizar el proceso de comparación de índices de expansión en base a las dosificaciones planteadas. Con la idea de evaluar los cambios en el potencial de expansión.

**Evaluar económicamente el uso de la goma guar en la mejora de suelos y compararlo con técnicas de estabilización tradicional**

En el marco de la presente investigación, se llevó a cabo un análisis económico comparativo entre los agentes estabilizadores más comúnmente empleados, tales como la cal y el cemento. Para esta evaluación, se consideraron los precios comerciales actuales de dichos materiales, así como la cantidad requerida en función del porcentaje óptimo de adición determinado durante los ensayos.

El procedimiento incluyó el cálculo de la cantidad de suelo y de cada estabilizante necesaria para una unidad de referencia, establecida como un metro cuadrado de calzada con una altura de 0,20 metros. Esta ejemplificación permite estimar de manera proporcional los costos asociados al proceso de estabilización.

Cabe señalar que, para efectos de esta comparación, se tomó como base un porcentaje de adición del 4 %, correspondiente al valor máximo utilizado durante las pruebas de laboratorio realizadas.

**Comparación por agentes estabilizantes:**

✓ **Estabilizante por Cemento:**

- Tomando en cuenta los valores asignados a la calzada, además de un valor de peso específico del suelo de 1600 kg/m<sup>3</sup>:

Peso Húmedo:

$$1\text{m} * 1\text{m} * 0.20\text{m} * 1600\text{kg/m}^3 = 320 \text{ kg}$$

Calculamos el peso seco en base al O.C.H obtenido de los ensayos: 14.30

$$PW = (14.30/100 * (320)) / ((1 + 14.30 / 100))$$

$$PW = 40.03$$

- Calculamos la cantidad de cemento al 4%:

$$(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso del agua}) * 0.04 = 11.19 \text{ kg}$$

- Se calcula el porcentaje con respecto al peso seco:

$$(320 - 40.03) * 0.04 = 11.19 \text{ kg}$$

- En base a los cálculos anteriores se deben realizar los ACU correspondientes, teniendo en cuenta los valores de mercado para los materiales y maquinaria, además de las cantidades de personal para la cuadrilla de trabajo, que para este caso estará conformada por 1 oficial y 5 peones, tomando como rendimiento aproximado un total de 60 m<sup>2</sup>, porque también se considerará una motoniveladora dentro del análisis de costo y un jornal de trabajo de 8 horas.
- Para calcular la cantidad de estabilizador se debe de tener en cuenta la cantidad de porcentaje con respecto a la cantidad de cemento al 4% entre la cantidad comercial por bolsa del estabilizante en cuestión (cemento: 42.5 kg).

$$(\text{Cantidad de Estabilizador al 4\%} / \text{Cantidad comercial}) = 11.19/42.50 = 0.26$$

01		COMPARATIVA POR ESTABILIZANTE				
01.01		ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS				
01.01.01		PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CEMENTO				
01.01.01.01		PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CEMENTO				
m <sup>2</sup> /DIA	60.0000	EQ. 60.0000		Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>	134.68	
Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$
	<b>Mano de Obra</b>					
OFICIAL		hh	0.1000	0.0133	20.47	0.27
PEON		hh	5.0000	0.6667	18.51	12.34
						12.61
	<b>Materiales</b>					
CEMENTO		bls		0.2633	31.00	8.16
AGUA PUESTA EN OBRA		m <sup>3</sup>		0.0356	5.00	0.18
						8.34
	<b>Equipos</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3.0000	17.91	53.73
MOTONIVELADORA C/RIPPER		hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00
						113.73

*Imagen XLIX Preparación de Terreno y adición de Cemento*

#### ✓ Estabilizante por Cal:

- Para el cálculo del precio por estabilización con cal, será con un cálculo similar al anterior mostrado, siendo que se tomaran las mismas consideraciones de cuadrilla, rendimiento y horas de trabajo.
- Calculamos la cantidad de cal al 4%:

$$(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso del agua}) * 0.04 = 11.19 \text{ kg}$$

- Se calcula el porcentaje con respecto al peso seco:

$$(320-40.03) * 0.04 = 11.19 \text{ kg}$$

- Con respecto a este es que podremos determinar el precio por cantidad comercial, que para este caso en específico es de 1kg, de igual manera trabajaremos con esta unidad en el ACU.

01		COMPARATIVA POR ESTABILIZANTE				
01.01		ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS				
01.01.02		PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CAL				
01.01.02.01		PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CAL				
m2/DIA	60.0000	EQ. 60.0000	Costo unitario directo por : m2		137.71	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL		hh	0.1000	0.0133	20.47	0.27
PEON		hh	5.0000	0.6667	18.51	12.34
12.61						
<b>Materiales</b>						
CAL		bis		0.5595	20.00	11.19
AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0356	5.00	0.18
11.37						
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3.0000	17.91	53.73
MOTONIVELADORA C/RIPPER		hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00
113.73						

*Imagen L Preparación de Terreno y adición de Cal*

#### ✓ Estabilizante por Goma Guar:

- Para el cálculo del precio por estabilización con goma guar, seguiremos los valores establecidos para número de horas de trabajo, cuadrilla y rendimiento.
- Calculamos la cantidad de goma guar al 4%:

$$(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso del agua}) * 0.04 = 11.19 \text{ kg}$$

- Se calcula el porcentaje con respecto al peso seco:

$$(320 - 40.03) * 0.04 = 11.19 \text{ kg}$$

- Calculamos la cantidad de estabilizante en base a la cantidad de goma guar al 4% entre la cantidad comercial por bolsa de estabilizante en cuestión (goma guar: 1.0 kg).

$$(\text{Cantidad de Estabilizador al 4\%} / \text{Cantidad comercial}) = 11.19 / 1.00 =$$

$$11.19$$

01	COMPARATIVA POR ESTABILIZANTE				
01.01	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS				
01.01.03	PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE GOMA GUAR				
01.01.03.01	PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE GOMA GUAR				
m2/DIA	60.0000	EQ. 60.0000	Costo unitario directo por : m2		182.47
Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
	Mano de Obra				
ORCI AL		hh	0.1000	0.0133	20.47
PEON		hh	5.0000	0.6667	18.51
					12.34
					12.61
	Materiales				
GOMA GUAR		kg		11.1900	5.00
AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0356	5.00
					55.95
					0.18
					56.13
	Equipos				
HERRAMIENTAS MANU AL ES		% mo		3.0000	17.91
MOTONIVELADORA CRIPPER		hm	1.0000	0.1333	450.00
					53.73
					60.00
					113.73

### Imagen LI Preparación de Terreno y adición de Goma Guar

Como puede observarse en base a los resultados calculados es que se puede establecer una relación de orden correlativo en relación a los precios obtenidos por m2, en esta podemos observar que en primer lugar la estabilización por medio de goma guar resulta siendo la más costosa con un precio de S/. 182.47, siendo seguida por la estabilización con cal con un costo de S/. 137.71 y por último con un menor valor se encuentra la estabilización con cemento con un precio de S/. 134.68.

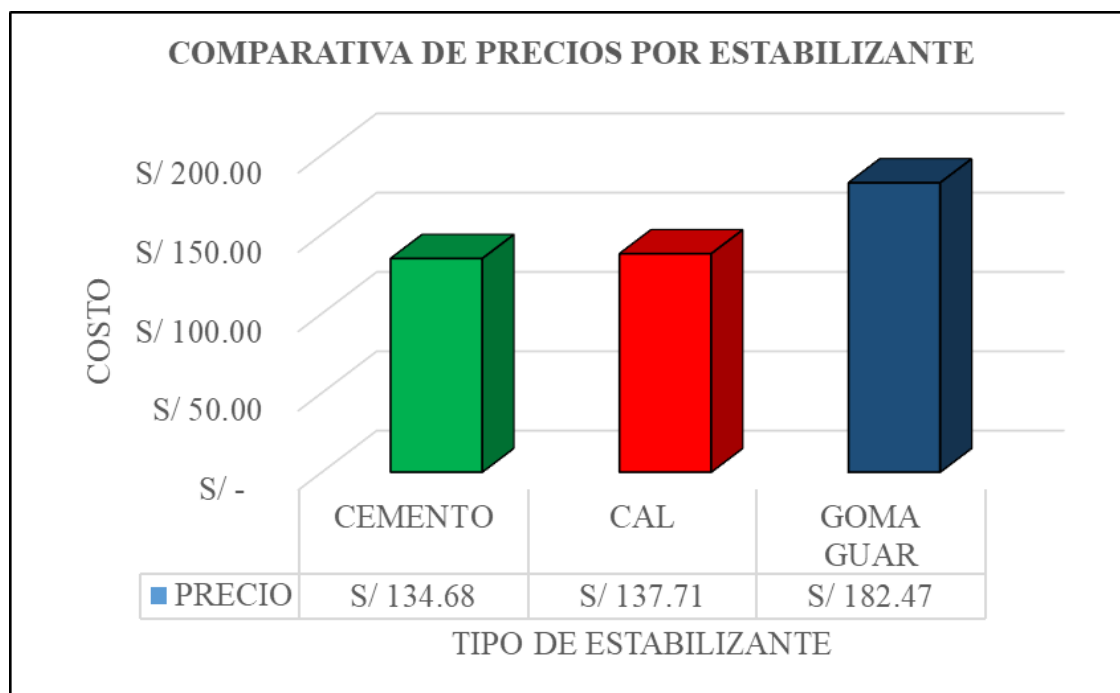


Ilustración V Comparativa de precios por Estabilizante

**Evaluar la influencia del uso de la goma guar para el mejoramiento de las características expansivas en suelos naturales.**

Los ensayos destinados a la revisión de la mejora de las propiedades de mejora en suelos con características expansivas, radica en el uso de los ensayos de potencial de expansión, por medio del cual compararemos los resultados obtenidos en suelo natural y las muestras de suelo tratadas con dosificaciones de goma guar.

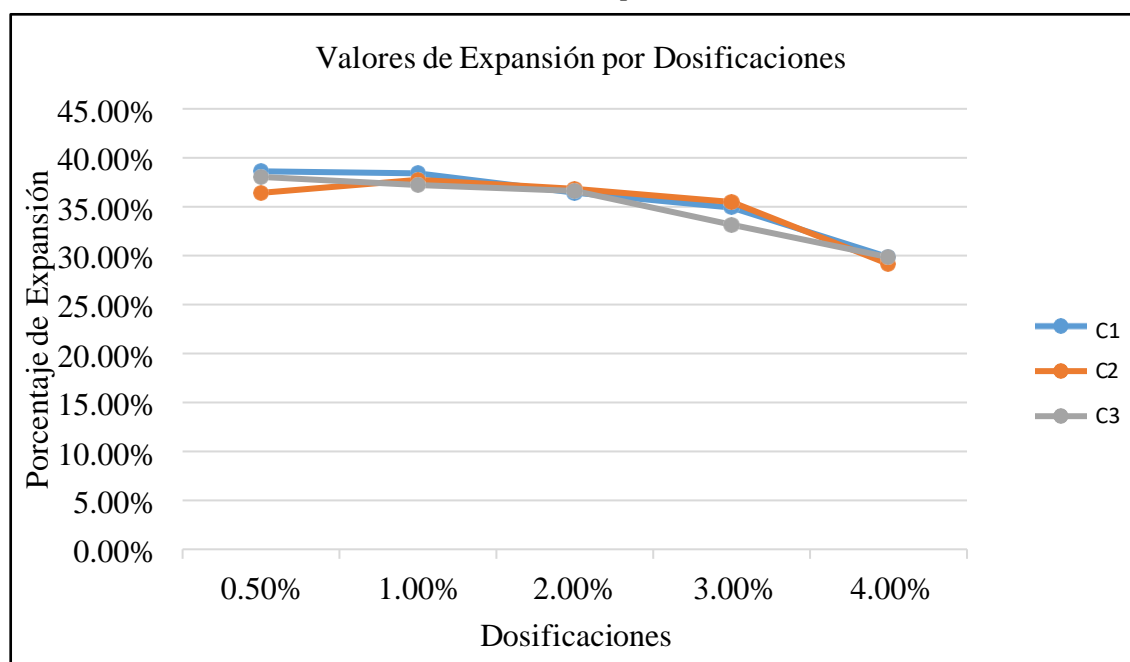
- Determinación de los valores de expansión, obtenidos para las dosificaciones: 0.5%, 1%, 2%,3% y 4%.

Por medio de la presenta tabla se busca mostrar de manera coherente los valores obtenidos para cada una de las dosificaciones trabajadas en la presente investigación, teniendo en consideración que se ha seleccionado el mayor valor representativo de los valores obtenidos de las repeticiones por número de ensayos realizados.

*Tabla XXXV: Valores de Expansión obtenidos por medio del ensayo de expansión para dosificaciones*

<b>Suelo + Goma Guar : Potencial de Expansión</b>					
<b>Calicata</b>	<b>0.5%</b>	<b>1.0%</b>	<b>2.0%</b>	<b>3.0%</b>	<b>4.0%</b>
<b>C1</b>	38.62%	38.41%	36.42%	34.92%	29.84%
<b>C2</b>	36.41%	37.75%	36.82%	35.48%	29.14%
<b>C3</b>	38.04%	37.22%	36.62%	33.16%	29.84%

*Fuente: Propia*



*Ilustración VI Expansión Libre por Calicata y por dosificaciones*

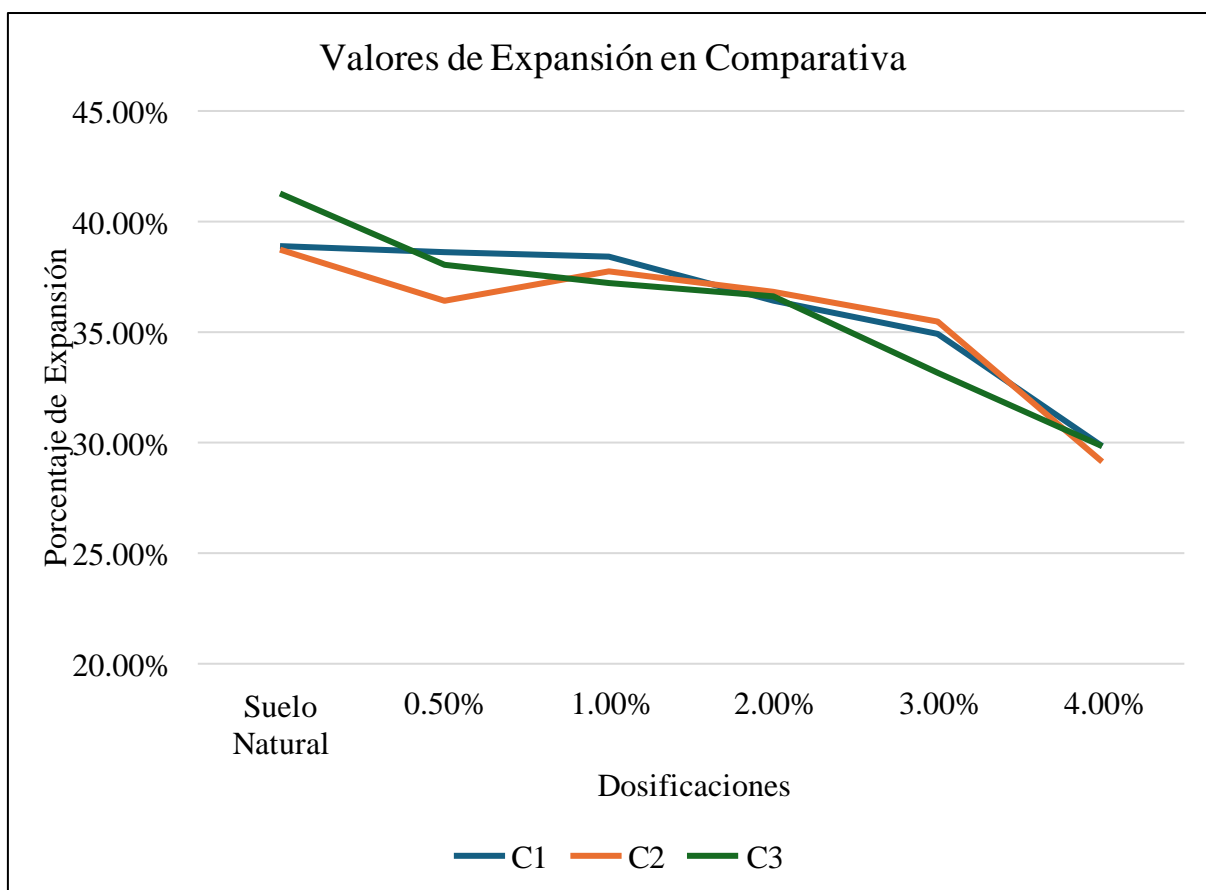
- Influencia de los resultados de expansión obtenidos en suelo natural y los obtenidos con las dosificaciones de goma guar.

Por medio de la siguiente tabla y grafica, no permitirá tener una apreciación mayor sobre la influencia que ha tenido la goma guar sobre el potencial de expansión del suelo a tratar, en este caso en concreto se ha realizado la comparación con cada una de las dosificaciones sumándole los datos obtenidos de las pruebas con suelo natural.

*Tabla XXXVI Potencial de Expansión / Comparativa*

Potencial de Expansión / Comparativa						
Calicata	Suelo Natural	0.5%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%
C1	38.89%	38.62%	38.41%	36.42%	34.92%	29.84%
C2	38.73%	36.41%	37.75%	36.82%	35.48%	29.14%
C3	41.27%	38.04%	37.22%	36.62%	33.16%	29.84%

Fuente: Propia



*Ilustración VII Valores de Expansión en Comparativa*

## Discusión:

En base al objetivo específico planteado, caracterización química y física de los suelos y clasificación del suelo de la zona en investigación, los obtenidos en la tabla XXII hacen mención a la cantidad de contenido de humedad encontrado en las calicatas de la zona de estudio, teniendo valores que varían desde los 13.4% a 15.0%, a su vez podemos constatar que los resultados obtenidos en la tabla XXIII hacen referencia al análisis granulométrico, el cual nos muestra que los porcentajes pasantes del tamiz N°200 van en el rango de 66.6% a 67.9%, también puede hacerse mención a los resultados obtenidos en la tabla XXIV los cuales muestran los valores de límites de consistencia teniendo como valor máximo un índice de plasticidad de 30.89%, de manera correlativa se han obtenido resultados de partículas menos de 2 $\mu$ m, estos pueden verse realizados en la tabla XXVI en la cual los valores varían de 19.87% como máximo y como mínimo un porcentaje de 18.96%, todos los datos recolectados de los ensayos hechos sirven para conocer la tipología de suelo con la que estamos trabajando tanto en clasificación SUCS como AASTHO, estos resultados pueden verse percibidos en la tabla XXVII, la cual nos permite conocer la tipología del suelo existente en la zona de estudio que para este caso en específico varía entre Arcilla arenosa de alta plasticidad y arcilla arenosa de baja plasticidad, datos que al ser contrastados con los resultados obtenidos por Rojas (2023) en su tesis titulada “Mejoramiento de propiedades mecánicas del suelo arcilloso con uso de goma de guar y fibras de polipropileno para cimentación de viviendas de un nivel en Carabayllo – Lima” [32], en la cual se evidencia que también existe una zona de estudio con suelo de igual tipología a la que se presenta en mi investigación, teniendo en consideración que difiere con los porcentajes obtenidos en la retención y pasante del tamiz N°200, siendo que sus resultados son de 51.64%, y los valores con respecto a los límites de consistencia, son 27, 19 y 8, para límite líquido, plástico e índice de plasticidad de manera correlativa, con estos resultados es que se afirma que se tiene una tipología de suelo de arcilla arenosa con baja plasticidad, se destaca además lo que se menciona en la normativa MTC E107, en el cual se dice que para la determinación de un suelo arcilloso como tal se debe cumplir con ciertos criterios de selección como que debe existir un porcentaje de pasante por el tamiz N°200 el cual debe ser mayor o igual al 65% de la muestra, además de mencionarse valores tentativos que deben obtenerse con respecto a los límites de consistencia, considerándose una arcilla de baja plasticidad cuando se trabaja con un valor de índice de plasticidad menor del 20%.

Con respecto al objetivo específico, evaluar y comparar la expansión entre los suelos trabajados con goma guar y los suelos que no son trabajados con goma guar, 2024 los resultados

obtenidos van de la mano con las dosificaciones usadas en la presente investigación las cuales son 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% y 4.0%, por medio de los cuales evaluaremos los resultados de expansión obtenidos para suelo natural y para cada una de las dosificaciones antes mencionadas, se destaca que para obtener estos parámetros de expansión se medirán en base a dos criterios resultantes de los ensayos de laboratorio los cuales empiezan por la verificación del índice de plasticidad, que en base a nuestros resultados de la tabla XXXI, se demuestra una tendencia a la reducción del mismo en base al aumento de la dosificación de goma guar, partiendo con un valor de aproximadamente 30.89% y reduciéndose hasta un 24.23%, además estos valores vienen acompañados de realizar el ensayo de potencial de hinchamiento el cual se ha trabajado tanto con valores de suelo natural como con valores de suelo con goma guar, estos resultados se pueden evidenciar en la tabla XXXII la cual menciona que para un suelo natural se tiene un potencial de expansión de 41.27% a 36.51%, teniendo además una tendencia bastante marcada a disminuir en función a una mayor dosificación de goma guar, estos valores pueden compararse a los que se encuentran redactados por Villalta (2020) en la tesis titulada “Estudio experimental de las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia de suelos arcillosos mediante el uso de puzolana natural, polvo de ladrillo y goma guar en San Cristóbal-Huancavelica” [23], en la que se evidencian que existen tendencias marcadas con respecto a los valores que pueden obtenerse en los índices de plasticidad con la adición de goma guar, pues al igual que en mi investigación al tener rangos de adición de 1% a 3%, se mantienen valores de IP de 8 a 28%, esto puede verse relacionado con los lineamientos establecidos en la normativa E0.50 la cual menciona que existen criterios para la clasificación de suelos expansivos, partiendo desde los que son poco expansivos y los que son altamente expansivos, cabe destacarse que esta clasificación se encuentra relacionado a los resultados mencionados, los cuales nos permiten posicionar a nuestro suelo como altamente expansivo, tomando los resultados de índice de plasticidad, sin embargo siguiendo con estos mismos lineamientos es que podemos observar que al existir disminución en estos valores al adicionar cantidades de goma guar, cambiando de ratio de altamente a medio, estando en un parámetro de 12-34%.

En relación al objetivo específico, evaluar económicamente el uso de la goma guar en la mejora de suelos y compararlo con técnicas de estabilización tradicional, 2024 los resultados que se obtienen detallan que al trabajarse con valores de humedad óptimos y con el porcentaje que mayor y mejor resultados nos ha dado es que se evidencia que a pesar de ser un método nuevo con un material biodegradable sigue sin ser más económico que los métodos más tradicionales de estabilización que en este caso vendrían a ser la estabilización con cal y con cemento, puesto que el coste por estabilización por metro cuadrado con goma guar ronda el

valor de 182.47 nuevos soles, a comparación que los métodos de estabilización convencionales rondan el valor promedio de 136.20 nuevos soles, siendo estos los que menor valor tendrían, a diferencia de nuestra investigación que seguimos teniendo un montó mayor, en Santa Maria (2024) en la tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos incorporando porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar” [46], se evidencia que la tendencia al coste por metro cuadrado con respecto a su método de estabilización se encuentra siendo menor a los tradicionales antes mencionados, siendo que en ambos casos se ha usado un desglosé de precios similar y no se ha podido llegar a una disminución de precio como tal.

Tomando en consideración el objetivo general, el cual es evaluar la influencia del uso de la goma guar para el mejoramiento de las características expansivas en suelos naturales, los resultados obtenidos muestran que en base a las dosificaciones usadas en la presente investigación las cuales son 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% y 4.0%, se obtienen porcentajes de expansión mucho menores a las obtenidas en los resultados de suelo natural que pueden verse evidenciadas en la Tabla XXXIV en la cual partimos con resultados de expansión que varían de 38.73% a 41.27%, estos se ven afectados a medida que las dosificaciones de goma guar van aumentando, de forma inversamente proporcional es que observamos que el porcentaje de expansión tiende a disminuir de manera notable, siendo el mayor porcentaje el que nos verifica que la reducción del potencial de expansión ahora se encuentra en un rango de 29.14% a 29.84%, datos que al ser comparados por lo obtenido de Torres (2024) en la tesis titulada “Reducción del potencial de expansión de suelos arcillosos con cloruro de potasio en la ciudad de Talara” en la cual se obtienen valores de reducción de expansión en función al aumento del aditivo, esto evidenciándose en la tabla comparativa de suelo natural versus las adiciones de 2%, 4%, 6%, 8% de cloruro de potasio, en la cual podemos observar que existe una significativa reducción de expansión, viniendo del rango máximo de 10.54% a 1.20% como valor mínimo, si bien no se ha trabajado con el mismo aditivo al de la presente investigación, se ha realizado un análisis similar con respecto a la ejecución y procesamiento de resultados del potencial de expansión, por medio de la cual también pudimos reducir la expansión del suelo natural de la zona de estudio, esta tendencia a la reducción del potencial de expansión también puede verse reflejada en el decrecimiento del índice de plasticidad como ocurre en el artículo “Comportamiento geotécnico del suelo tratado con goma guar”, en el cual se aprecia que al aumentar las dosificaciones de estabilizante ocurre un descenso en el índice de plasticidad siendo este también un parámetro de medición del potencial de expansión.

## Conclusiones

Se clasificó y caracterizó las muestras obtenidas de la zona de estudio; obteniendo la tipología de suelo con la que estamos trabajando, el cual se encuentra en el rango de arcilla arenosa de alta y baja plasticidad, en base a la clasificación SUCS un suelo con porcentajes de alta plasticidad y en base a la clasificación AASTHO, un suelo tipo A-7-6, que viene a estar indicado dentro de suelos finos. Siguiendo esta ilación es que contamos con el análisis granulométrico, el cual se encargó de determinar la presencia de material arcilloso, teniendo en cuenta lo mencionado de la cantidad que debe pasar la malla N°200 (65%). Además, dentro de los resultados obtenidos de los índices de plasticidad que son de 30.89% a 29.49%, es que podemos aludir que estamos en presencia de un suelo con una plasticidad elevada.

Se evidencio que la adición de goma guar reduce significativamente la expansión del suelo. En los ensayos con 2.0%, 3.0% y 4.0% de goma guar, se observó que la expansión libre disminuyó de un 41.27% en el suelo natural a un 29.14% con 4.0% de aditivo, lo que representa una reducción del 29.39%. Asimismo, el índice de plasticidad se redujo de 30.89% a 24.23%, clasificando el suelo como una arcilla de media plasticidad, mejorando su comportamiento geotécnico.

Se evaluó por medio del análisis económico que el costo por metro cúbico estabilizado con goma guar es de **S/ 182.47**, mientras que, utilizando cal o cemento tradicional, el costo promedio fue de **S/ 136.19**. Esto representa una variación de costos igual a **25.36%**, además de aportar ventajas medioambientales al tratarse de un aditivo biodegradable y no contaminante.

En función del objetivo general planteado, que consistió en evaluar la influencia de la goma guar sobre las características expansivas de suelos naturales, los resultados obtenidos permiten confirmar que la adición de este biopolímero genera una disminución significativa en el porcentaje de expansión. Se observó que, a partir de una condición inicial con valores de expansión entre 38.73% y 41.27% para el suelo sin tratamiento, la inclusión progresiva de goma guar en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% y 4.0% redujo dicho potencial a un rango de 29.14% a 29.84%. Esta tendencia descendente evidencia una relación inversamente proporcional entre el contenido del aditivo y el comportamiento expansivo del suelo.

## **Recomendaciones**

Como posible línea de continuidad para futuras investigaciones, se sugiere ampliar el rango de dosificación de goma guar empleado en el tratamiento de suelos. Esta ampliación podría incluir proporciones tales como 0,25 %, 5,0 %, 6,0 %, entre otras, con el propósito de identificar el punto óptimo de eficiencia tanto técnica como económica. Tal enfoque permitiría evaluar si existe una dosificación específica a partir de la cual se logran mejoras significativas en las propiedades del suelo, optimizando así los recursos y resultados en aplicaciones prácticas.

Se sugiere además el realizarse una evaluación del comportamiento del suelo estabilizado a largo plazo, teniendo en cuenta que esto sería conveniente en el desarrollo de ensayos de durabilidad y ciclos de humedad, puesto que esto nos permitiría conocer el comportamiento del suelo tratado con goma guar en condiciones de campo, y en específico en zonas donde existan presencia de altos índices de humedad.

Se propone que se realicen evaluaciones al comportamiento del suelo tratado adicionando mezclas de goma guar con otros estabilizantes, con la finalidad de obtener resultados nuevos con respecto a las propiedades mecánicas, físicas y de reducción de expansión.

Plantear la metodología propuesta en esta investigación en otros suelos existentes en la región Lambayeque y afines a la misma, pudiéndose usar también en suelos arenosos o limosos, con la finalidad de comprobar la aplicabilidad de la goma guar en distintos escenarios y validar que tan funcional resulta en el uso de proyectos locales.

Se aconseja el realizarse para futuras investigaciones una evaluación ambiental lo mas amplia posible por medio de un análisis de ciclo de vida (ACV) y huella de carbono, en búsqueda de consolidar a la goma guar como una alternativa sostenible frente al uso de otro tipo de estabilizantes tradicionales como podrían ser la cal o el cemento.

## Referencias

- [1] T. Zafar, M. A. Ansari, y A. Husain, «Soil stabilization by reinforcing natural and synthetic fibers – A state of the art review», *Materials Today: Proceedings*, abr. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.03.503.
- [2] E. A. Basha, R. Hashim, H. B. Mahmud, y A. S. Muntohar, «Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement», *Construction and Building Materials*, vol. 19, n.o 6, pp. 448-453, jul. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2004.08.001.
- [3] Sowers, g. b., & Sowers, g. f. (1972). *Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones..* México: Editorial Limusa-Wiley S.A.
- [4] S. Ma, M. Ma, Z. Huang, B. He, y Y. Hu, «Model test study on the protection of expansive soil slope with polymer waterproof coating», *Geotextiles and Geomembranes*, abr. 2023, doi: 10.1016/j.geotexmem.2023.03.003.
- [5] A. A. M. S. Mohamed, J. Yuan, M. Al-Ajamee, Y. Dong, Y. Ren, y T. Hakuzweyezu, «Improvement of expansive soil characteristics stabilized with sawdust ash, high calcium fly ash and cement», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, p. e01894, jul. 2023, doi: 10.1016/j.cscm. 2023.e01894.
- [6] X. Li, F. Ma, J. Hu, A. P. Jivkov, y D. Chu, «A spatiotemporal identification method for deformation characteristics of expansive soil canal slope based on spectral clustering», *Expert Systems with Applications*, vol. 225, p. 120108, sep. 2023, doi: 10.1016/j.eswa.2023.120108.
- [7] U. Zada et al., «Recent advances in expansive soil stabilization using admixtures: current challenges and opportunities», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, p. e01985, jul.2023, doi: 10.1016/j.cscm. 2023.e01985.
- [8] Y. Xu, C. Su, Z. Huang, C. Yang, y Y. Yang, «Research on the protection of expansive soil slopes under heavy rainfall by anchor-reinforced vegetation systems», *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 50, n.o 6, pp. 1147-1158, dic. 2022, doi: 10.1016/j.geotexmem.2022.07.006.
- [9] N. D. Salman, G. Pillinger, G. Sitkei, y P. Kiss, «Load bearing capacity of finite half space agricultural homogeneous soil», *Journal of Terramechanics*, vol. 107, pp. 35- 46, jun. 2023, doi:10.1016/j.jterra.2023.03.001.
- [10] J. A. Hurtado Ramírez, *Informe técnico: Caracterización geotécnica de los suelos en la ciudad de Talara para edificaciones seguras*. [En línea]. Disponible en: <https://www.jorgealvahurtado.com/files/InformeCargeotTalara.pdf>

- [11] «lambayeque\_mp.pdf». Accedido: 20 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_lambayeque/lambayeque/lambayeque\\_mp.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_lambayeque/lambayeque/lambayeque_mp.pdf)
- [12] A. O. Owino y Z. Hossain, «The influence of basalt fiber filament length on shear strength development of chemically stabilized soils for ground improvement», *Construction and Building Materials*, vol. 374, p. 130930, abr. 2023, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2023.130930.
- [13] S. Almuaythir y M. F. Abbas, «Expansive soil remediation using cement kiln dust as stabilizer», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, p. e01983, jul. 2023, doi: 10.1016/j.cscm.2023.e01983
- [14] V. Shah, R. Wanare, K. K. R Iyer, y V. M. Rotte, «Evaluation of the role of fibres and admixture(s) on sustainable crack reduction in expansive soil», *Materials Today: Proceedings*, may 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.501.
- [15] V. Janani y P. T. Ravichandran, «Effect of industrial waste on the behaviour of expansive soil», *Materials Today: Proceedings*, vol. 80, pp. 3048-3052, ene. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.135
- [16] K. Vikas y G. V. Ramana, «Viability of bulk utilization of granite sludge powder (GSP) to enhance the geotechnical behavior of expansive soil», *Materials Today: Proceedings*, may 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.574.
- [17] G. Bharti, P. Hurukadli, B. K. Shukla, P. Sihag, S. Jagudi, y A. Tripathi, «Environmental impact analysis and utilization of copper slag for stabilising black cotton soil», *Materials Today: Proceedings*, abr. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.305
- [18] «2018\_E050\_RM-406-2018-VIVIENDA.pdf». Accedido: 8 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/2018\\_E050\\_RM-406-2018-VIVIENDA.pdf](https://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E050_RM-406-2018-VIVIENDA.pdf)
- [19] «Manual Ensayo de Materiales.pdf». Accedido: 9 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- [20] M. Bernal-Ruiz et al., «Brewer's spent grain as substrate for enzyme and reducing sugar production using *Penicillium* sp. HC1», *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 45, n.o 176, Art. n.o 176, sep. 2021, doi: 10.18257/raccefyn.1379.

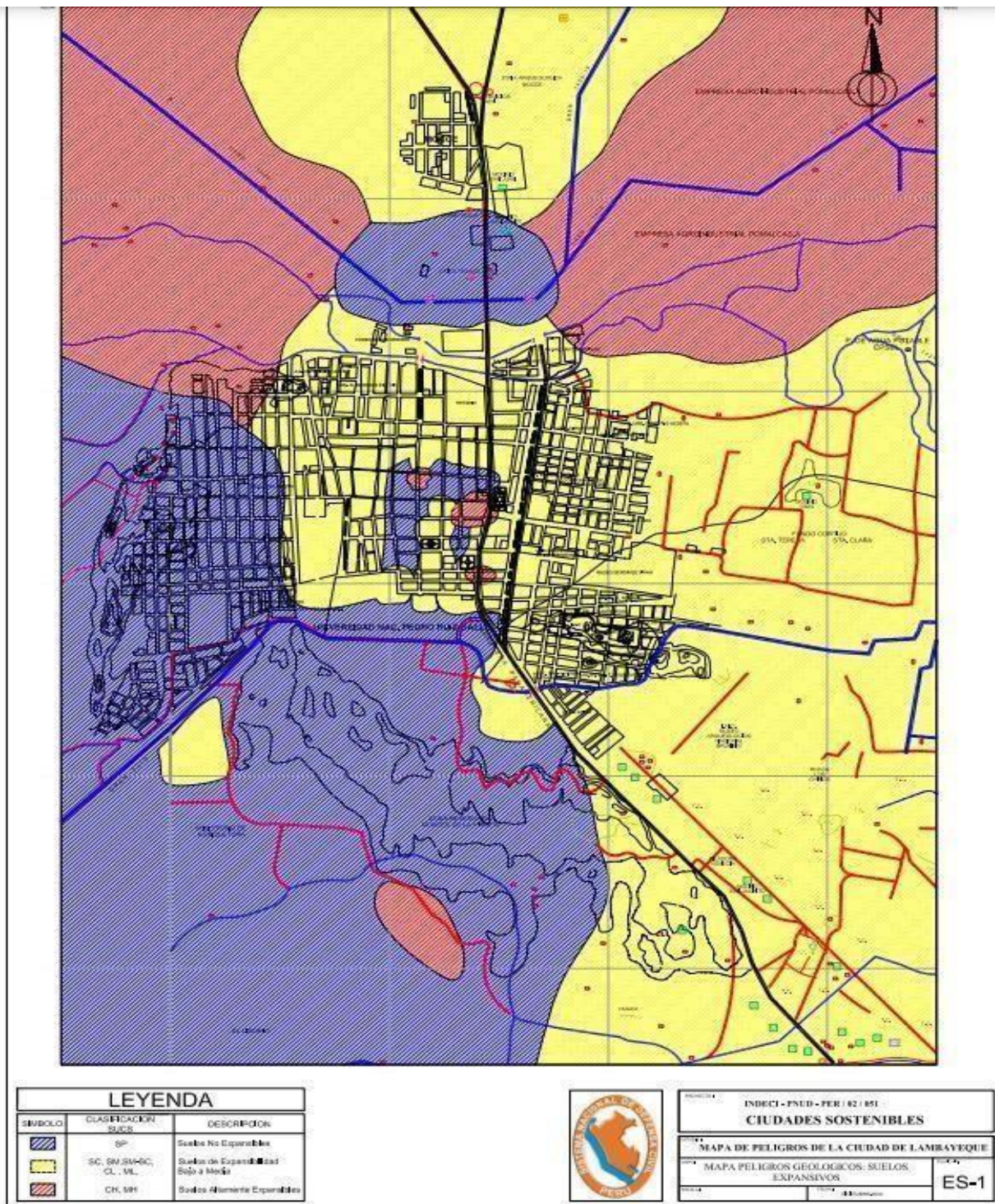
- [21] J. J. Reddy y B. J. S. Varaprasad, «Long-term and durability properties of xanthan gum treated dispersive soils – An eco-friendly material», *Materials Today: Proceedings*, vol. 44, pp. 309-314, ene. 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.472.
- [22] A. Roque, «Fundamentos de ingeniería geotécnica braja m das 4ta edición», Accedido: 2 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos\\_de\\_ingenieria\\_geotecnica\\_braja\\_m\\_das\\_4ta\\_edicion](https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos_de_ingenieria_geotecnica_braja_m_das_4ta_edicion)
- [23] J. C. Villalta Vergara y E. M. Chang Bernal, «Estudio experimental de las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia de suelos arcillosos mediante el uso de puzolana natural, polvo de ladrillo y goma guar en San Cristóbal-Huancavelica», Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), dic. 2020, Accedido: 2 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653987>
- [24] N. F. Romero, «Propiedades Geofísicas de Los Suelos (Bowles)», Accedido: 2 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/36589235/Propiedades\\_Geofisicas\\_de\\_Los\\_Suelos\\_Bowles](https://www.academia.edu/36589235/Propiedades_Geofisicas_de_Los_Suelos_Bowles)
- [25] «Ley N.º 28611». Accedido: 14 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/3569-2861>
- [26] P. N. V. Manuel y M. S. Artuto, «Comportamiento de Cimentaciones en Suelos Expansivos».
- [27] A. Mendoza, «La goma xantana en la industria alimentaria 2», Accedido: 14 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/18085810/La\\_goma\\_xantana\\_en\\_la\\_industria\\_alimentaria\\_2](https://www.academia.edu/18085810/La_goma_xantana_en_la_industria_alimentaria_2)
- [28] B. M. Das, *Fundamentals of geotechnical engineering*, 4th ed. Stamford, CT: Cengage Learning, 2013.
- [29] «INV-120-13.pdf». Accedido: 14 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-120-13.pdf>
- [30] M. Borja S. *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, 2016.
- [31] J. Sucasaire P. *Orientaciones para la Selección y el Cálculo del tamaño del tamaño de la muestra en investigación*. Lima, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/3096/1/O>

- orientaciones\_para\_seleccion\_y\_calculo\_del\_tama%C3%B1o\_de\_mu  
estra\_de\_investigacion.pdf
- [32] D. V. Rojas Santiago y K. K. Colquehuanca Rodriguez, «Mejoramiento de propiedades mecánicas del suelo arcilloso con uso de goma de guar y fibras de polipropileno para cimentación de viviendas de un nivel en Carabayllo - Lima», Univ. Peru. Cienc. Apl. UPC, nov. 2023, Accedido: 14 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/669978>
- [33] J. Nelson, K. C. Chao, D. Overton, y E. Nelson, *Foundation Engineering for Expansive Soils*. 2015. doi: 10.1002/9781118996096.
- [34] F. H. CHEN, Ed., «Chapter 1 - Nature of Expansive Soils», en *Foundations on Expansive Soils*, vol. 12, en *Developments in Geotechnical Engineering*, vol. 12. , Elsevier, 1975, pp. 1-31. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41393-2.50006-5>.
- [35] S. Hillier, «Clay mineralogy», 1978, pp. 223-228. doi: 10.1007/3-540-31079-7\_47.
- [36] R. J. Ballinas Mijangos, «Suelos expansivos», Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico, 2006. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000613743>
- [37] V. Dakshanamurthy y V. Raman, «A Simple Method of Identifying an Expansive Soil», *Soils Found.*, vol. 13, n.o 1, pp. 97-104, 1973, doi: <https://doi.org/10.3208/sandf1972.13.97>.
- [38] H. B. Seed, R. J. Woodward, y R. Lundgren, «Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays», *J. Soil Mech. Found. Div.*, vol. 88, n.o 3, pp. 53-87, 1962, doi: 10.1061/JSFEAQ.0000431.
- [39] F. Uddin, «Clays, Nanoclays, and Montmorillonite Minerals», *Clay Nanoclay Montmorillonite Miner. Metall. Mater. Trans. A*, vol. Volume 39, pp. 2804-2814, dic. 2008, doi: 10.1007/s11661-008-9603-5.
- [40] C. Ikeagwuani y D. Nwonu, «Emerging trends in expansive soil stabilisation: A review», *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, vol. 11, abr. 2019, doi: 10.1016/j.jrmge.2018.08.013.
- [41] A. T. Amin Soltani An Deng y M. Mirzababaei, «A sulphonated oil for stabilisation of expansive soils», *Int. J. Pavement Eng.*, vol. 20, n.o 11, pp. 1285-1298, 2019, doi: 10.1080/10298436.2017.1408270.
- [42] J. A. Callo Condori y F. R. Echeagaray Condori, Estudio de las propiedades físicas y

- mecánicas para suelo estructural, mediante el uso de goma guar, en la carretera Chamaca – Limamayo, Chumbivilcas, Cusco 2023, Tesis de pregrado, Univ. de San Martín de Porres, Cusco, Perú, 2023.
- [43] A. G. Campos Camarena y M. A. Huamán Peña, Estudio experimental de las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia de un suelo extraído del Barrio de San Cristóbal en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, Perú, Tesis de pregrado, Univ. Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, 2022.
- [44] J. A. Valverde Solís y A. C. Huerta Paredes, Estabilización de suelo cohesivo de la subrasante en la avenida Yuracoto, mediante goma guar-xantana, Caraz, Ancash, 2023, Tesis de pregrado, Univ. César Vallejo, Ancash, Perú, 2023.
- [45] S. T. Estrada Silva y C. E. Pinedo Pinedo, Mejoramiento de propiedades mecánicas del suelo arcilloso con adición de goma guar y fibra de polipropileno, Tesis de pregrado, Univ. Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, 2023.
- [46] M. J. De La Cruz Santa María, "Estabilización de suelos arcillosos incorporando porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar," Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2024.
- [47] J. D. Torres Rueda y Á. M. Watanabe Paucar, "Reducción del potencial de expansión de suelos arcillosos con cloruro de potasio en la ciudad de Talara," Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, 2021.
- [48] E. R. Sujatha, N. G. Abitha, y D. M. Priya, "Comportamiento geotécnico del suelo tratado con goma guar," Soil and Tillage Research, vol. 194, p. 104377, 2019.

Anexos

Imagen II Mapa de Peligrosidad de la ciudad de Lambayeque



**Acta de conformidad del Asesor****CONFORMIDAD DE ASESOR****SEMINARIO DE TESIS II**

Chiclayo, 20 de mayo del 2025.

Señores

**ATILIO RUBEN LOPEZ CARRANZA**  
**ROBERTO CARLOS CASTILLO VELARDE**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT**  
Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: **EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2023**

presentado por el estudiante **Perez Lizana Wilson Jair**

de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.

  
-----Ing.  
Ludeña Gutiérrez Lucas

## Validación de Ensayos de Laboratorio



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
 • LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS  
 • CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° LEM USAT 057-2025-I

FECHA: 23 de mayo 2025

### VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**ESTUDIANTE:** Perez Lizana Wilson Jair

**TITULO DE LA TESIS:** Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico por tamizando
- Análisis granulométrico por sedimentación
- Límites de Atterberg (Dosificaciones: 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% y 4.0%)
- Proctor Modifica
- California Bearing Ratio
- Contenido de Sales en suelo
- Ph del suelo
- Determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento (Dosificaciones: 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% y 4.0%)

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



*Henry Rivadeneyra Oblitas*  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

**ENSAYOS  
PARA  
SUELO  
NATURAL**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES**

**TESISTA** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR

**TESIS** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024

**UBICACIÓN** : LAMBAYEQUE-CHICLAYO

**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico

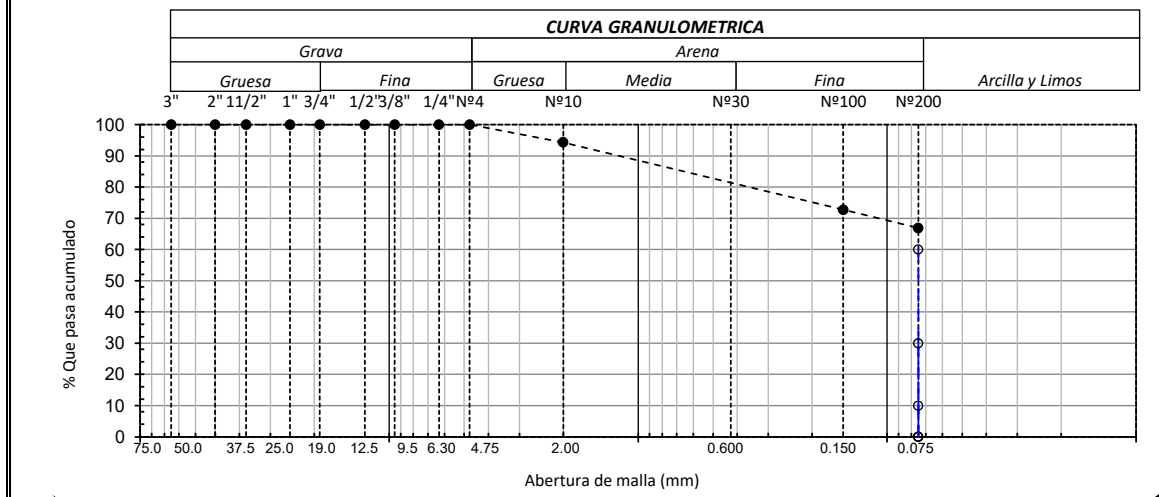
**NORMA DE REFERENCIA** : N.T.P. 399.128 : 1999

Calicata: C-01

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 300.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 99.35 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 300.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 51.3 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 20.44 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 30.89 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-7-6 (12)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CH
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	<i>Arcilla arenosa de alta plasticidad</i>
Nº10	2.360	16.97	5.7	5.7	94.3	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	18.44	6.1	11.8	88.2	P.S.Seco 300 P.S.Lav 99 (%) 200 66.9
N40	0.600	18.09	6.0	17.8	82.2	% HUMEDAD
Nº50	0.300	7.36	2.5	20.3	79.7	P.S.H 640.48 P.S.S. 585.31 (%) Hum. 9.4
Nº100	0.150	21.11	7.0	27.3	72.7	MODULO DE FINEZA 0.829
Nº200	0.075	17.38	5.8	33.1	66.9	Coef. Uniformidad 1.1
< Nº 200	FONDO	200.65	66.9	100.0	0.0	Coef. Curvatura 1.1



Observaciones:



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TESISTA : PEREZ LIZANA WILSON JAIR

TESIS : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024

UBICACIÓN : LAMBAYEQUE-CHICLAYO

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico

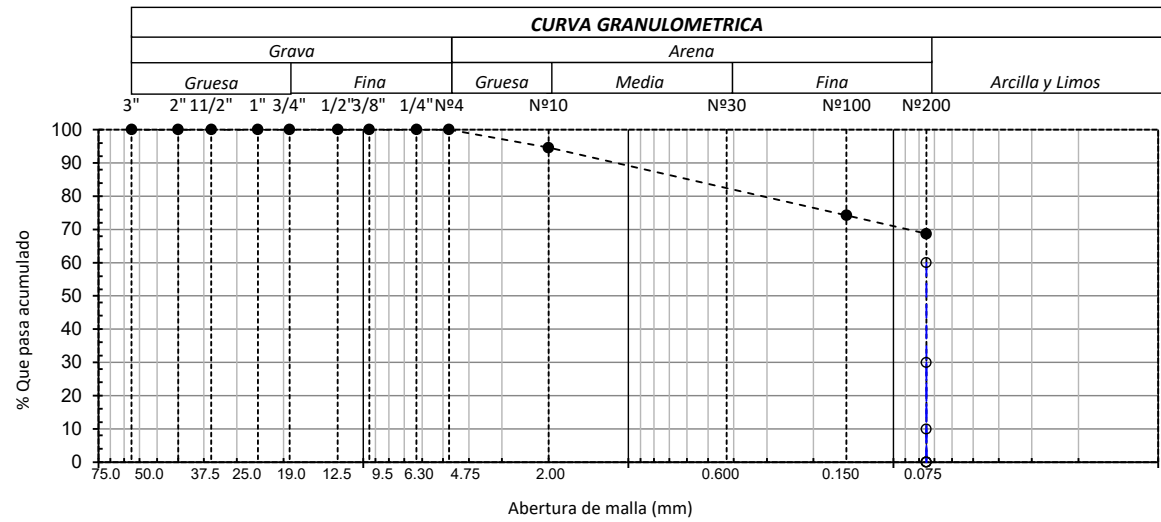
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Calicata: C-01

Muestra: M-3

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 300.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 93.79 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 300.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 51.3 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 24.19 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD: 27.15 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-7-6 (15)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CH
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	<i>Arcilla arenosa de alta plasticidad</i>
Nº10	2.360	16.07	5.4	5.4	94.6	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	17.52	5.8	11.2	88.8	P.S.Seco 300 P.S.Lav 94 (%) 200 68.7
N40	0.600	17.02	5.7	16.9	83.1	% HUMEDAD P.S.H 640.48 P.S.S. 585.31 (%) Hum. 9.4
Nº50	0.300	6.15	2.1	19.0	81.0	MODULO DE FINEZA 0.783
Nº100	0.150	20.51	6.8	25.8	74.2	Coef. Uniformidad 1.1
Nº200	0.075	16.52	5.5	31.3	68.7	Coef. Curvatura 1.1
< Nº 200	FONDO	206.21	68.7	100.0	0.0	



Observaciones:



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TESISTA : PEREZ LIZANA WILSON JAIR

TESIS : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024

UBICACIÓN : LAMBAYEQUE-CHICLAYO

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico

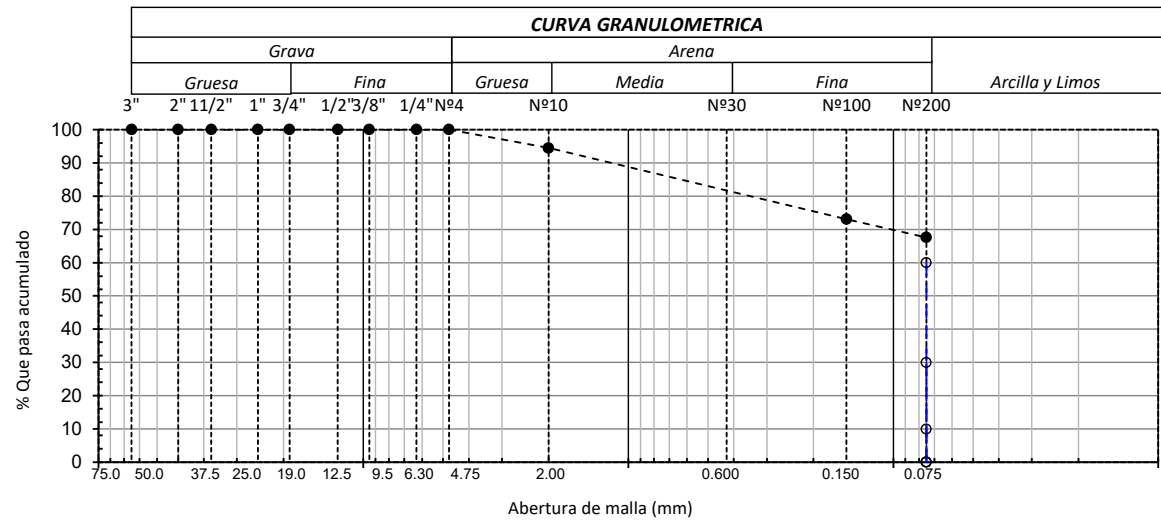
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Calicata: C-01

Muestra: M-2

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 300.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 97.28 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 300.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 51.4 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 20.92 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD: 30.44 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-7-6 (12)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : CH
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	<i>Arcilla arenosa de alta plasticidad</i>
Nº10	2.360	16.52	5.5	5.5	94.5	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	18.36	6.1	11.6	88.4	P.S.Seco 300 P.S.Lav 97 (%) 200 67.6
N40	0.600	17.52	5.8	17.4	82.6	% HUMEDAD P.S.H 640.48 P.S.S. 585.31 (%) Hum. 9.4
Nº50	0.300	7.48	2.5	19.9	80.1	MODULO DE FINEZA 0.813
Nº100	0.150	21.02	7.0	26.9	73.1	Coef. Uniformidad 1.1
Nº200	0.075	16.38	5.5	32.4	67.6	Coef. Curvatura 1.1
< Nº 200	FONDO	202.72	67.6	100.0	0.0	



Observaciones:



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

**TESISTA** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
**UBICACIÓN** : LAMBAYEQUE-CHICLAYO

**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

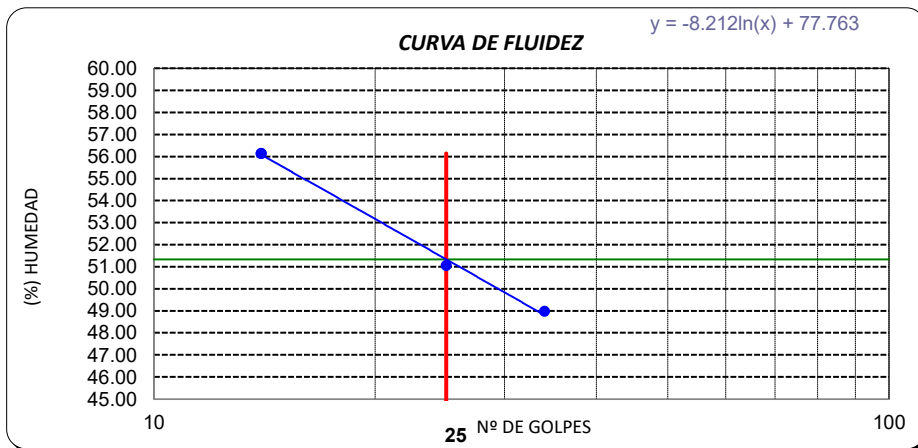
**NORMA DE REFERENCIA** : N.T.P. 399.131

Calicata: C-01 Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	7	8	9	2		
N° de tarro	7	8	9	2		
N° de golpes	34	25	14			
Tarro + suelo húmedo	28.64	24.56	22.27	11.99		
Tarro + suelo seco	21.66	18.77	16.92	11.15		
Agua	6.98	5.79	5.35	0.84		
Peso del tarro	7.41	7.43	7.39	7.04		
Peso del suelo seco	14.25	11.34	9.53	4.11		
Porcentaje de humedad	48.98	51.06	56.14	20.44		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	51.33
Límite Plástico	20.44
Índice de Plasticidad	30.89



Observaciones:



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

**TESISTA** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
**UBICACIÓN** : LAMBAYEQUE-CHICLAYO

**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

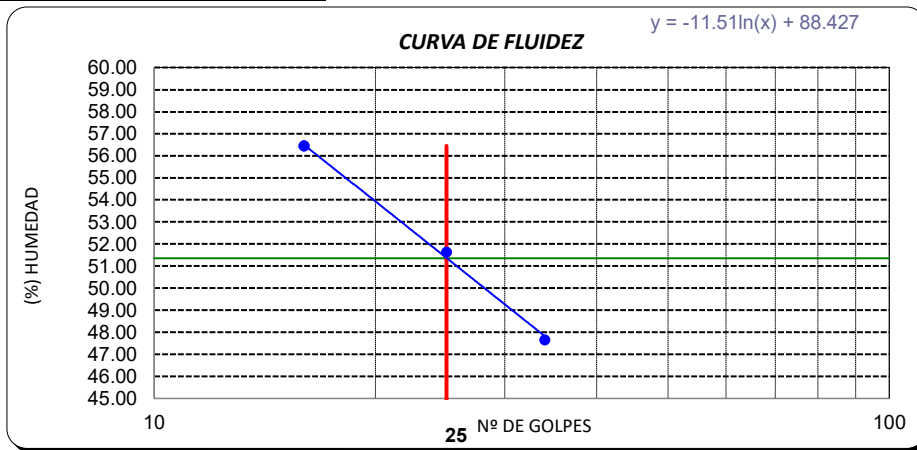
**NORMA DE REFERENCIA** : N.T.P. 399.131

Calicata: C-01 Muestra: M-2  
0

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	7	8	9	2		
N° de tarro	7	8	9	2		
N° de golpes	34	25	16			
Tarro + suelo húmedo	24.45	25.96	25.35	12.01		
Tarro + suelo seco	18.95	19.65	18.87	11.15		
Agua	5.5	6.31	6.48	0.86		
Peso del tarro	7.41	7.43	7.39	7.04		
Peso del suelo seco	11.54	12.22	11.48	4.11		
Porcentaje de humedad	47.66	51.64	56.45	20.92		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	51.36
Límite Plástico	20.92
Índice de Plasticidad	30.44



Observaciones:



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

**TESISTA** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**TESIS** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
**UBICACIÓN** : LAMBAYEQUE-CHICLAYO

**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

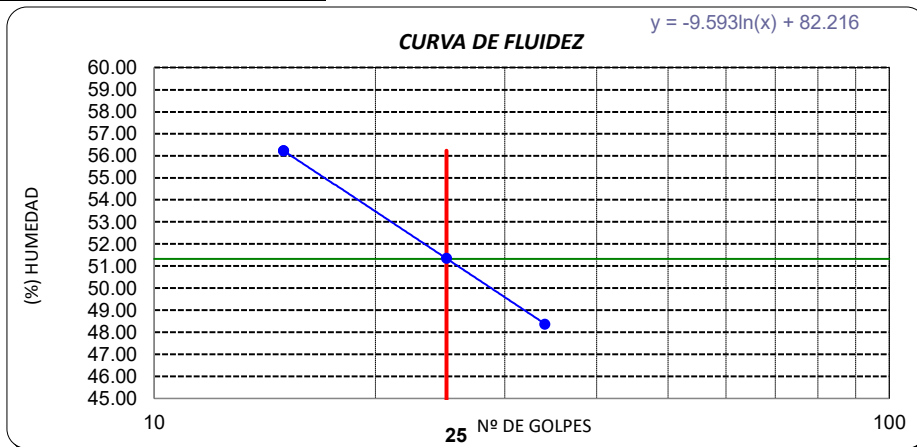
**NORMA DE REFERENCIA** : N.T.P. 399.131

Calicata: C-01 Muestra: M-3

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	7	8	9	2		
N° de tarro	7	8	9	2		
N° de golpes	34	25	15			
Tarro + suelo húmedo	26.55	25.26	23.81	12.02		
Tarro + suelo seco	20.31	19.21	17.9	11.05		
Agua	6.24	6.05	5.91	0.97		
Peso del tarro	7.41	7.43	7.39	7.04		
Peso del suelo seco	12.9	11.78	10.51	4.01		
Porcentaje de humedad	48.37	51.36	56.23	24.19		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	51.34
Límite Plástico	24.19
Índice de Plasticidad	27.15



Observaciones:

TESISTA: PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
 ESCUELA: Ingeniería Civil  
 TESIS: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN EN UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
 LUGAR: LAMBAYEQUE-CHICLAYO  
 FECHA DE EMISIÓN: 18/11/2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-01

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

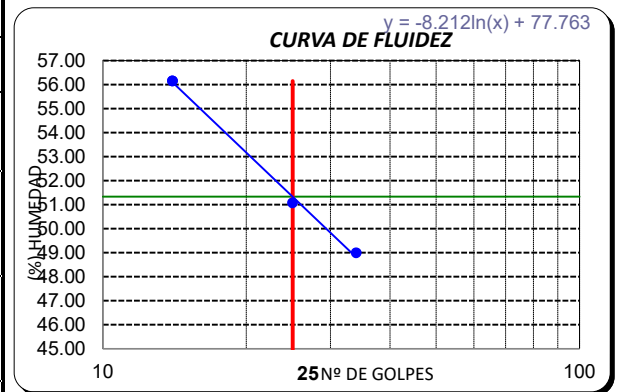
<b>Analisis Granulométrico por tamizado</b>			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido
		Que pasa	
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	100.0
Nº 10	2.000	5.7	94.3
Nº 20	0.850	11.8	88.2
Nº 50	0.300	20.3	79.7
Nº 100	0.150	27.3	72.7
Nº 200	0.075	33.1	66.9

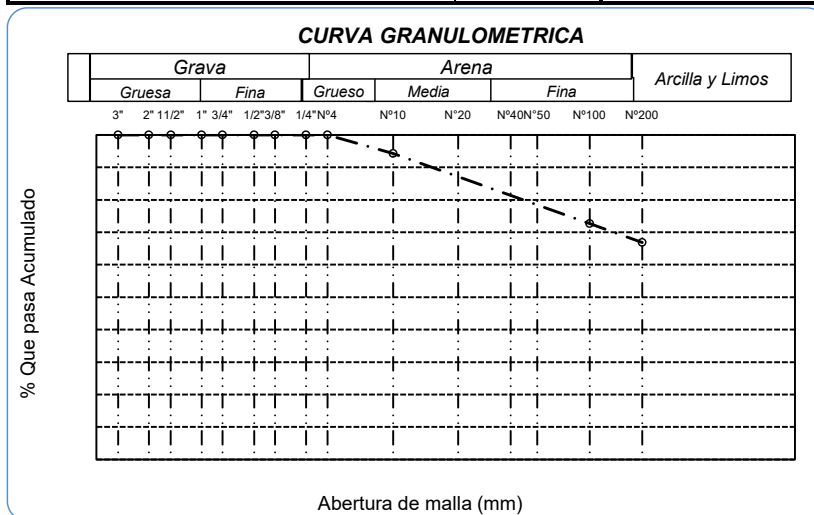
<b>Distribución granulométrico</b>			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	0.0	0.0
% Arena	A.G %	5.7	
	A.M %	12.1	
	A.F %	15.3	33.1
% Arcilla y Limo		66.9	66.9
<b>Total</b>			100.0

<b>Contenido de Humedad</b>	
	15.0



<b>Ensayo de Limite de Atterberg</b>	
Límite líquido (LL)	51.33 (%)
Límite Plástico (LP)	20.44 (%)
Índice Plástico (IP)	30.89 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	<b>CH</b>
Descripción del suelo	
<b>Arcilla arenosa de alta plasticidad</b>	
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (12)
Descripción	
<b>MALO</b>	



TESISTA: PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
 ESCUELA: Ingeniería Civil  
 TESIS: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN EN UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
 LUGAR: LAMBAYEQUE-CHICLAYO  
 FECHA DE EMISIÓN: 18/11/2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-01

Muestra: M-2

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

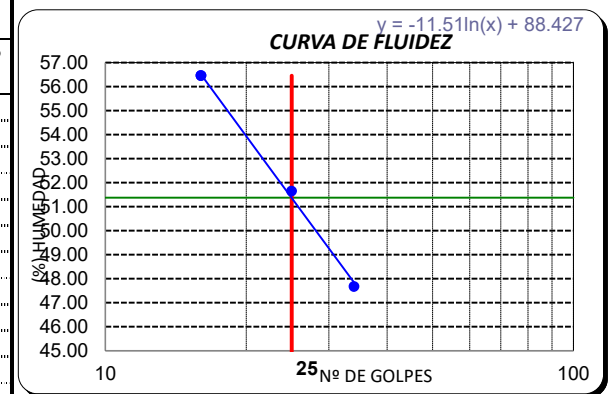
<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido
		Que pasa	
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	100.0
Nº 10	2.000	5.5	94.5
Nº 20	0.850	11.6	88.4
Nº 50	0.300	19.9	80.1
Nº 100	0.150	26.9	73.1
Nº 200	0.075	32.4	67.6

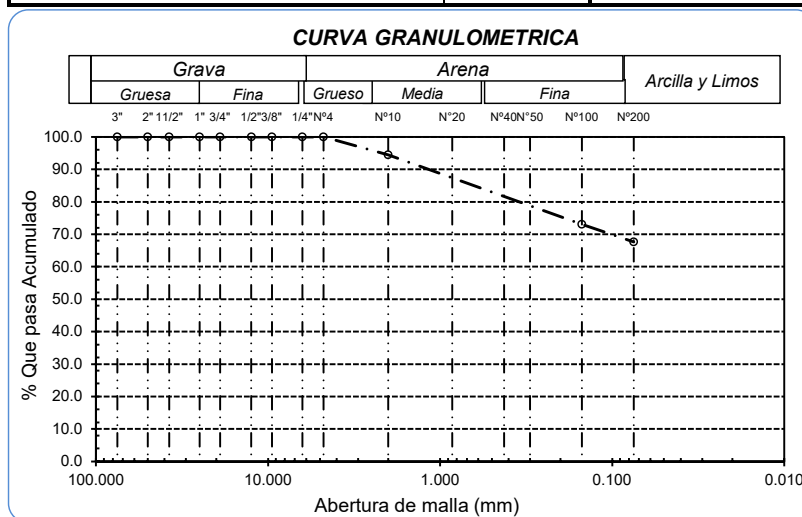
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	0.0	0.0
% Arena	A.G %	5.5	
	A.M %	11.9	
	A.F %	15.0	32.4
% Arcilla y Limo		67.6	67.6
<b>Total</b>			100.0

<b>Contenido de Humedad</b>	
	15.0



<b>Ensayo de Limite de Atterberg</b>		
Límite líquido (LL)	51.36	(%)
Límite Plástico (LP)	20.92	(%)
Índice Plástico (IP)	30.44	(%)
Clasificación (S.U.C.S.)	<b>CH</b>	
Descripción del suelo	<b>Arcilla arenosa de alta plasticidad</b>	
Clasificación (AASHTO)	<b>A-7-6 (12)</b>	
Descripción	<b>MALO</b>	



TESISTA: PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
 ESCUELA: Ingeniería Civil  
 TESIS: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN EN UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
 LUGAR: LAMBAYEQUE-CHICLAYO  
 FECHA DE EMISIÓN: 18/11/2024

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C-01

Muestra: M-3

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

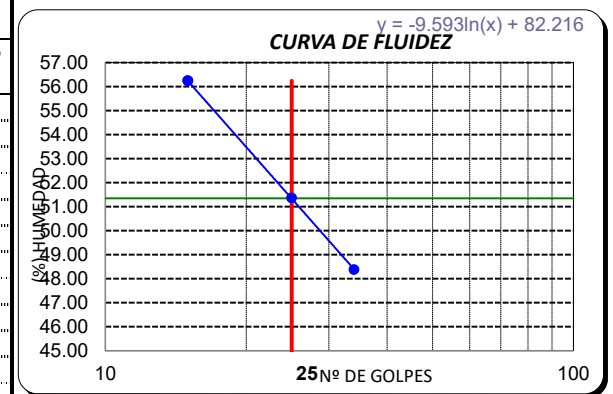
<b>Analisis Granulométrico por tamizado</b>			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido
		Que pasa	
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nº 4	4.750	0.0	100.0
Nº 10	2.000	5.4	94.6
Nº 20	0.850	11.2	88.8
Nº 50	0.300	19.0	81.0
Nº 100	0.150	25.8	74.2
Nº 200	0.075	31.3	68.7

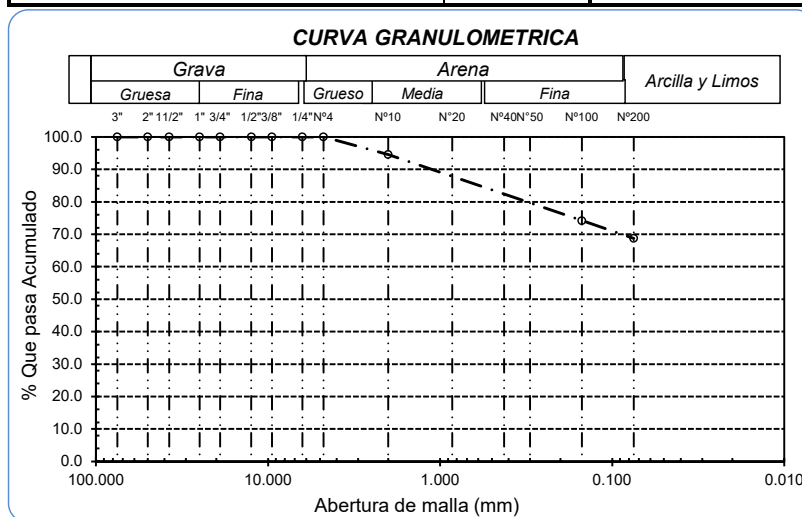
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	0.0	0.0
% Arena	A.G %	5.4	
	A.M %	11.5	
	A.F %	14.4	31.3
% Arcilla y Limo		68.7	68.7
<b>Total</b>			100.0

<b>Contenido de Humedad</b>	
	15.0



<b>Ensayo de Limite de Atterberg</b>	
Límite líquido (LL)	51.34 (%)
Límite Plástico (LP)	24.19 (%)
Índice Plástico (IP)	27.15 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CH
Descripción del suelo	Arcilla arenosa de alta plasticidad
Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (15)
Descripción	MALO



Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
Escuela : INGENIERIA CIVIL  
Tesis : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
Lugar : Lambayeque - Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, octubre 2024

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ )-Material que pasa la malla N° 4  
REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

	C-01	C-02	C-03
1. N° de fiola	F-2	F-3	F-2
2. Peso de la fiola g.	90.05	90.18	89.46
3. Peso de la muestra de suelo - seco g.	50.0	50.0	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3) g.	140.1	140.2	139.5
5. Peso de la muestra + Fiola + agua g.	368.9	402.4	402.7
6. Peso de la fiola + peso de agua g.	338.9	372.6	372.8
7. Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ ) (3)/((3+6)-5) g/cm <sup>3</sup>	2.500	2.478	2.490

**OBSERVACIONES :**

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
Escuela : INGENIERIA CIVIL  
Tesis : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
Lugar : Lambayeque - Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, octubre 2024

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ )-Material que pasa la malla N° 4  
REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

	C-01	C-02	C-03
1. N° de fiola	F-2	F-3	F-2
2. Peso de la fiola g.	92.59	90.05	89.46
3. Peso de la muestra de suelo - seco g.	50.0	50.0	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3) g.	142.6	140.1	139.5
5. Peso de la muestra + Fiola + agua g.	367.5	366.1	369.3
6. Peso de la fiola + peso de agua g.	337.7	336.1	339.1
7. Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ ) (3)/((3+6)-5) g/cm <sup>3</sup>	2.481	2.498	2.524

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
Escuela : INGENIERIA CIVIL  
Tesis : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
Lugar : Lambayeque - Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, octubre 2024

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ )-Material que pasa la malla N° 4  
REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

	C-01	C-02	C-03
1. N° de fiola	F-2	F-3	F-2
2. Peso de la fiola g.	91.32	90.12	89.46
3. Peso de la muestra de suelo - seco g.	50.0	50.0	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3) g.	141.3	140.1	139.5
5. Peso de la muestra + Fiola + agua g.	368.2	384.2	386.0
6. Peso de la fiola + peso de agua g.	338.3	354.3	356.0
7. Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ ) $(3)/((3+6)-5) \text{ g/cm}^3$	2.491	2.488	2.507

**OBSERVACIONES :**

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

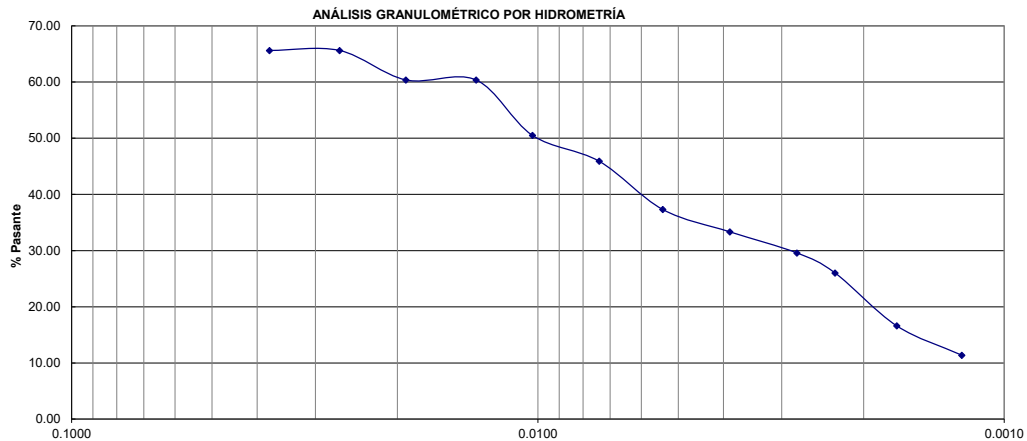
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE SUELOS Y CONCRETO	
	DQDOIVUDQXORPHWUFRBRU#RUPHWUD#####QRUPD# DVWP#7540;#####QRUPD#VWP# G75506#533;	

Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
 Escuela : Ingeniería Civil  
 Proyecto/Tesis : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2023  
 Ubicación : LAMBAYEQUE-LAMBAYEQUE  
 Fecha de Emisión : 04/10/2024  
 Muestra : C1-M2-0%



HIDROMETRO	151H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACION	0.05 N		
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd		8		CORRECCION POR MENISCO, Cm		0.1	
VOLUMEN DEL HIDROMETRO		Ws, gr.	50	Gs:	2.481	a=	1.043
1000 cm <sup>3</sup>							

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °C	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
04/10/2024	08:00	1	24.00	25.0	200.1	216.14	450.90	24.1	8.43	8.43	0.012970	0.0377	65.61
04/10/2024	08:01	2	24.00	25.0	200.1	216.14	450.90	24.1	8.43	4.22	0.012970	0.0266	65.61
04/10/2024	08:03	4	23.00	25.0	183.9	198.88	414.89	23.1	8.76	2.19	0.012970	0.0192	60.37
04/10/2024	08:07	8	23.00	25.0	183.9	198.88	414.89	23.1	8.76	1.09	0.012970	0.0136	60.37
04/10/2024	08:15	15	21.00	25.0	153.4	166.43	347.20	21.1	9.41	0.63	0.012970	0.0103	50.52
04/10/2024	08:30	30	20.00	25.0	139.2	151.25	315.52	20.1	9.74	0.32	0.012970	0.0074	45.91
04/10/2024	09:00	60	18.00	25.0	113.0	122.95	256.49	18.1	10.40	0.17	0.012970	0.0054	37.32
04/10/2024	10:00	120	17.00	25.0	100.8	109.84	229.14	17.1	10.72	0.09	0.012970	0.0039	33.34
04/10/2024	12:00	240	16.00	25.0	89.4	97.42	203.24	16.1	11.05	0.05	0.012970	0.0028	29.57
04/10/2024	16:00	360	15.00	25.0	78.7	85.70	178.77	15.1	11.38	0.03	0.012970	0.0023	26.01
04/10/2024	22:00	720	12.00	25.0	50.7	54.67	114.05	12.1	12.36	0.02	0.012970	0.0017	16.59
05/10/2024	10:00	1440	10.00	25.0	35.4	37.45	78.12	10.1	13.02	0.01	0.012970	0.0012	11.37

% PASANTE TAMIZ Nº 200	14.55
------------------------	-------



mm

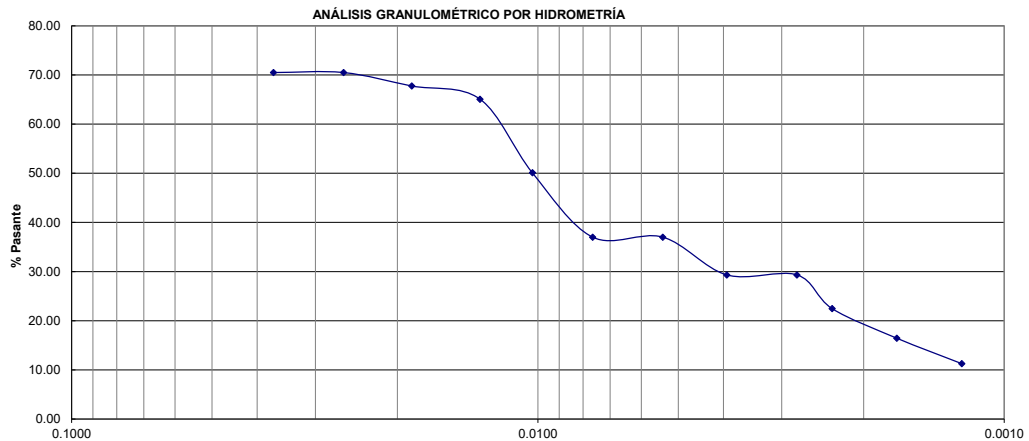
	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE SUELOS Y CONCRETO	
	DQDOIVUDQXORPHWUFRBRUIGRUPHWUD#####QRUPD# DVWP #7540; #####QRUPD#VWP # G75506#533,	

Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
 Escuela : Ingeniería Civil  
 Proyecto/Tesis : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
 Ubicación : LAMBAYEQUE-LAMBAYEQUE  
 Fecha de Emisión : 01/10/2024  
 Muestra : C1-M1-0%



HIDROMETRO	151H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACION	0.05 N		
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Gd		8		CORRECCION POR MENISCO, Cm		0.1	
VOLUMEN DEL HIDROMETRO		Ws, gr.	50	Gs:	2.5	a=	1.038
1000 cm <sup>3</sup>							

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
01/10/2024	09:00	1	25.00	25.0	217.1	234.10	485.86	25.1	8.10	8.10	0.012970	0.0369	70.50
01/10/2024	09:01	2	25.00	25.0	217.1	234.10	485.86	25.1	8.10	4.05	0.012970	0.0261	70.50
01/10/2024	09:03	4	24.50	25.0	208.5	225.03	467.05	24.6	8.27	2.07	0.012970	0.0186	67.77
01/10/2024	09:07	8	24.00	25.0	200.1	216.14	448.60	24.1	8.43	1.05	0.012970	0.0133	65.09
01/10/2024	09:15	15	21.00	25.0	153.4	166.43	345.43	21.1	9.41	0.63	0.012970	0.0103	50.12
01/10/2024	09:30	30	18.00	25.0	113.0	122.95	255.18	18.1	10.40	0.35	0.012970	0.0076	37.03
01/10/2024	10:00	60	18.00	25.0	113.0	122.95	255.18	18.1	10.40	0.17	0.012970	0.0054	37.03
01/10/2024	11:00	120	16.00	25.0	89.4	97.42	202.20	16.1	11.05	0.09	0.012970	0.0039	29.34
01/10/2024	13:00	240	16.00	25.0	89.4	97.42	202.20	16.1	11.05	0.05	0.012970	0.0028	29.34
01/10/2024	17:00	360	14.00	25.0	68.7	74.66	154.96	14.1	11.71	0.03	0.012970	0.0023	22.48
01/10/2024	23:00	720	12.00	25.0	50.7	54.67	113.47	12.1	12.36	0.02	0.012970	0.0017	16.46
02/10/2024	11:00	1440	10.00	25.0	35.4	37.45	77.72	10.1	13.02	0.01	0.012970	0.0012	11.28

% PASANTE TAMIZ N° 200	14.51
------------------------	-------



mm

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE SUELOS Y CONCRETO	
	DQDOIV# UDQXOR PHWUFR RRU 6RUP HWUD ######QRUPD# DVWP #7540#;#####QRUPD#VWP# G75506#533,	

Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
 Escuela : Ingeniería Civil  
 Proyecto/Tesis : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2023  
 Ubicación : LAMBAYEQUE-LAMBAYEQUE  
 Fecha de Emisión : 06/10/2024  
 Muestra : C1-M3-0%

HIDROMETRO	151H	AGENTE DISPERSANTE	NaPO3	CONCENTRACION	0.05 N		
CORRECCION POR DEFLOCULANTE Cd		8		CORRECCION POR MENISCO, Cm		0.1	
VOLUMEN DEL HIDROMETRO		Ws, gr.	50	Gs:	2.491	a=	1.040
1000 cm <sup>3</sup>							

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	R'M	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
06/10/2024	09:00	1	25.00	25.0	217.1	234.10	487.03	25.1	8.10	8.10	0.012970	0.0369	69.69
06/10/2024	09:01	2	24.50	25.0	208.5	225.03	468.18	24.6	8.27	4.13	0.012970	0.0264	67.00
06/10/2024	09:03	4	24.00	25.0	200.1	216.14	449.68	24.1	8.43	2.11	0.012970	0.0188	64.35
06/10/2024	09:07	8	24.00	25.0	200.1	216.14	449.68	24.1	8.43	1.05	0.012970	0.0133	64.35
06/10/2024	09:15	15	23.00	25.0	163.9	198.88	413.77	23.1	8.76	0.58	0.012970	0.0099	59.21
06/10/2024	09:30	30	22.00	25.0	168.3	182.31	379.29	22.1	9.09	0.30	0.012970	0.0071	54.28
06/10/2024	10:00	60	20.00	25.0	139.2	151.25	314.67	20.1	9.74	0.16	0.012970	0.0052	45.03
06/10/2024	11:00	120	18.00	25.0	113.0	122.95	255.80	18.1	10.40	0.09	0.012970	0.0038	36.60
06/10/2024	13:00	240	16.00	25.0	89.4	97.42	202.69	16.1	11.05	0.05	0.012970	0.0028	29.00
06/10/2024	17:00	360	15.00	25.0	78.7	85.70	178.29	15.1	11.38	0.03	0.012970	0.0023	25.51
06/10/2024	23:00	720	13.00	25.0	59.3	64.32	133.82	13.1	12.03	0.02	0.012970	0.0017	19.15
07/10/2024	11:00	1440	11.00	25.0	42.7	45.71	95.10	11.1	12.69	0.01	0.012970	0.0012	13.61

% PASANTE TAMIZ Nº 200	14.31
------------------------	-------





Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : EVALUACIÓN DE POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2023  
Fecha de Emisión : 01/10/2024  
Muestra : C1-M3-0%

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
: SUELO. Método de ensayo para análisis por hidrometría

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
: ASTM D422-63 (2007)

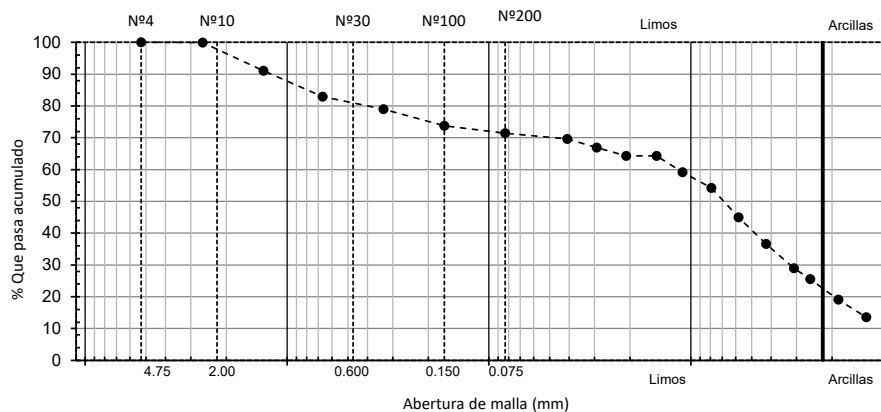
Calicata: C-01

Adición: 0%

Muestra: M-3

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA						
C1-M3-0%						
PESO TOTAL	:					50.00 g.
PESO LAVADO	:					14.31 g.
PESO FINO	:					50.00 g.
Ensayo Malla Nº200						
P.S.Seco		P.S.Lav		(% ) 200		
50.00		14.31		71.38		
TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	
Nº10	2.360	0.03	0.1	0.1	99.9	
Nº20	1.180	4.47	8.9	9.0	91.0	
N40	0.600	4.05	8.1	17.1	82.9	
Nº50	0.300	1.95	3.9	21.0	79.0	
Nº100	0.150	2.66	5.3	26.3	73.7	
Nº200	0.075	1.15	2.3	28.6	71.4	
-	0.037	-	-	-	69.7	
-	0.026	-	-	-	67.0	
-	0.019	-	-	-	64.3	
-	0.013	-	-	-	64.3	
-	0.010	-	-	-	59.2	
-	0.007	-	-	-	54.2	
-	0.005	-	-	-	45.0	
-	0.004	-	-	-	36.6	
-	0.003	-	-	-	29.0	
-	0.002	-	-	-	25.5	
-	0.002	-	-	-	19.1	
-	0.001	-	-	-	13.6	





Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : EVALUACIÓN DE POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
Fecha de Emisión : 01/10/2024  
Muestra : C1-M1-0%

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
: SUELO. Método de ensayo para análisis por hidrometría

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
: ASTM D422-63 (2007)

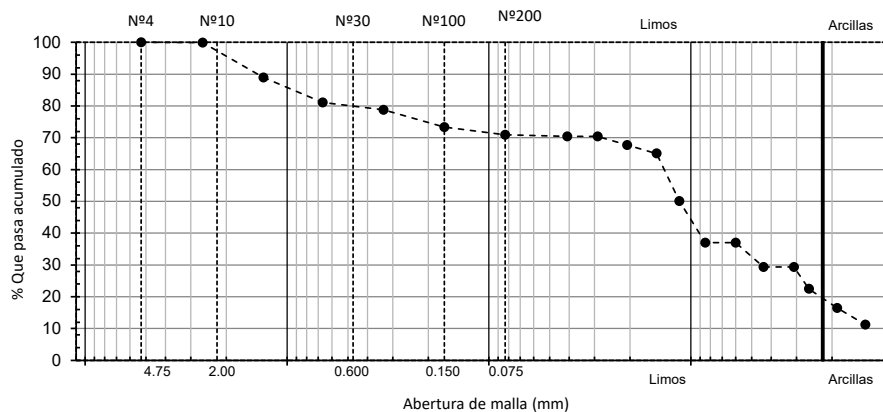
Calicata: C-01

Adición: 0%

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA					
C1-M1-0%					
PESO TOTAL		:			50.00 g.
PESO LAVADO		:			14.51 g.
PESO FINO		:			50.00 g.
Ensayo Malla Nº200					
P.S.Seco		P.S.Lav		(% ) 200	
50.00		14.51		70.98	
TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
Nº10	2.360	0.03	0.1	0.1	99.9
Nº20	1.180	5.49	11.0	11.1	88.9
N40	0.600	3.91	7.8	18.9	81.1
Nº50	0.300	1.13	2.3	21.2	78.8
Nº100	0.150	2.76	5.5	26.7	73.3
Nº200	0.075	1.19	2.4	29.1	70.9
-	0.037	-	-	-	70.5
-	0.026	-	-	-	70.5
-	0.019	-	-	-	67.7
-	0.013	-	-	-	65.1
-	0.010	-	-	-	50.1
-	0.008	-	-	-	37.0
-	0.005	-	-	-	37.0
-	0.004	-	-	-	29.3
-	0.003	-	-	-	29.3
-	0.002	-	-	-	22.5
-	0.002	-	-	-	16.5
-	0.001	-	-	-	11.3





Tesista : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : EVALUACIÓN DE POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2023  
Fecha de Emisión : 01/10/2024  
Muestra : C1-M2-0%

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
: SUELO. Método de ensayo para análisis por hidrometría

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
: ASTM D422-63 (2007)

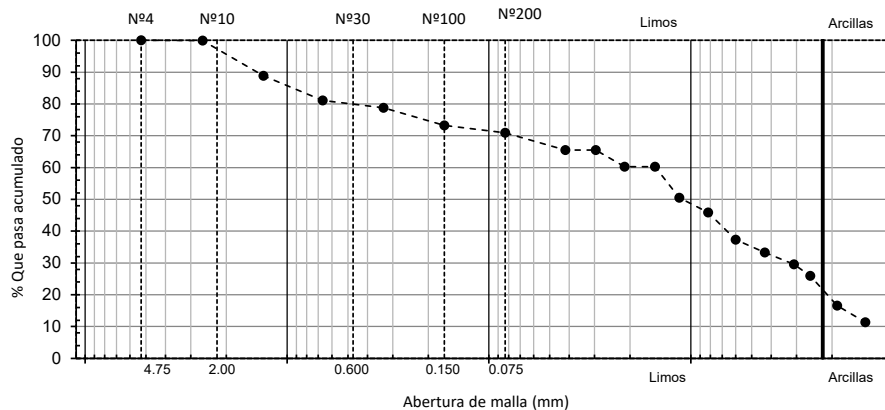
Calicata: C-01

Adición: 0%

Muestra: M-2

Profundidad: 0.10m. - 2.50m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA					
C1-M2-0%					
PESO TOTAL		:			50.00 g.
PESO LAVADO		:			14.55 g.
PESO FINO		:			50.00 g.
Ensayo Malla Nº200					
P.S.Seco		P.S.Lav		(% ) 200	
50.00		14.55		70.90	
TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0
Nº10	2.360	0.05	0.1	0.1	99.9
Nº20	1.180	5.49	11.0	11.1	88.9
N40	0.600	3.91	7.8	18.9	81.1
Nº50	0.300	1.15	2.3	21.2	78.8
Nº100	0.150	2.76	5.5	26.7	73.3
Nº200	0.075	1.19	2.4	29.1	70.9
-	0.038	-	-	-	65.5
-	0.027	-	-	-	65.5
-	0.019	-	-	-	60.3
-	0.014	-	-	-	60.3
-	0.010	-	-	-	50.5
-	0.007	-	-	-	45.9
-	0.005	-	-	-	37.3
-	0.004	-	-	-	33.3
-	0.003	-	-	-	29.5
-	0.002	-	-	-	26.0
-	0.002	-	-	-	16.6
-	0.001	-	-	-	11.4



**Tesista** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**Escuela** : Escuela de Ingenieria Civil  
**Tesis** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 04 de octubre del 2024

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Muestra</u> : M-01		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.20

**OBSERVACIONES :**

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)

**Tesista** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil  
**Tesis** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 04 de octubre del 2024

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Muestra</u> : M-02		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2500
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.25

**OBSERVACIONES :**

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)

**Tesista** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil  
**Tesis** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
**Lugar** : Chiclayo- Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 04 de octubre del 2024

**ENSAYO** : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

**REFERENCIA** : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Muestra</u> : M-03		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2400
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.24

**OBSERVACIONES :**

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)

**Tesista** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**Escuela** : Escuela de Ingenieria Civil  
**Tesis** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
**Lugar** : Lambayeque - Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 10 de octubre del 2024

**ENSAYO** : Método de ensayo normalizado para la determinación de PH en los materiales

**REFERENCIA** : ASTM D-1293 -

<u>Muestra</u> : M-01	
Constituyentes de Ph	% 8.23

**OBSERVACIONES :**

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)

**Tesista** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**Escuela** : Escuela de Ingenieria Civil  
**Tesis** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2024  
**Lugar** : Lambayeque - Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 10 de octubre del 2024

**ENSAYO** : Método de ensayo normalizado para la determinación de PH en los materiales

**REFERENCIA** : ASTM D-1293 -

<u>Muestra</u> : M-01	
Constituyentes de Ph	% 8.21

**OBSERVACIONES :**

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)

**Tesista** : PEREZ LIZANA WILSON JAIR  
**Escuela** : Escuela de Ingenieria Civil  
**Tesis** : EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE UN SUELO NATURAL CON GOMA GUAR, LAMBAYEQUE 2023  
**Lugar** : Lambayeque - Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Chiclayo 10 de octubre del 2024

**ENSAYO** : Método de ensayo normalizado para la determinación de PH en los materiales

**REFERENCIA** : ASTM D-1293 -

<u>Muestra</u> : M-01	
Constituyentes de Ph	% 8.28

**OBSERVACIONES :**

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)



**SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pe<sup>3</sup>))**  
**N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557**

**Tesista** : Wilson Perez Lizana  
**Escuela** : Ingeniería Civil Ambiental  
**Proyecto/Tesis** : Evaluacion del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023  
**Ubicación** : Provincia de Chiclayo, Lambayeque  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 19 de Mayo 2025

CALICATA : **C-01**  
MUESTRA : **M-2**

PROFUNDIDAD : **1.00 m - 2.50 m**

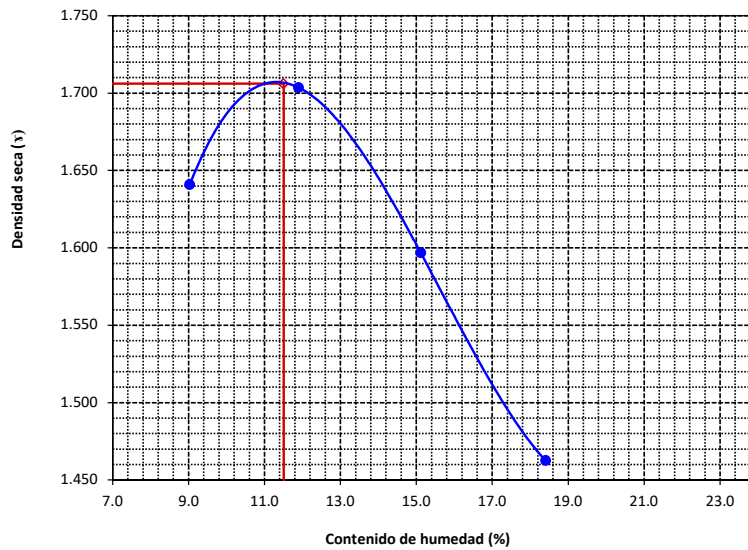
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	<b>5860</b>	<b>5970</b>	<b>5906</b>	<b>5806</b>
Peso del molde	g.	<b>4180</b>	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g.	1680	1790	1726	1626
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>939</b>	939	939	939
Peso del volumen húmedo	g/cm <sup>3</sup>	1.789	1.906	1.838	1.732

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	<b>256.60</b>	<b>342.57</b>	<b>186.28</b>	<b>333.54</b>
Peso del suelo seco + tara	g.	<b>240.00</b>	<b>311.45</b>	<b>165.50</b>	<b>289.54</b>
Peso de tara	g.	<b>56.20</b>	<b>49.91</b>	<b>28.04</b>	<b>50.46</b>
Peso de agua	g.	16.6	31.12	20.78	44
Peso de suelo seco	g.	183.8	261.54	137.46	239.08
Contenido de agua	%	9.0	11.9	15.1	18.4
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.641	1.704	1.597	1.462

<b>DENSIDAD MAXIMA SECA</b>	<b>1.706</b>	g/cm <sup>3</sup>
<b>ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>11.50</b>	%

**GRAFICO DEL PROCTOR**





**Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración**  
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Wilson Perez Lizana  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto/Tesis : Evaluacion del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023  
Ubicación : Provincia de Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Mayo 2025

CALICATA : C-01  
MUESTRA : M-1

PROFUNDIDAD : 1.00 m - 2.50 m

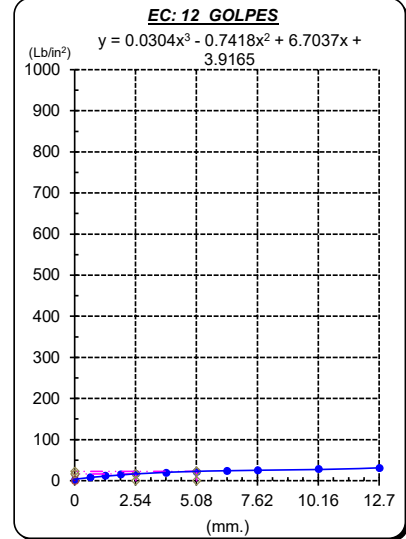
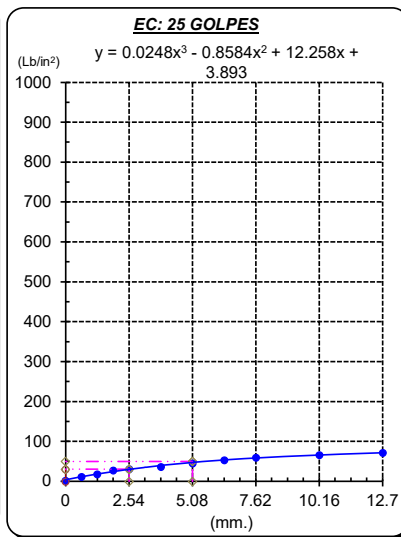
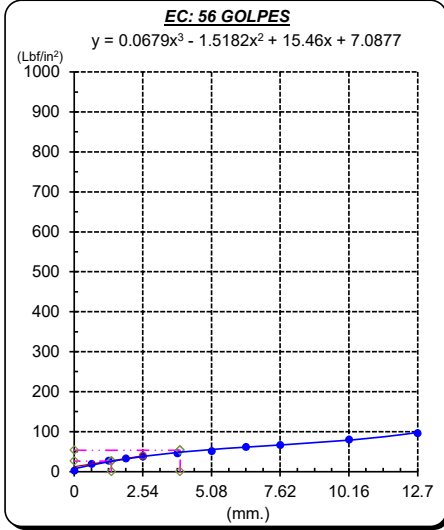
COMPACTACIÓN														
N° Molde		A-12				A-2				A-4				
N° Capa		5				5				5				
N° Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		13046		13200		11290		11490		9618		9928		
Peso de molde (g)		8910		8910		7295		7295		5918		5918		
Peso del suelo húmedo (g)		4136		4290		3995		4195		3700		4010		
Volumen del molde (cc)		2120		2120		2112		2112		2113		2113		
Densidad húmeda (g/cc)		1.951		2.024		1.892		1.986		1.751		1.898		
% de humedad		14.15		17.94		14.34		19.43		12.05		20.56		
Densidad seca (g/cc)		1.709		1.716		1.654		1.663		1.563		1.574		
HUMEDAD														
Tarro N°		-		-		-		-		-		-		
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )		310.9		310.9		4290		4290		356.5		356.5		
Tarro + Suelo seco ( gr. )		278.6		278.6		4136		4136		315.0		315.0		
Peso del Agua ( gr. )		32.3		32.3		154.0		154.0		200.0		200.0		
Peso del tarro ( gr. )		50.42		50.42		0		0		25.6		25.6		
Peso del suelo seco ( gr. )		228.2		228.2		4066.5		4066.5		289.4		289.4		
% de humedad		14.15		14.15		17.94		17.94		14.34		14.34		
Promedio de Humedad (%)		14.15		17.94		14.34		14.34		19.43		19.43		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
11/05/2025	14.3	0	0.3	0	0	0.25	0	0	0.3	0	0			
12/05/2025	14.3	24	1.2	0.030		1.8	0.045		1.3	0.033				
13/05/2025	14.3	48	2.3	0.058		3.6	0.090		2.6	0.065				
14/05/2025	14.3	72	3.5	0.088		4.6	0.115		4.6	0.115				
15/05/2025	14.3	96	5.5	0.138		5.8	0.145		6.8	0.170				
			4.57	total	3.01	4.57	total	3.18	4.57	total	3.72			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° A-12				MOLDE N° A-2				MOLDE N° A-4			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2					0	2				
0.640	0.025	0'30"	45	19					25	12				
1.270	0.050	1'00"	68	28					42	18				
1.910	0.075	1'30"	83	33					68	28				
2.540	0.100	2'00"	94	38	26.4	2.6			76	31	30.2	3.0		
3.810	0.150	3'00"	117	46					92	37				
5.080	0.200	4'00"	130	51	53.6	3.6			115	46	49.8	3.3		
6.350	0.250	5'00"	159	62					136	54				
7.620	0.300	6'00"	171	67					152	60				
10.160	0.400	8'00"	207	81					169	66				
12.700	0.500	10'00"	248	97					183	72				

Tesista : Wilson Perez Lizana  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto/Tesis : Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023  
Ubicación : Provincia de Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Mayo 2025

**Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración**

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

**GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN**



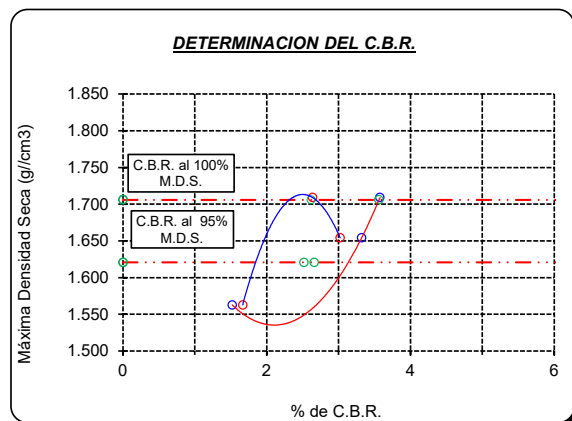
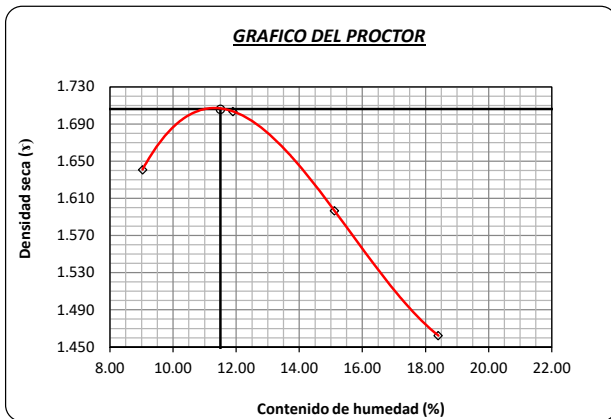
**GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.**

**DATOS DEL PROCTOR**

DENSIDAD SECA AL 100%	1.706 g./cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA AL 95%	1.621 g./cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	11.50 %

**VALOR DEL C.B.R.**

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	3 %	4 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	2.520 %	2.660 %



**Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración**  
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Wilson Perez Lizana  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto/Tesis : Evaluacion del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023  
Ubicación : Provincia de Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Mayo 2025

CALICATA : C-01  
MUESTRA : M-2

PROFUNDIDAD : 1.00 m - 2.50 m

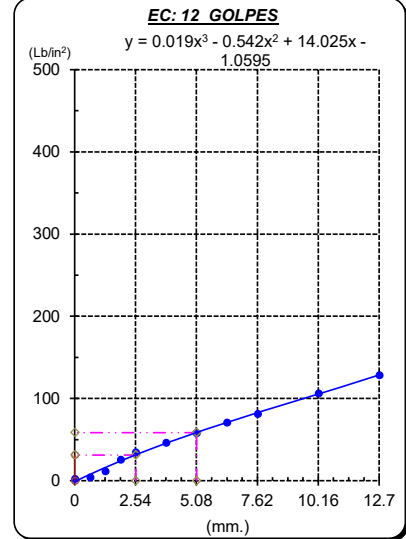
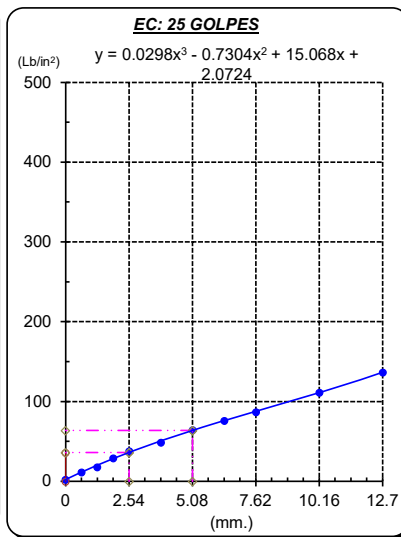
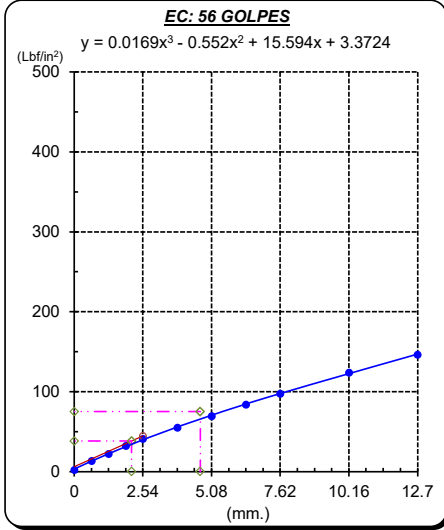
COMPACTACIÓN														
Nº Molde		A-5				A-3				A-2				
Nº Capa		5				5				5				
Nº Golpes por capa		56				25				12				
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		
Peso molde + Suelo húmedo		13090		13022		12990		13190		12820		12928		
Peso de molde (g)		8738		8738		8804		8804		8804		8804		
Peso del suelo húmedo (g)		4352		4284		4186		4386		4016		4124		
Volumen del molde (cc)		2125		2125		2112		2112		2112		2112		
Densidad húmeda (g/cc)		2.048		2.016		1.982		2.077		1.902		1.953		
% de humedad		13.21		11.62		13.91		18.77		14.63		17.37		
Densidad seca (g/cc)		1.809		1.806		1.740		1.749		1.659		1.664		
HUMEDAD														
Tarro Nº		-		-		-		-		-		-		
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )		332.5		332.5		4284		4284		312.5		312.5		
Tarro + Suelo seco ( gr. )		298.0		298.0		4352		4352		280.0		280.0		
Peso del Agua ( gr. )		34.5		34.5		-68.0		-68.0		32.5		32.5		
Peso del tarro ( gr. )		36.55		36.55		0		0		46.3		46.3		
Peso del suelo seco ( gr. )		261.5		261.5		4274.7		4274.7		233.7		233.7		
% de humedad		13.21		13.21		11.62		11.62		13.91		13.91		
Promedio de Humedad (%)		13.21		11.62		13.91		13.91		18.77		18.77		
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%			
11/05/2025	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12/05/2025	14.3	24	0.12	0.003	0.003	0.15	0.004	0.004	0.12	0.003	0.003			
13/05/2025	14.3	48	1.25	0.031	0.031	1.6	0.040	0.040	1.35	0.034	0.034			
14/05/2025	14.3	72	3.5	0.088	0.088	3.4	0.085	0.085	3.5	0.088	0.088			
15/05/2025	14.3	96	4.1	0.103	0.103	4.2	0.105	0.105	4.3	0.108	0.108			
			4.57	total	2.24	4.57	total	2.30	4.57	total	2.35			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
mm.	pulg.	Lbf/in2												
0.000	0.000	0'00"	0	2					0	2				
0.640	0.025	0'30"	30	14					25	12				
1.270	0.050	1'00"	53	22					42	18				
1.910	0.075	1'30"	80	32					72	29				
2.540	0.100	2'00"	103	41	38.3	3.8			95	38	36.1	3.6		
3.810	0.150	3'00"	140	55					123	49				
5.080	0.200	4'00"	178	70	75.1	5.0			165	65	63.7	4.2		
6.350	0.250	5'00"	215	84					195	76				
7.620	0.300	6'00"	250	97					223	87				
10.160	0.400	8'00"	318	124					286	111				
12.700	0.500	10'00"	375	146					350	137				

Tesista : Wilson Perez Lizana  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto/Tesis : Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023  
Ubicación : Provincia de Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Mayo 2025

**Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración**

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

**GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN**



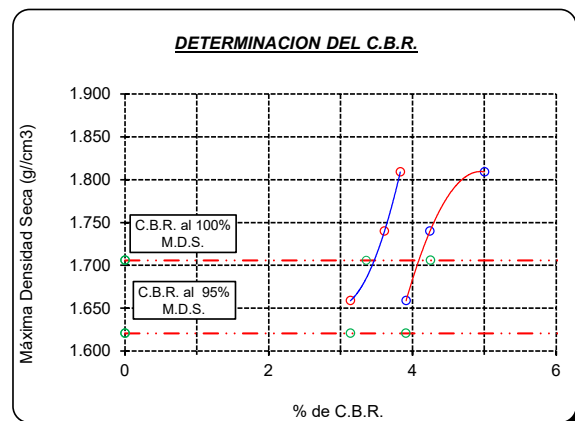
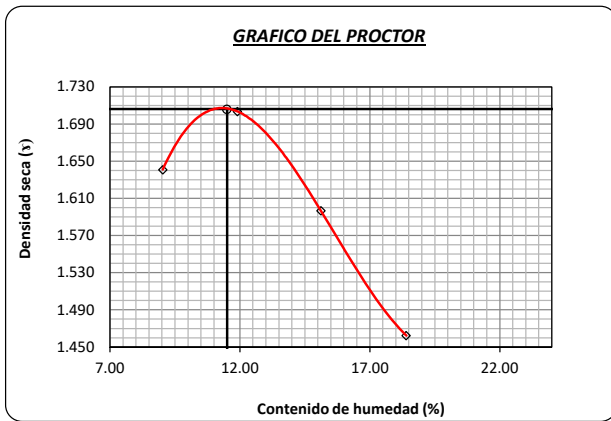
**GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.**

**DATOS DEL PROCTOR**

DENSIDAD SECA AL 100%	1.706 g./cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA AL 95%	1.621 g./cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	11.50 %

**VALOR DEL C.B.R.**

	<b>2.54 cm.</b>	<b>5.08 cm.</b>
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	3.36 %	4.25 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	3.14 %	3.91 %



**Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración**

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Wilson Perez Lizana  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto/Tesis : Evaluacion del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023  
Ubicación : Provincia de Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Mayo 2025

CALICATA : C-01

MUESTRA : M-3

PROFUNDIDAD : 1.00 m - 2.50 m

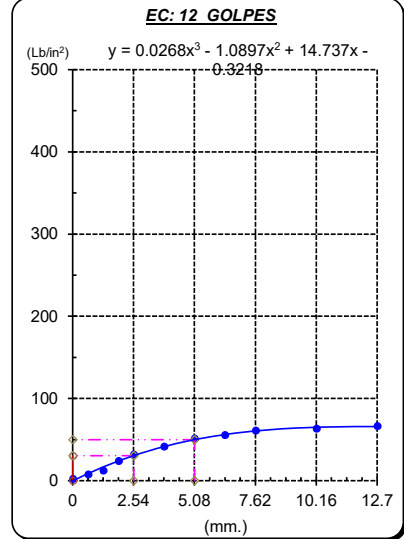
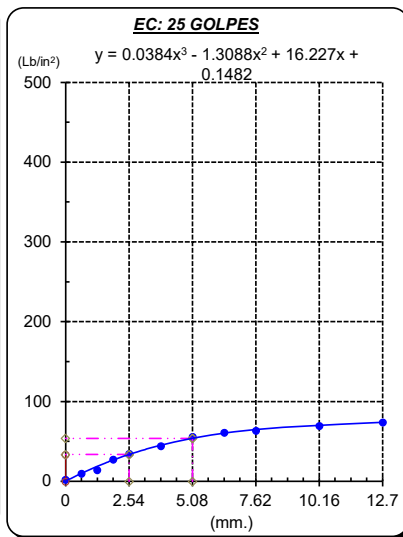
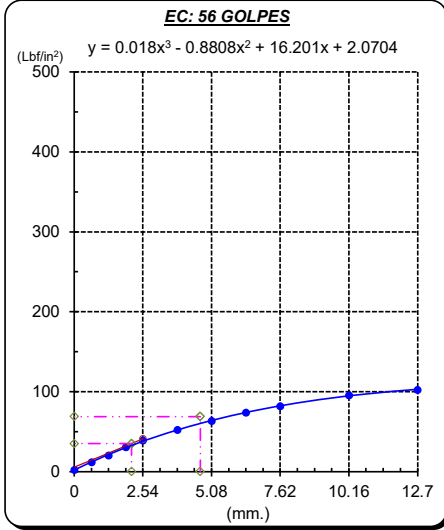
COMPACTACIÓN																
Nº Molde		A-5				A-3				A-2						
Nº Capa		5				5				5						
Nº Golpes por capa		56				25				12						
CONDICION DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado				
Peso molde + Suelo húmedo		13050		13222		12890		13090		12120		12528				
Peso de molde (g)		8621		8621		8804		8804		8453		8453				
Peso del suelo húmedo (g)		4429		4601		4086		4286		3667		4075				
Volumen del molde (cc)		2120		2120		2112		2112		2113		2113				
Densidad húmeda (g/cc)		2.089		2.170		1.935		2.029		1.735		1.929				
% de humedad		12.68		16.64		13.68		18.66		14.09		25.39				
Densidad seca (g/cc)		1.854		1.861		1.702		1.710		1.521		1.538				
HUMEDAD																
Tarro Nº		-		-		-		-		-		-				
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )		236.5		236.5		4601		4601		275.6		275.6				
Tarro + Suelo seco ( gr. )		214.0		214.0		4429		4429		248.0		248.0				
Peso del Agua ( gr. )		22.5		22.5		172.0		172.0		27.6		27.6				
Peso del tarro ( gr. )		36.55		36.55		0		0		46.3		46.3				
Peso del suelo seco ( gr. )		177.5		177.5		4348.4		4348.4		201.7		201.7				
% de humedad		12.68		12.68		16.64		16.64		13.68		13.68				
Promedio de Humedad (%)		12.68		16.64		13.68		18.66		14.09		25.39				
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
11/05/2025	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
12/05/2025	14.3	24	0.13	0.003	0.003	0.1	0.003	0.003	0.5	0.013	0.013					
13/05/2025	14.3	48	2.5	0.063	0.063	2.6	0.065	0.065	2.5	0.063	0.063					
14/05/2025	14.3	72	4.5	0.113	0.113	4.5	0.113	0.113	4.8	0.120	0.120					
15/05/2025	14.3	96	5.6	0.140	0.140	6.5	0.163	0.163	6.8	0.170	0.170					
			4.57	total	3.07	4.57	total	3.56	4.57	total	3.72					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-5				MOLDE Nº A-3				MOLDE Nº A-2					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%		
mm.	pulg.	Lbf/in2														
0.000	0.000	0'00"	0	2					0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	25	12					20	10			15	8		
1.270	0.050	1'00"	48	20					32	14			27	12		
1.910	0.075	1'30"	75	30					67	27			58	24		
2.540	0.100	2'00"	1000	39	35.1	3.5			86	35	33.6	3.4	79	32	30.5	3.1
3.810	0.150	3'00"		52					112	44			105	42		
5.080	0.200	4'00"	1500	63	68.9	4.6			142	56	53.8	3.6	130	51	49.9	3.3
6.350	0.250	5'00"		74					156	61			142	56		
7.620	0.300	6'00"		82					162	63			156	61		
10.160	0.400	8'00"		95					178	70			162	63		
12.700	0.500	10'00"		102					190	74			170	67		

Tesista : Wilson Perez Lizana  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto/Tesis : Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023  
Ubicación : Provincia de Chiclayo, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de Mayo 2025

**Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración**

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

**GRAFICO CARGA - PENETRACIÓN**



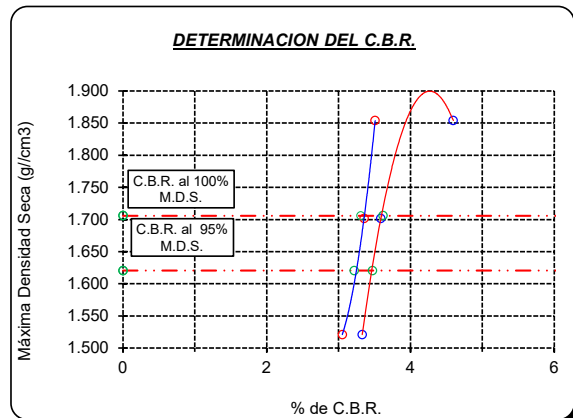
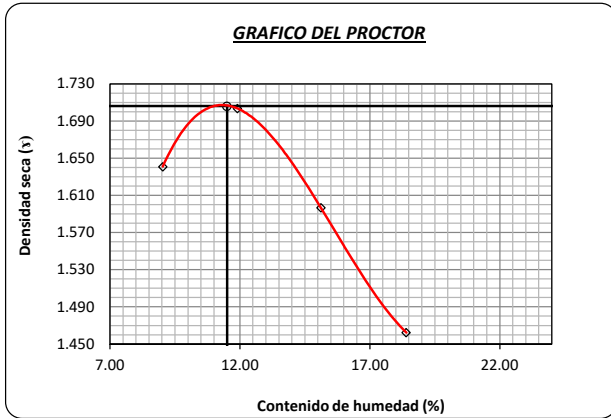
**GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.**

**DATOS DEL PROCTOR**

DENSIDAD SECA AL 100%	1.706 g./cm <sup>3</sup>
DENSIDAD SECA AL 95%	1.621 g./cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	11.50 %

**VALOR DEL C.B.R.**

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	3.31 %	3.62 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	3.22 %	3.47 %

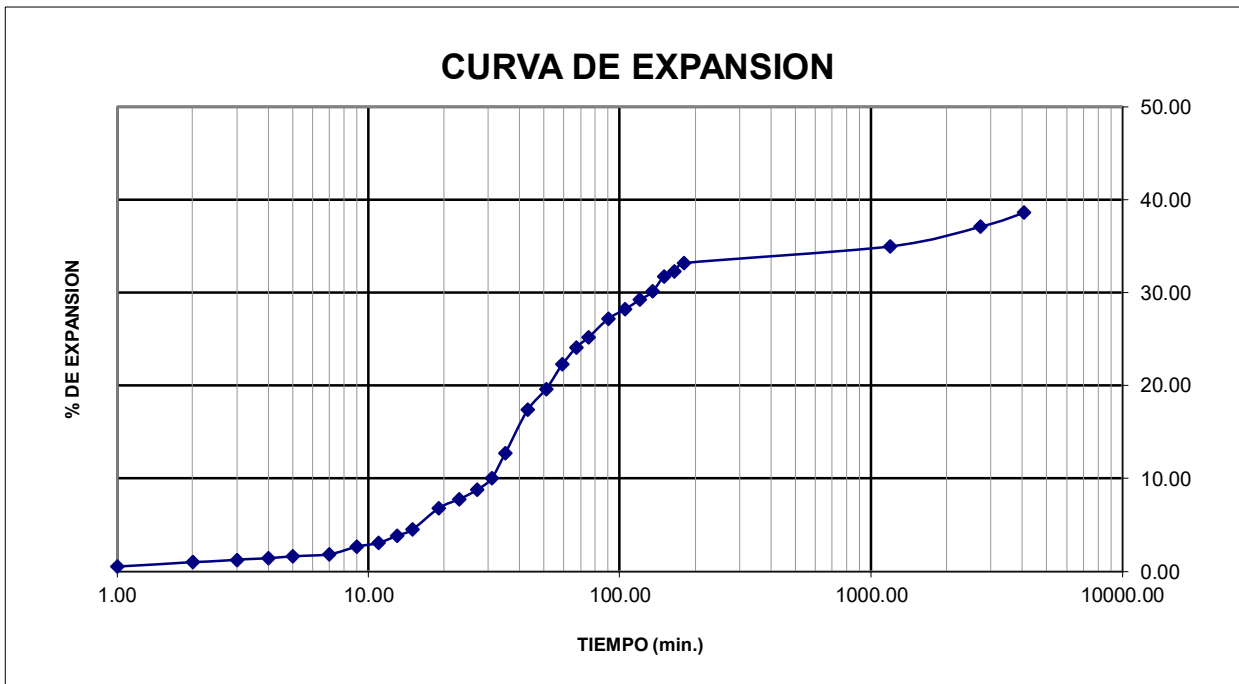


Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo 17 noviembre del 2024

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



OBSERVACIONES :

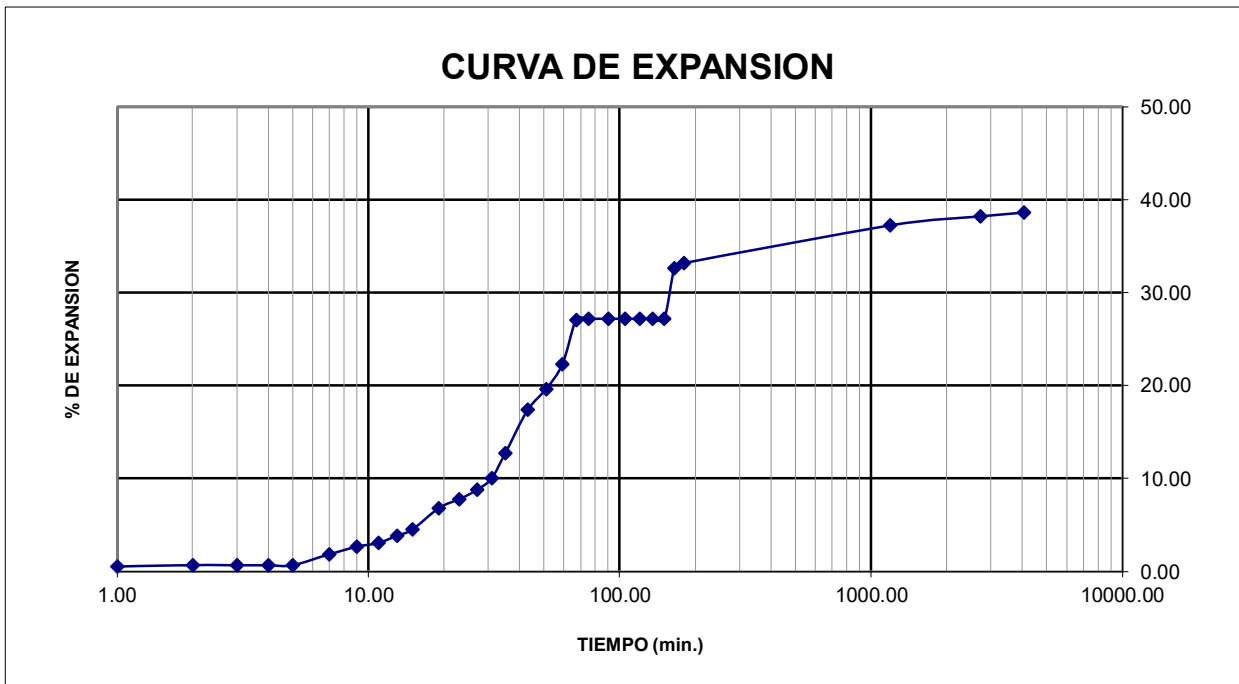
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo 17 noviembre del 2024

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

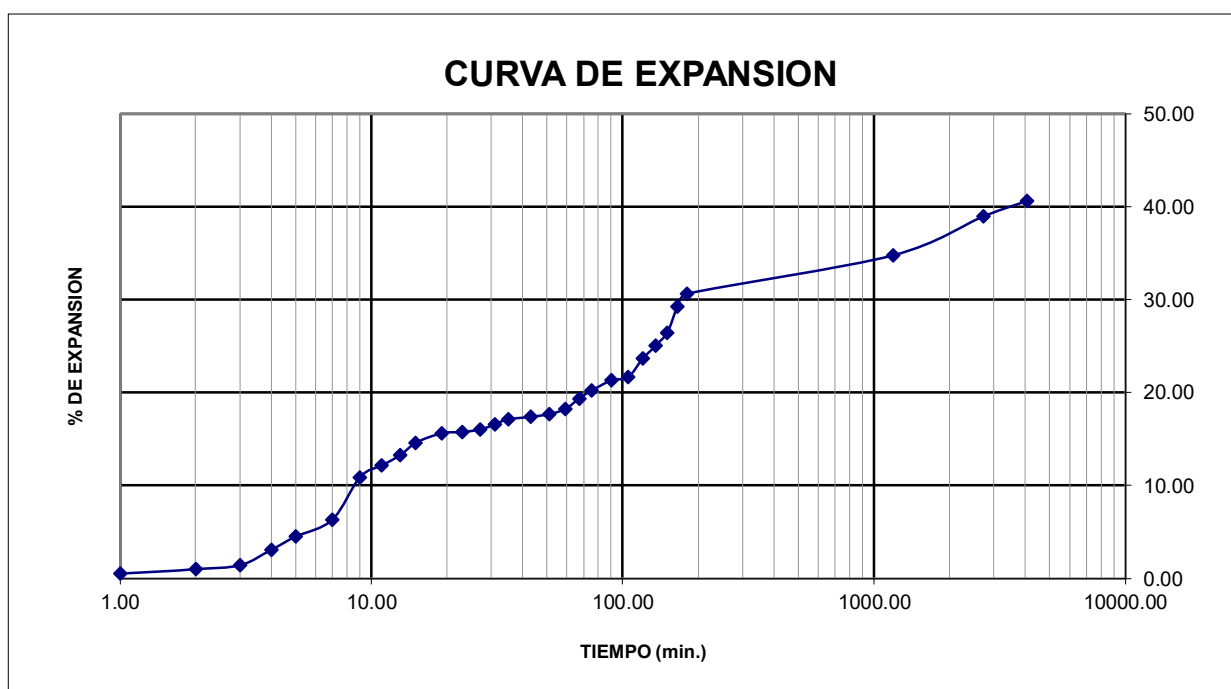
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : Chiclayo 17 noviembre del 2024

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-3  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

**ENSAYOS  
PARA  
SUELO  
CON  
ADITIVO**

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 24/11/2024

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-1 - 0.5%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

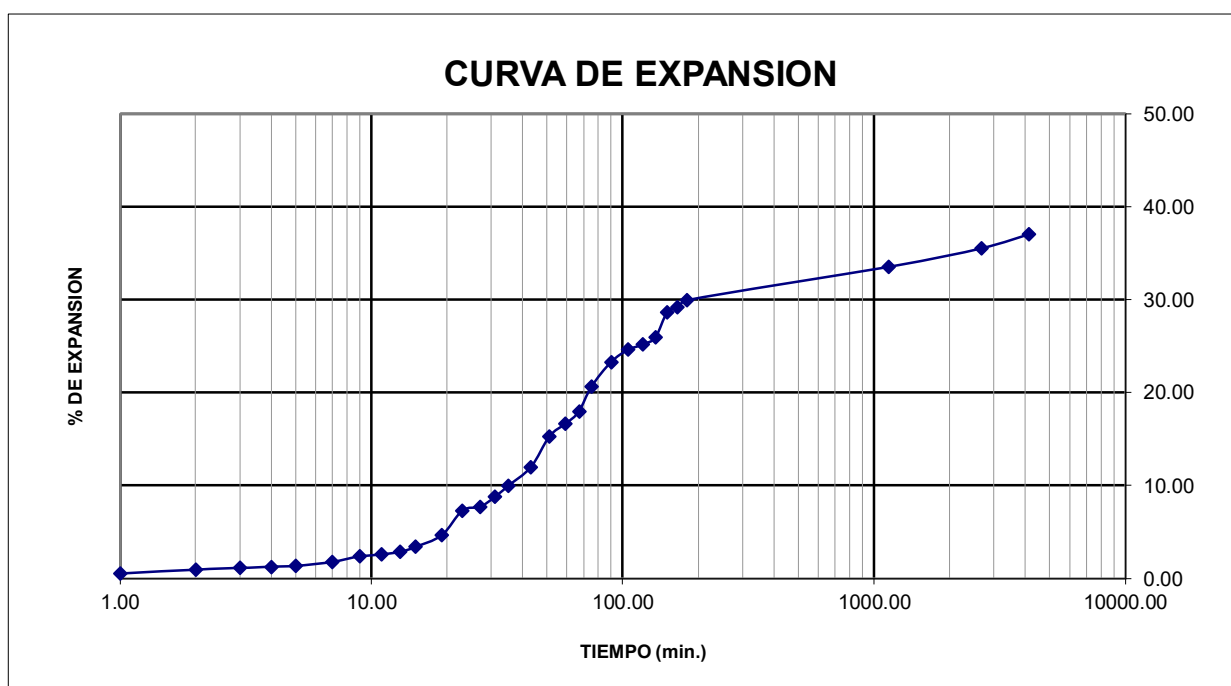
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.21			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.17		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	35.65			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	68.88		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
21/11/24	11:20	0.000	0.000	0.0	22/11/24	07:38	2.520	33.555	1143
1'	11:21	0.040	0.533	1	23/11/2024	09:14	2.670	35.553	2679
	11:22	0.072	0.959	2	24/11/2024	09:15	2.780	37.017	4120
	11:23	0.085	1.132	3					
	11:24	0.095	1.265	4					
	11:25	0.102	1.358	5					
2'	11:27	0.136	1.811	7					
	11:29	0.178	2.370	9					
	11:31	0.195	2.597	11					
	11:33	0.218	2.903	13					
	11:35	0.256	3.409	15					
4'	11:39	0.350	4.660	19					
	11:43	0.550	7.324	23					
	11:47	0.580	7.723	27					
	11:51	0.660	8.788	31					
	11:55	0.750	9.987	35					
8'	12:03	0.900	11.984	43					
	12:11	1.150	15.313	51					
	12:19	1.250	16.644	59					
	12:27	1.350	17.976	67					
	12:35	1.550	20.639	75					
15'	12:50	1.750	23.302	90					
	13:05	1.850	24.634	105					
	13:20	1.890	25.166	120					
	13:35	1.950	25.965	135					
	13:50	2.150	28.628	150					
30'	14:20	2.190	29.161	165					
	14:50	2.250	29.960	180					
	15:20	2.260	30.0932	195					
	15:50	2.280	30.3595	210					
	16:20	2.410	32.0905	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 24/11/2024

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 16/01/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1 - 1.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

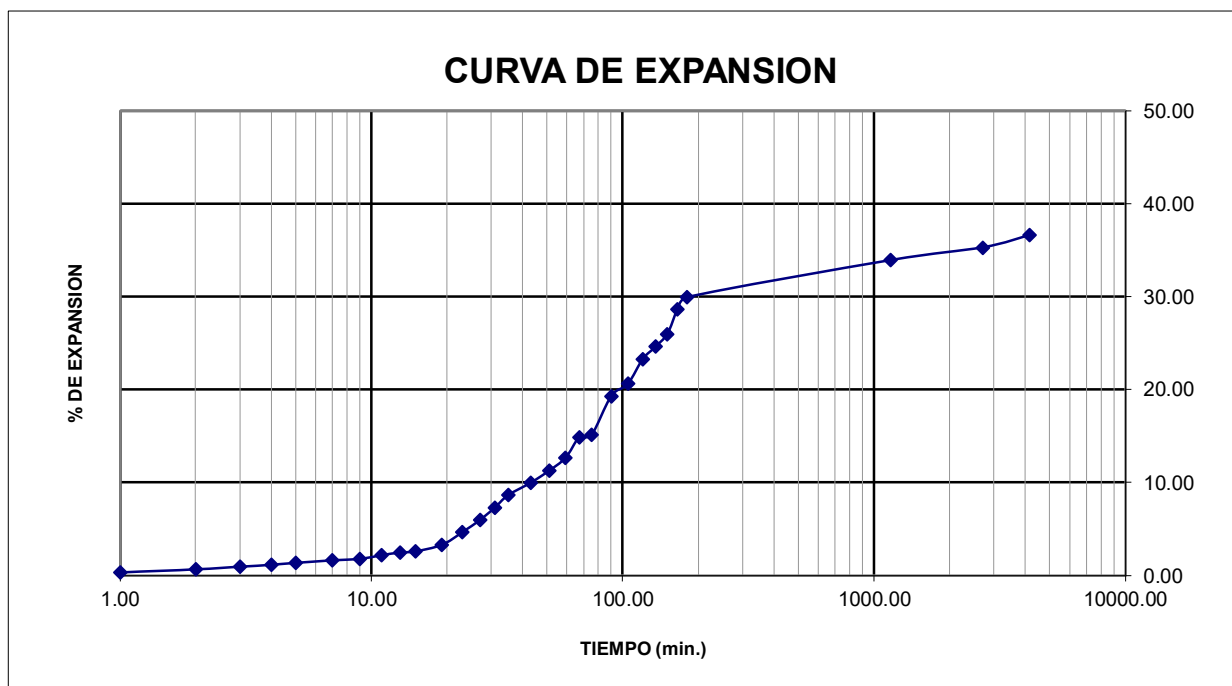
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.21			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.17		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	35.65			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	68.88		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
13/01/25	11:00	0.000	0.000	0.0	14/01/25	07:38	2.550	33.955	1163
1'	11:01	0.025	0.333	1	15/01/2025	09:14	2.650	35.286	2699
	11:02	0.050	0.666	2	16/01/2025	09:15	2.750	36.618	4140
	11:03	0.070	0.932	3					
	11:04	0.085	1.132	4					
	11:05	0.102	1.358	5					
2'	11:07	0.125	1.664	7					
	11:09	0.136	1.811	9					
	11:11	0.165	2.197	11					
	11:13	0.185	2.463	13					
4'	11:15	0.195	2.597	15					
	11:19	0.250	3.329	19					
	11:23	0.350	4.660	23					
	11:27	0.450	5.992	27					
	11:31	0.550	7.324	31					
8'	11:35	0.650	8.655	35					
	11:43	0.750	9.987	43					
	11:51	0.850	11.318	51					
	11:59	0.950	12.650	59					
	12:07	1.115	14.847	67					
15'	12:15	1.135	15.113	75					
	12:30	1.450	19.308	90					
	12:45	1.550	20.639	105					
	13:00	1.750	23.302	120					
	13:15	1.850	24.634	135					
30'	13:30	1.950	25.965	150					
	14:00	2.150	28.628	165					
	14:30	2.250	29.960	180					
	15:00	2.350	31.2916	195					
	15:30	2.450	32.6232	210					
	16:00	2.550	33.9547	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 16/01/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 30/01/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-1 - 2.0%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

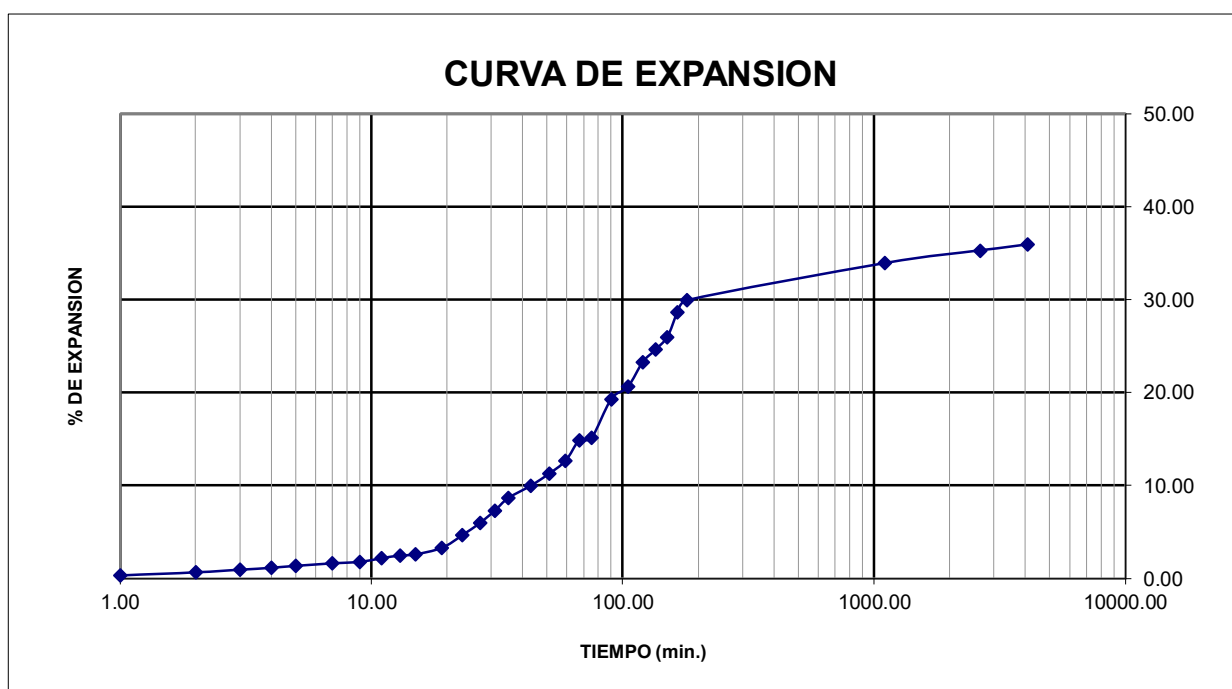
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.35			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.45		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	77.45			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.77		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	31.43			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	74.00		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
27/01/25	12:00	0.000	0.000	0.0	28/01/25	07:38	2.550	33.955	1103
1'	12:01	0.025	0.333	1	29/01/2025	09:14	2.650	35.286	2639
	12:02	0.050	0.666	2	30/01/2025	09:15	2.700	35.952	4080
	12:03	0.070	0.932	3					
	12:04	0.085	1.132	4					
	12:05	0.102	1.358	5					
2'	12:07	0.125	1.664	7					
	12:09	0.136	1.811	9					
	12:11	0.165	2.197	11					
	12:13	0.185	2.463	13					
4'	12:15	0.195	2.597	15					
	12:19	0.250	3.329	19					
	12:23	0.350	4.660	23					
	12:27	0.450	5.992	27					
	12:31	0.550	7.324	31					
8'	12:35	0.650	8.655	35					
	12:43	0.750	9.987	43					
	12:51	0.850	11.318	51					
	12:59	0.950	12.650	59					
	13:07	1.115	14.847	67					
15'	13:15	1.135	15.113	75					
	13:30	1.450	19.308	90					
	13:45	1.550	20.639	105					
	14:00	1.750	23.302	120					
	14:15	1.850	24.634	135					
30'	14:30	1.950	25.965	150					
	15:00	2.150	28.628	165					
	15:30	2.250	29.960	180					
	16:00	2.350	31.2916	195					
	16:30	2.450	32.6232	210					
	17:00	2.550	33.9547	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 30/01/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 19/02/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1 - 3.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

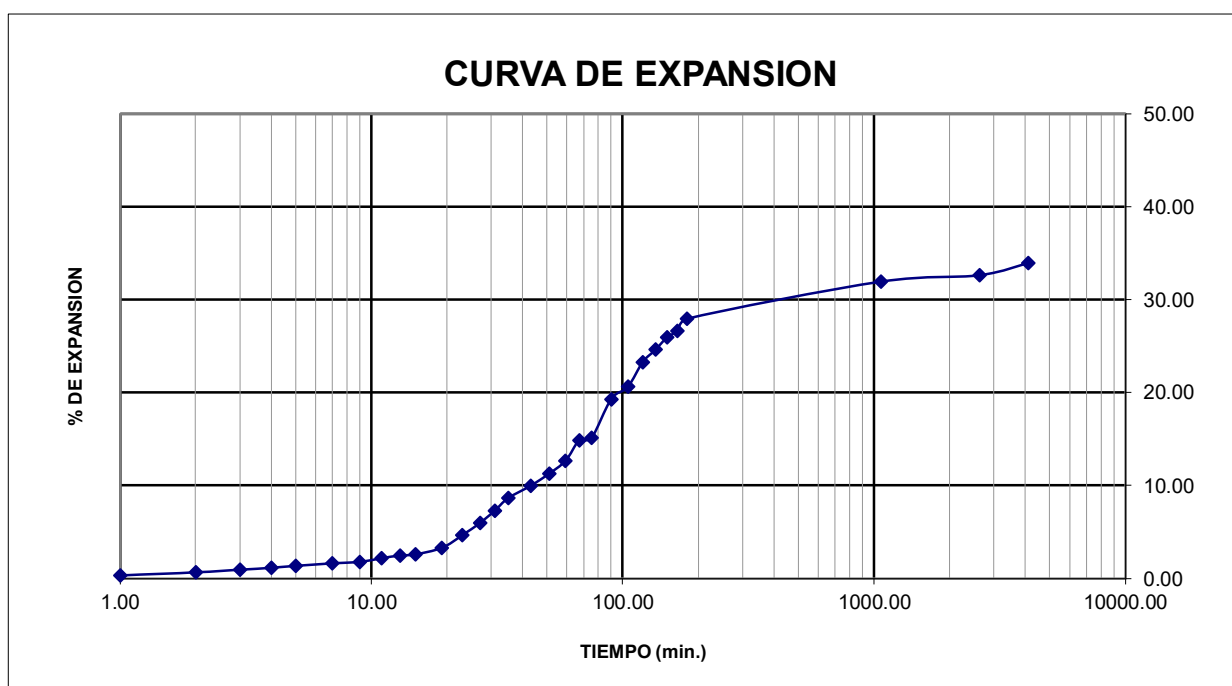
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.07			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.99		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	77.42			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.25		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	29.48			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	86.89		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
16/02/25	12:00	0.000	0.000	0.0	17/02/25	07:00	2.400	31.957	1065
1'	12:01	0.025	0.333	1	18/02/2025	09:00	2.450	32.623	2625
	12:02	0.050	0.666	2	19/02/2025	09:30	2.550	33.955	4095
	12:03	0.070	0.932	3					
	12:04	0.085	1.132	4					
	12:05	0.102	1.358	5					
2'	12:07	0.125	1.664	7					
	12:09	0.136	1.811	9					
	12:11	0.165	2.197	11					
	12:13	0.185	2.463	13					
4'	12:15	0.195	2.597	15					
	12:19	0.250	3.329	19					
	12:23	0.350	4.660	23					
	12:27	0.450	5.992	27					
8'	12:31	0.550	7.324	31					
	12:35	0.650	8.655	35					
	12:43	0.750	9.987	43					
	12:51	0.850	11.318	51					
15'	12:59	0.950	12.650	59					
	13:07	1.115	14.847	67					
	13:15	1.135	15.113	75					
	13:30	1.450	19.308	90					
30'	13:45	1.550	20.639	105					
	14:00	1.750	23.302	120					
	14:15	1.850	24.634	135					
	14:30	1.950	25.965	150					
30'	15:00	2.000	26.631	165					
	15:30	2.100	27.963	180					
	16:00	2.150	28.6285	195					
	16:30	2.250	29.9601	210					
	17:00	2.350	31.2916	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 19/02/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1 - 3.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 09/03/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1 - 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

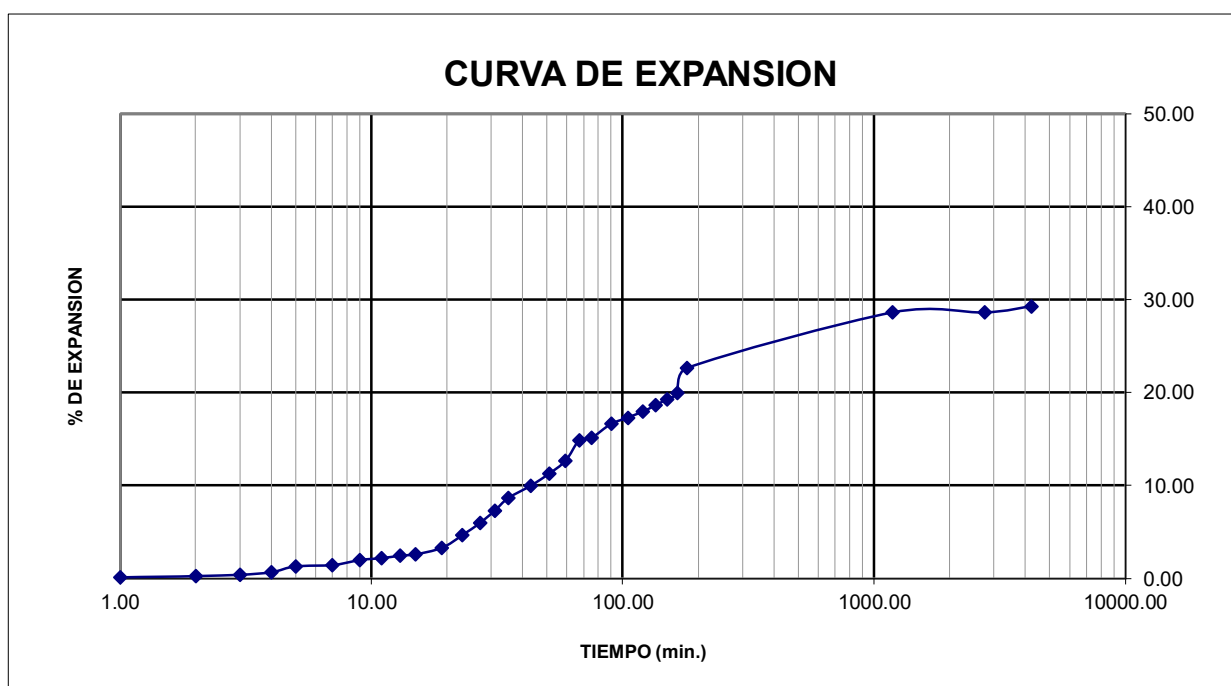
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	80.05			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.95		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	78.052			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	80.01		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	15.36			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	39.68		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
06/03/25	10:00	0.000	0.000	0.0	07/03/25	07:00	2.150	28.628	1185
1'	10:01	0.010	0.133	1	08/03/2025	09:00	2.150	28.628	2745
	10:02	0.020	0.266	2	09/03/2025	09:30	2.200	29.294	4215
	10:03	0.030	0.399	3					
	10:04	0.050	0.666	4					
	10:05	0.100	1.332	5					
2'	10:07	0.110	1.465	7					
	10:09	0.150	1.997	9					
	10:11	0.165	2.197	11					
	10:13	0.185	2.463	13					
4'	10:15	0.195	2.597	15					
	10:19	0.250	3.329	19					
	10:23	0.350	4.660	23					
	10:27	0.450	5.992	27					
	10:31	0.550	7.324	31					
8'	10:35	0.650	8.655	35					
	10:43	0.750	9.987	43					
	10:51	0.850	11.318	51					
	10:59	0.950	12.650	59					
	11:07	1.115	14.847	67					
15'	11:15	1.135	15.113	75					
	11:30	1.250	16.644	90					
	11:45	1.300	17.310	105					
	12:00	1.350	17.976	120					
	12:15	1.400	18.642	135					
30'	12:30	1.450	19.308	150					
	13:00	1.500	19.973	165					
	13:30	1.700	22.636	180					
	14:00	1.800	23.9680	195					
	14:30	1.900	25.2996	210					
	15:00	2.100	27.9627	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 09/03/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1 - 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 25/11/2024

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-2 - 0.5%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

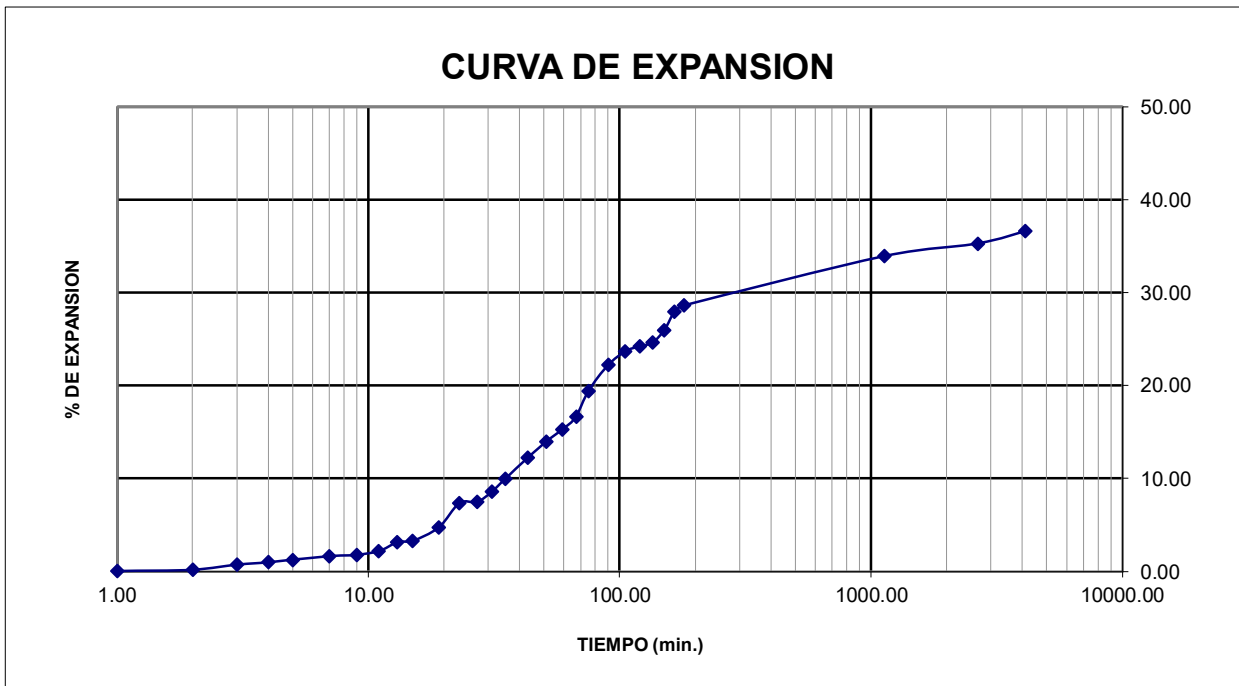
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.21			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.17		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	35.65			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	68.88		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
22/11/24	11:35	0.000	0.000	0.0	23/11/24	07:38	2.550	33.955	1128
1'	11:36	0.005	0.067	1	24/11/2024	09:14	2.650	35.286	2664
	11:37	0.015	0.200	2	25/11/2024	09:15	2.750	36.618	4105
	11:38	0.055	0.732	3					
	11:39	0.075	0.999	4					
	11:40	0.095	1.265	5					
2'	11:42	0.125	1.664	7					
	11:44	0.135	1.798	9					
	11:46	0.165	2.197	11					
	11:48	0.236	3.142	13					
	11:50	0.250	3.329	15					
4'	11:54	0.356	4.740	19					
	11:58	0.552	7.350	23					
	12:02	0.562	7.483	27					
	12:06	0.648	8.628	31					
	12:10	0.750	9.987	35					
8'	12:18	0.920	12.250	43					
	12:26	1.050	13.981	51					
	12:34	1.150	15.313	59					
	12:42	1.250	16.644	67					
	12:50	1.460	19.441	75					
15'	13:05	1.670	22.237	90					
	13:20	1.780	23.702	105					
	13:35	1.820	24.234	120					
	13:50	1.850	24.634	135					
	14:05	1.950	25.965	150					
30'	14:35	2.100	27.963	165					
	15:05	2.150	28.628	180					
	15:35	2.180	29.0280	195					
	16:05	2.250	29.9601	210					
	16:35	2.350	31.2916	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 25/11/2024

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 16/01/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-2 - 1.0%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

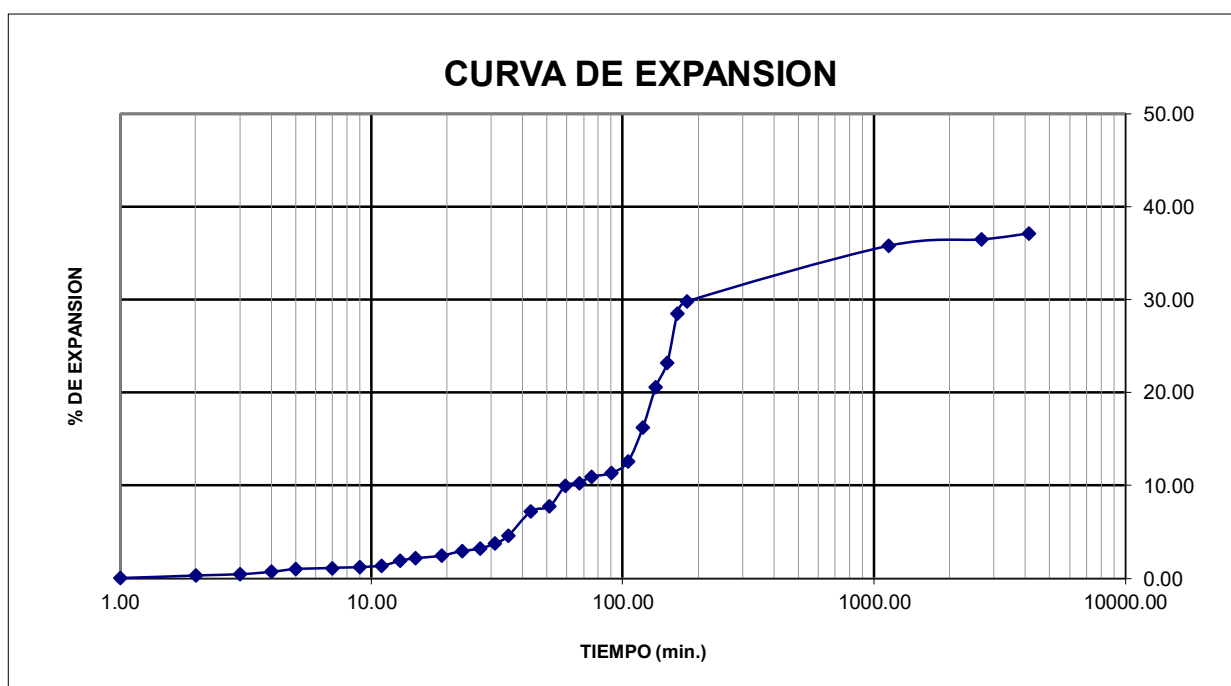
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	2			Nº ANILLO	:	2		
PESO ANILLO	:	65.42			PESO ANILLO	:	65.42		
DIAMETRO ANILLO	:	62.71			DIAMETRO ANILLO	:	62.71		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.66			DIAMETRO MUESTRA	:	62.66		
ALTURA ANILLO	:	19.9			ALTURA ANILLO	:	19.94		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.40			ALTURA EXTRAIDA	:	12.40		
ALTURA MUESTRA	:	7.54			ALTURA MUESTRA	:	7.54		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	82.22			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.19		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	77.22			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.98		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	42.37			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	71.02		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
13/01/25	11:20	0.000	0.000	0.0	14/01/25	07:38	2.700	35.809	1143
1'	11:21	0.005	0.066	1	15/01/2025	09:14	2.750	36.472	2679
	11:22	0.025	0.332	2	16/01/2025	09:15	2.800	37.135	4120
	11:23	0.035	0.464	3					
	11:24	0.055	0.729	4					
	11:25	0.075	0.995	5					
2'	11:27	0.085	1.127	7					
	11:29	0.095	1.260	9					
	11:31	0.105	1.393	11					
	11:33	0.145	1.923	13					
4'	11:35	0.165	2.188	15					
	11:39	0.185	2.454	19					
	11:43	0.225	2.984	23					
	11:47	0.245	3.249	27					
	11:51	0.285	3.780	31					
8'	11:55	0.345	4.576	35					
	12:03	0.545	7.228	43					
	12:11	0.585	7.759	51					
	12:19	0.750	9.947	59					
	12:27	0.775	10.279	67					
15'	12:35	0.825	10.942	75					
	12:50	0.855	11.340	90					
	13:05	0.950	12.599	105					
	13:20	1.225	16.247	120					
	13:35	1.550	20.557	135					
30'	13:50	1.750	23.210	150					
	14:20	2.150	28.515	165					
	14:50	2.250	29.841	180					
	15:20	2.450	32.4934	195					
	15:50	2.550	33.8196	210					
	16:20	2.650	35.1459	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 16/01/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 30/01/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-2 - 2.0%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

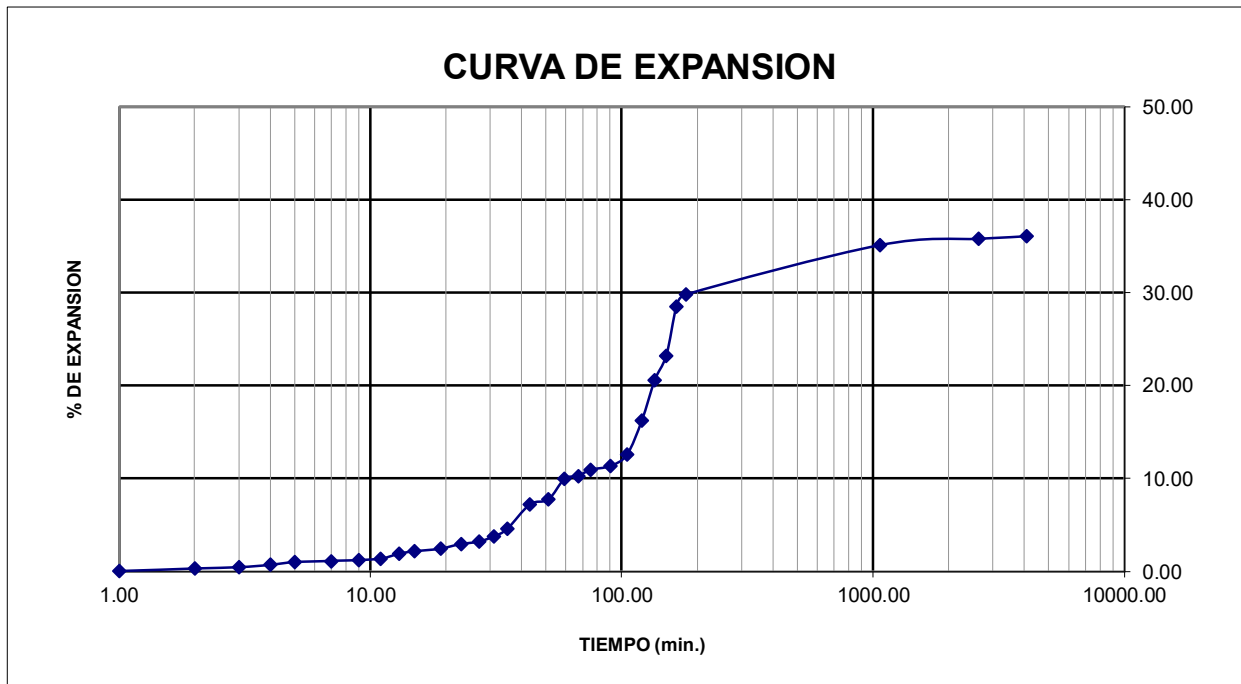
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	2			Nº ANILLO	:	2		
PESO ANILLO	:	65.42			PESO ANILLO	:	65.42		
DIAMETRO ANILLO	:	62.71			DIAMETRO ANILLO	:	62.71		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.66			DIAMETRO MUESTRA	:	62.66		
ALTURA ANILLO	:	19.9			ALTURA ANILLO	:	19.94		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.40			ALTURA EXTRAIDA	:	12.40		
ALTURA MUESTRA	:	7.54			ALTURA MUESTRA	:	7.54		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	82.22			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.19		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	77.22			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.98		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	42.37			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	71.02		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
27/01/25	12:00	0.000	0.000	0.0	28/01/25	07:00	2.650	35.146	1065
1'	12:01	0.005	0.066	1	29/01/2025	09:00	2.700	35.809	2625
	12:02	0.025	0.332	2	30/01/2025	09:15	2.720	36.074	4080
	12:03	0.035	0.464	3					
	12:04	0.055	0.729	4					
	12:05	0.075	0.995	5					
2'	12:07	0.085	1.127	7					
	12:09	0.095	1.260	9					
	12:11	0.105	1.393	11					
	12:13	0.145	1.923	13					
4'	12:15	0.165	2.188	15					
	12:19	0.185	2.454	19					
	12:23	0.225	2.984	23					
	12:27	0.245	3.249	27					
	12:31	0.285	3.780	31					
8'	12:35	0.345	4.576	35					
	12:43	0.545	7.228	43					
	12:51	0.585	7.759	51					
	12:59	0.750	9.947	59					
	13:07	0.775	10.279	67					
15'	13:15	0.825	10.942	75					
	13:30	0.855	11.340	90					
	13:45	0.950	12.599	105					
	14:00	1.225	16.247	120					
	14:15	1.550	20.557	135					
30'	14:30	1.750	23.210	150					
	15:00	2.150	28.515	165					
	15:30	2.250	29.841	180					
	16:00	2.450	32.4934	195					
	16:30	2.550	33.8196	210					
	17:00	2.650	35.1459	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 30/01/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 19/02/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-2 - 3.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

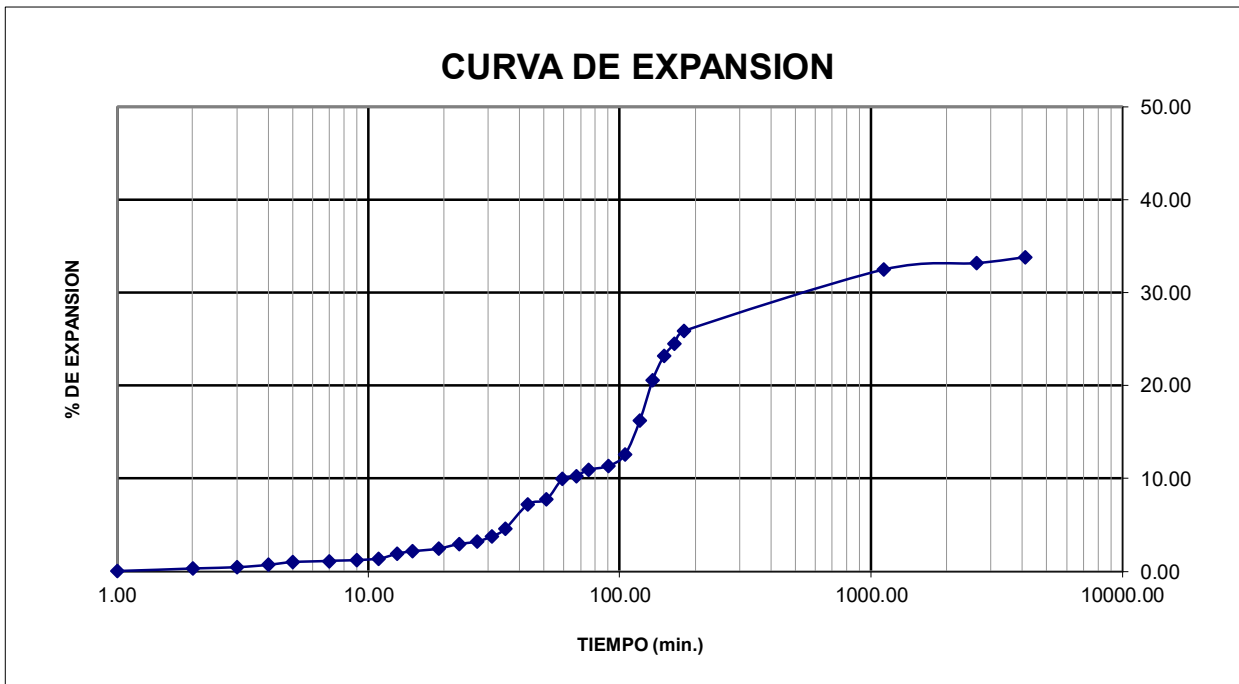
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	2			Nº ANILLO	:	2		
PESO ANILLO	:	65.42			PESO ANILLO	:	65.42		
DIAMETRO ANILLO	:	62.71			DIAMETRO ANILLO	:	62.71		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.66			DIAMETRO MUESTRA	:	62.66		
ALTURA ANILLO	:	19.9			ALTURA ANILLO	:	19.94		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.40			ALTURA EXTRAIDA	:	12.40		
ALTURA MUESTRA	:	7.54			ALTURA MUESTRA	:	7.54		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	82.55			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	86.15		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.15			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.55		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	59.65			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	86.25		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
16/02/25	12:00	0.000	0.000	0.0	17/02/25	08:00	2.450	32.493	1125
1'	12:01	0.005	0.066	1	18/02/2025	09:00	2.500	33.156	2625
	12:02	0.025	0.332	2	19/02/2025	09:30	2.550	33.820	4095
	12:03	0.035	0.464	3					
	12:04	0.055	0.729	4					
	12:05	0.075	0.995	5					
2'	12:07	0.085	1.127	7					
	12:09	0.095	1.260	9					
	12:11	0.105	1.393	11					
	12:13	0.145	1.923	13					
4'	12:15	0.165	2.188	15					
	12:19	0.185	2.454	19					
	12:23	0.225	2.984	23					
	12:27	0.245	3.249	27					
8'	12:31	0.285	3.780	31					
	12:35	0.345	4.576	35					
	12:43	0.545	7.228	43					
	12:51	0.585	7.759	51					
15'	12:59	0.750	9.947	59					
	13:07	0.775	10.279	67					
	13:15	0.825	10.942	75					
	13:30	0.855	11.340	90					
30'	13:45	0.950	12.599	105					
	14:00	1.225	16.247	120					
	14:15	1.550	20.557	135					
	14:30	1.750	23.210	150					
30'	15:00	1.850	24.536	165					
	15:30	1.950	25.862	180					
	16:00	2.000	26.5252	195					
	16:30	2.150	28.5146	210					
	17:00	2.200	29.1777	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 19/02/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-2 - 3.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
 Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 09/03/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
 REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
 Muestra : M-2 - 4.0%  
 Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

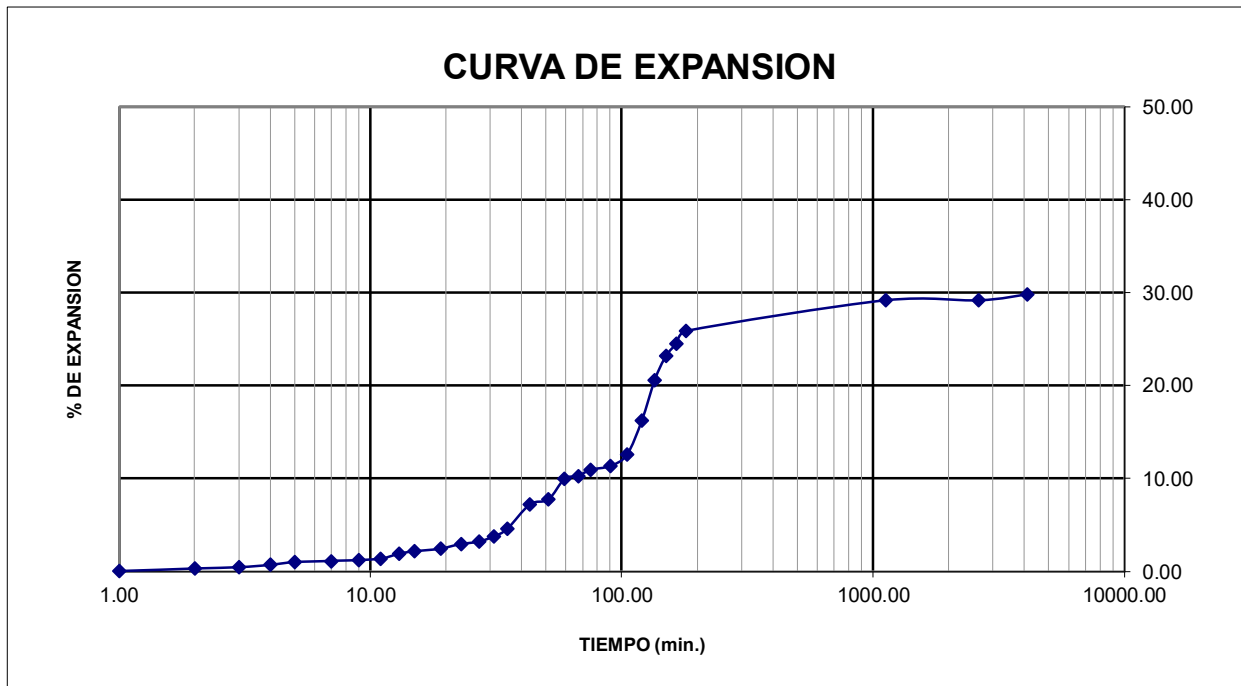
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	2			Nº ANILLO	:	2		
PESO ANILLO	:	65.42			PESO ANILLO	:	65.42		
DIAMETRO ANILLO	:	62.71			DIAMETRO ANILLO	:	62.71		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.66			DIAMETRO MUESTRA	:	62.66		
ALTURA ANILLO	:	19.9			ALTURA ANILLO	:	19.94		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.40			ALTURA EXTRAIDA	:	12.40		
ALTURA MUESTRA	:	7.54			ALTURA MUESTRA	:	7.54		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.52			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	87.16		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	78.15			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	79.15		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	26.47			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	58.34		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
06/03/25	12:00	0.000	0.000	0.0	07/03/25	08:00	2.200	29.178	1125
1'	12:01	0.005	0.066	1	08/03/2025	09:00	2.200	29.178	2625
	12:02	0.025	0.332	2	09/03/2025	09:30	2.250	29.841	4095
	12:03	0.035	0.464	3					
	12:04	0.055	0.729	4					
	12:05	0.075	0.995	5					
2'	12:07	0.085	1.127	7					
	12:09	0.095	1.260	9					
	12:11	0.105	1.393	11					
	12:13	0.145	1.923	13					
4'	12:15	0.165	2.188	15					
	12:19	0.185	2.454	19					
	12:23	0.225	2.984	23					
	12:27	0.245	3.249	27					
	12:31	0.285	3.780	31					
8'	12:35	0.345	4.576	35					
	12:43	0.545	7.228	43					
	12:51	0.585	7.759	51					
	12:59	0.750	9.947	59					
	13:07	0.775	10.279	67					
15'	13:15	0.825	10.942	75					
	13:30	0.855	11.340	90					
	13:45	0.950	12.599	105					
	14:00	1.225	16.247	120					
	14:15	1.550	20.557	135					
30'	14:30	1.750	23.210	150					
	15:00	1.850	24.536	165					
	15:30	1.950	25.862	180					
	16:00	2.050	27.1883	195					
	16:30	2.100	27.8515	210					
	17:00	2.150	28.5146	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 09/03/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-2 - 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 25/11/2024

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-3 - 0.5%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

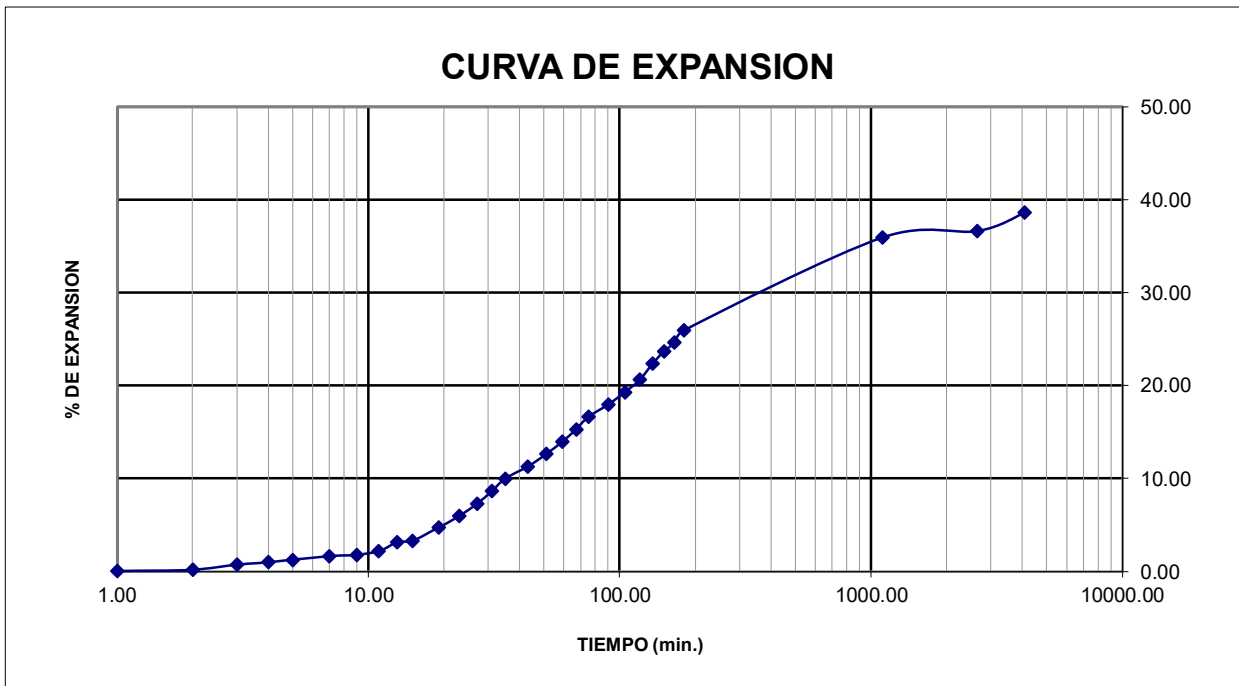
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.21			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.17		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	35.65			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	68.88		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
22/11/24	11:55	0.000	0.000	0.0	23/11/24	07:38	2.700	35.952	1108
1'	11:56	0.005	0.067	1	24/11/2024	09:14	2.750	36.618	2644
	11:57	0.015	0.200	2	25/11/2024	09:15	2.900	38.615	4085
	11:58	0.055	0.732	3					
	11:59	0.075	0.999	4					
	12:00	0.095	1.265	5					
2'	12:02	0.125	1.664	7					
	12:04	0.135	1.798	9					
	12:06	0.165	2.197	11					
	12:08	0.236	3.142	13					
	12:10	0.250	3.329	15					
4'	12:14	0.356	4.740	19					
	12:18	0.450	5.992	23					
	12:22	0.550	7.324	27					
	12:26	0.650	8.655	31					
	12:30	0.750	9.987	35					
8'	12:38	0.850	11.318	43					
	12:46	0.950	12.650	51					
	12:54	1.050	13.981	59					
	13:02	1.150	15.313	67					
	13:10	1.250	16.644	75					
15'	13:25	1.350	17.976	90					
	13:40	1.450	19.308	105					
	13:55	1.550	20.639	120					
	14:10	1.680	22.370	135					
	14:25	1.780	23.702	150					
30'	14:55	1.850	24.634	165					
	15:25	1.950	25.965	180					
	15:55	2.150	28.6285	195					
	16:25	2.250	29.9601	210					
	16:55	2.350	31.2916	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 25/11/2024

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 16/01/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-3 - 1.0%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

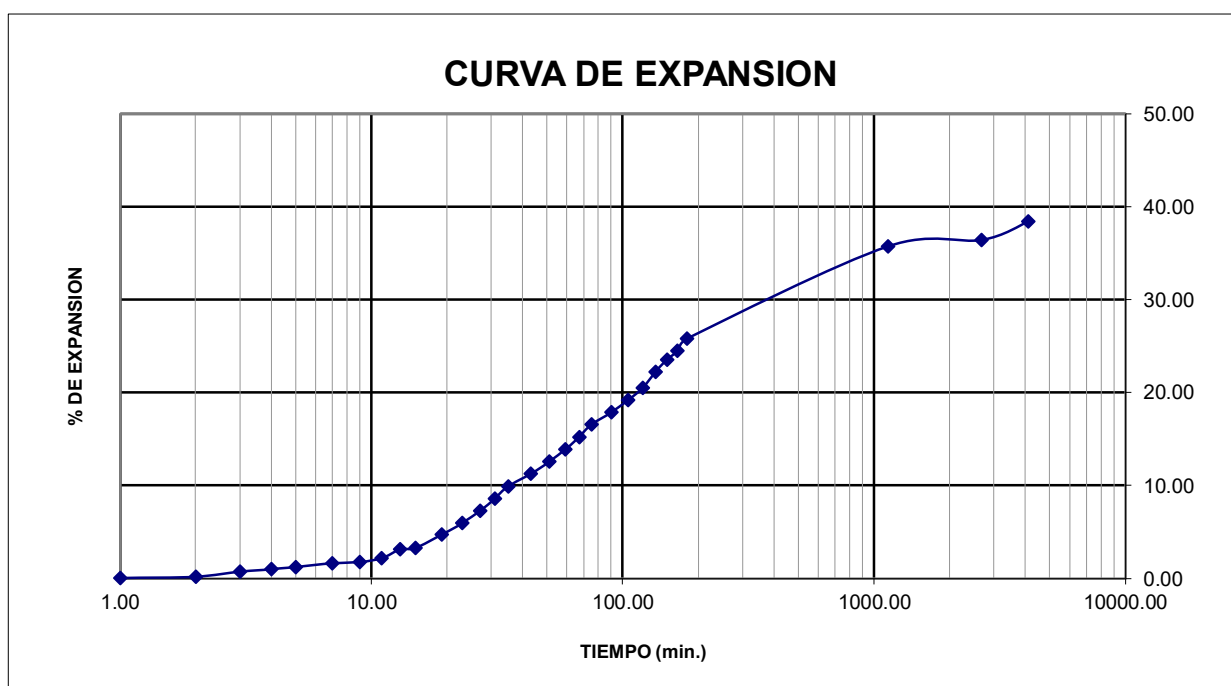
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	3			Nº ANILLO	:	3		
PESO ANILLO	:	121.28			PESO ANILLO	:	121.28		
DIAMETRO ANILLO	:	50.45			DIAMETRO ANILLO	:	50.45		
DIAMETRO MUESTRA	:	50.36			DIAMETRO MUESTRA	:	50.36		
ALTURA ANILLO	:	22.2			ALTURA ANILLO	:	22.17		
ALTURA EXTRAIDA	:	14.62			ALTURA EXTRAIDA	:	14.62		
ALTURA MUESTRA	:	7.55			ALTURA MUESTRA	:	7.55		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	198.16			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	198.28		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	183.57			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	175.18		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	23.42			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	42.86		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
13/01/25	11:30	0.000	0.000	0.0	14/01/25	07:38	2.700	35.762	1133
1'	11:31	0.005	0.066	1	15/01/2025	09:14	2.750	36.424	2669
	11:32	0.015	0.199	2	16/01/2025	09:15	2.900	38.411	4110
	11:33	0.055	0.728	3					
	11:34	0.075	0.993	4					
	11:35	0.095	1.258	5					
2'	11:37	0.125	1.656	7					
	11:39	0.135	1.788	9					
	11:41	0.165	2.185	11					
	11:43	0.236	3.126	13					
4'	11:45	0.250	3.311	15					
	11:49	0.356	4.715	19					
	11:53	0.450	5.960	23					
	11:57	0.550	7.285	27					
	12:01	0.650	8.609	31					
8'	12:05	0.750	9.934	35					
	12:13	0.850	11.258	43					
	12:21	0.950	12.583	51					
	12:29	1.050	13.907	59					
	12:37	1.150	15.232	67					
15'	12:45	1.250	16.556	75					
	13:00	1.350	17.881	90					
	13:15	1.450	19.205	105					
	13:30	1.550	20.530	120					
	13:45	1.680	22.252	135					
30'	14:00	1.780	23.576	150					
	14:30	1.850	24.503	165					
	15:00	1.950	25.828	180					
	15:30	2.150	28.4768	195					
	16:00	2.250	29.8013	210					
	16:30	2.350	31.1258	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 16/01/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 30/01/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-3 - 2.0%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

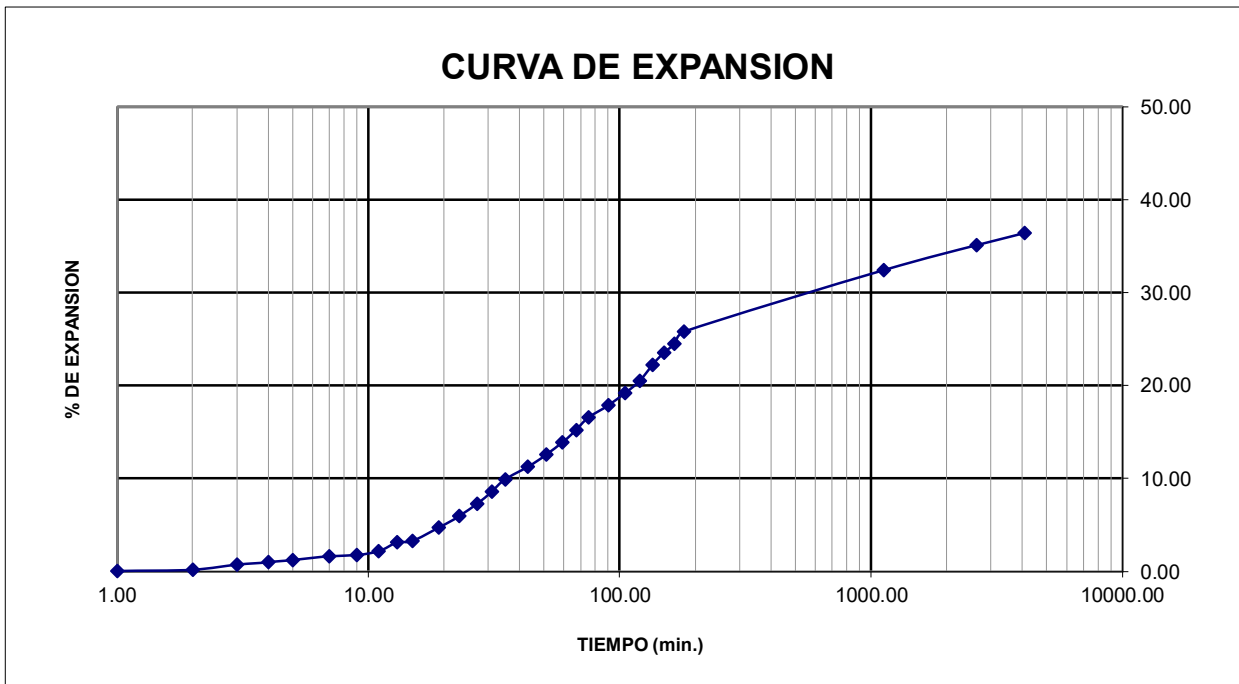
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	3			Nº ANILLO	:	3		
PESO ANILLO	:	121.28			PESO ANILLO	:	121.28		
DIAMETRO ANILLO	:	50.45			DIAMETRO ANILLO	:	50.45		
DIAMETRO MUESTRA	:	50.36			DIAMETRO MUESTRA	:	50.36		
ALTURA ANILLO	:	22.2			ALTURA ANILLO	:	22.17		
ALTURA EXTRAIDA	:	14.62			ALTURA EXTRAIDA	:	14.62		
ALTURA MUESTRA	:	7.55			ALTURA MUESTRA	:	7.55		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	198.02			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	198.58		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	183.5			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	175.37		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	23.34			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	42.91		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
27/01/25	12:00	0.000	0.000	0.0	28/01/25	08:00	2.450	32.450	1125
1'	12:01	0.005	0.066	1	29/01/2025	09:00	2.650	35.099	2625
	12:02	0.015	0.199	2	30/01/2025	09:15	2.750	36.424	4080
	12:03	0.055	0.728	3					
	12:04	0.075	0.993	4					
	12:05	0.095	1.258	5					
2'	12:07	0.125	1.656	7					
	12:09	0.135	1.788	9					
	12:11	0.165	2.185	11					
	12:13	0.236	3.126	13					
4'	12:15	0.250	3.311	15					
	12:19	0.356	4.715	19					
	12:23	0.450	5.960	23					
	12:27	0.550	7.285	27					
8'	12:31	0.650	8.609	31					
	12:35	0.750	9.934	35					
	12:43	0.850	11.258	43					
	12:51	0.950	12.583	51					
15'	12:59	1.050	13.907	59					
	13:07	1.150	15.232	67					
	13:15	1.250	16.556	75					
	13:30	1.350	17.881	90					
30'	13:45	1.450	19.205	105					
	14:00	1.550	20.530	120					
	14:15	1.680	22.252	135					
	14:30	1.780	23.576	150					
30'	15:00	1.850	24.503	165					
	15:30	1.950	25.828	180					
	16:00	2.150	28.4768	195					
	16:30	2.250	29.8013	210					
	17:00	2.350	31.1258	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 30/01/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 19/02/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-3 - 3.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

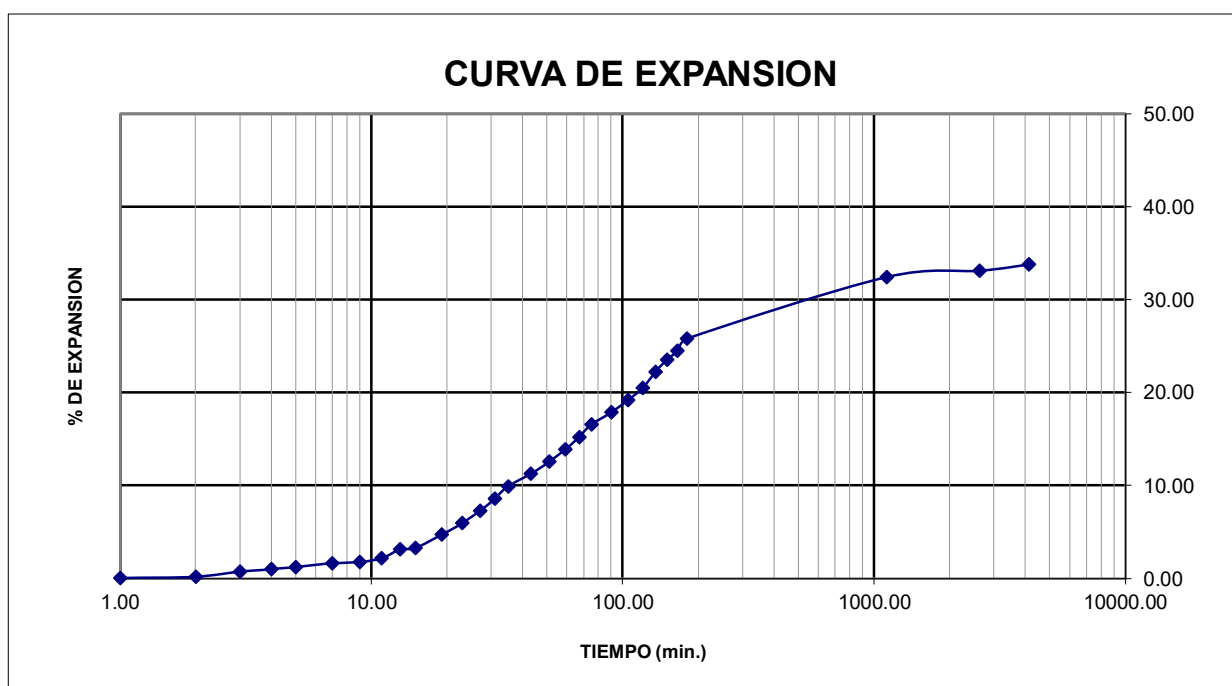
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	3			Nº ANILLO	:	3		
PESO ANILLO	:	121.28			PESO ANILLO	:	121.28		
DIAMETRO ANILLO	:	50.45			DIAMETRO ANILLO	:	50.45		
DIAMETRO MUESTRA	:	50.36			DIAMETRO MUESTRA	:	50.36		
ALTURA ANILLO	:	22.2			ALTURA ANILLO	:	22.17		
ALTURA EXTRAIDA	:	14.62			ALTURA EXTRAIDA	:	14.62		
ALTURA MUESTRA	:	7.55			ALTURA MUESTRA	:	7.55		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	198.12			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	198.72		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	185.12			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	176.55		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	20.36			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	40.11		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
16/02/25	12:00	0.000	0.000	0.0	17/02/25	08:00	2.450	32.450	1125
1'	12:01	0.005	0.066	1	18/02/2025	09:00	2.500	33.113	2625
	12:02	0.015	0.199	2	19/02/2025	10:00	2.550	33.775	4125
	12:03	0.055	0.728	3					
	12:04	0.075	0.993	4					
	12:05	0.095	1.258	5					
2'	12:07	0.125	1.656	7					
	12:09	0.135	1.788	9					
	12:11	0.165	2.185	11					
	12:13	0.236	3.126	13					
4'	12:15	0.250	3.311	15					
	12:19	0.356	4.715	19					
	12:23	0.450	5.960	23					
	12:27	0.550	7.285	27					
8'	12:31	0.650	8.609	31					
	12:35	0.750	9.934	35					
	12:43	0.850	11.258	43					
	12:51	0.950	12.583	51					
15'	12:59	1.050	13.907	59					
	13:07	1.150	15.232	67					
	13:15	1.250	16.556	75					
	13:30	1.350	17.881	90					
	13:45	1.450	19.205	105					
30'	14:00	1.550	20.530	120					
	14:15	1.680	22.252	135					
	14:30	1.780	23.576	150					
	15:00	1.850	24.503	165					
	15:30	1.950	25.828	180					
	16:00	2.150	28.4768	195					
	16:30	2.250	29.8013	210					
	17:00	2.350	31.1258	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 19/02/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-3 - 3.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 09/03/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-3 - 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

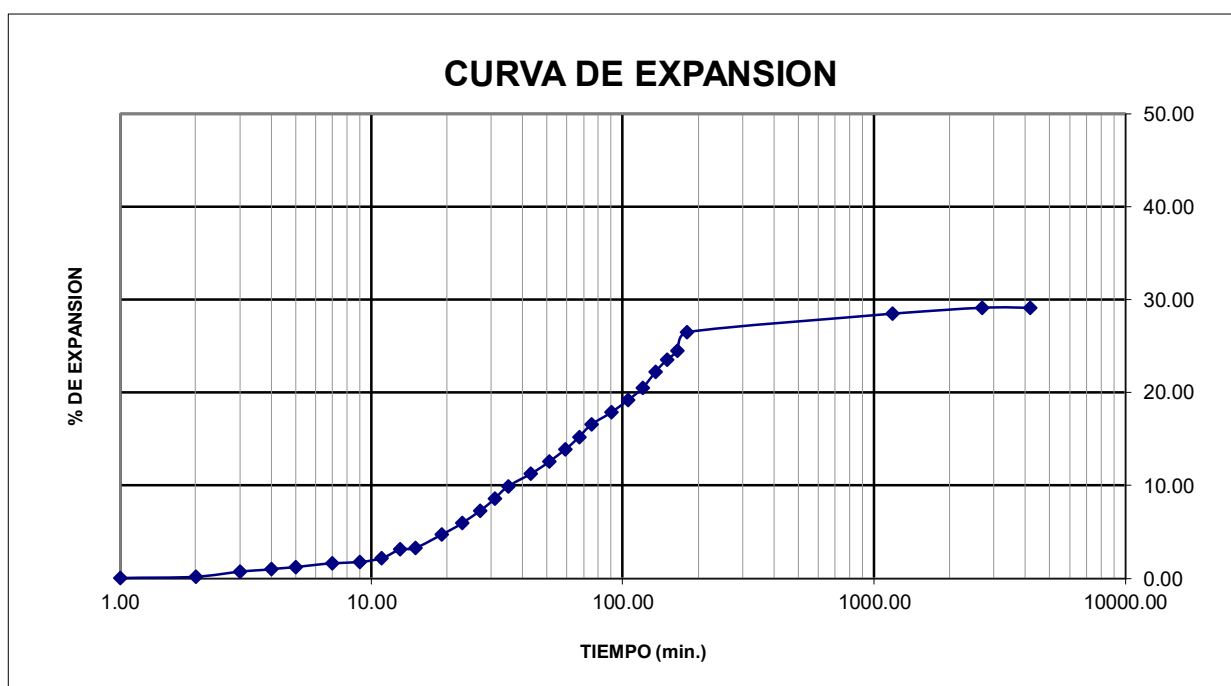
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	3			Nº ANILLO	:	3		
PESO ANILLO	:	121.28			PESO ANILLO	:	121.28		
DIAMETRO ANILLO	:	50.45			DIAMETRO ANILLO	:	50.45		
DIAMETRO MUESTRA	:	50.36			DIAMETRO MUESTRA	:	50.36		
ALTURA ANILLO	:	22.2			ALTURA ANILLO	:	22.17		
ALTURA EXTRAIDA	:	14.62			ALTURA EXTRAIDA	:	14.62		
ALTURA MUESTRA	:	7.55			ALTURA MUESTRA	:	7.55		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	197.52			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	198.15		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	188.05			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	184.17		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	14.18			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	22.23		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
06/03/25	11:00	0.000	0.000	0.0	07/03/25	08:00	2.150	28.477	1185
1'	11:01	0.005	0.066	1	08/03/2025	09:00	2.200	29.139	2685
	11:02	0.015	0.199	2	09/03/2025	10:00	2.200	29.139	4185
	11:03	0.055	0.728	3					
	11:04	0.075	0.993	4					
	11:05	0.095	1.258	5					
2'	11:07	0.125	1.656	7					
	11:09	0.135	1.788	9					
	11:11	0.165	2.185	11					
	11:13	0.236	3.126	13					
4'	11:15	0.250	3.311	15					
	11:19	0.356	4.715	19					
	11:23	0.450	5.960	23					
	11:27	0.550	7.285	27					
	11:31	0.650	8.609	31					
8'	11:35	0.750	9.934	35					
	11:43	0.850	11.258	43					
	11:51	0.950	12.583	51					
	11:59	1.050	13.907	59					
15'	12:07	1.150	15.232	67					
	12:15	1.250	16.556	75					
	12:30	1.350	17.881	90					
	12:45	1.450	19.205	105					
	13:00	1.550	20.530	120					
30'	13:15	1.680	22.252	135					
	13:30	1.780	23.576	150					
	14:00	1.850	24.503	165					
	14:30	2.000	26.490	180					
	15:00	2.050	27.1523	195					
	15:30	2.050	27.1523	210					
	16:00	2.100	27.8146	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 09/03/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-3 - 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
 Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 25/11/2024

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
 REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
 Muestra : M-4 - 0.5%  
 Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

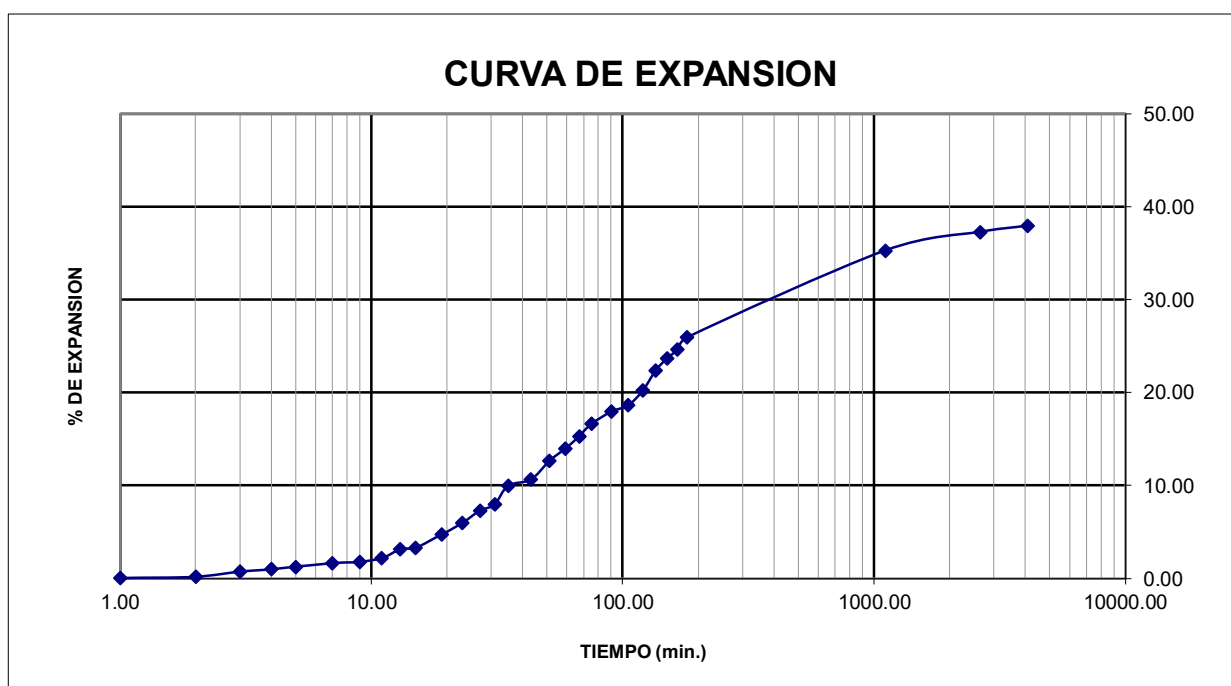
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.21			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.17		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	35.65			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	68.88		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
22/11/24	11:55	0.000	0.000	0.0	23/11/24	07:38	2.650	35.286	1108
1'	11:56	0.005	0.067	1	24/11/2024	09:14	2.800	37.284	2644
	11:57	0.015	0.200	2	25/11/2024	09:15	2.850	37.949	4085
	11:58	0.055	0.732	3					
	11:59	0.075	0.999	4					
	12:00	0.095	1.265	5					
2'	12:02	0.125	1.664	7					
	12:04	0.135	1.798	9					
	12:06	0.165	2.197	11					
	12:08	0.236	3.142	13					
	12:10	0.250	3.329	15					
4'	12:14	0.356	4.740	19					
	12:18	0.450	5.992	23					
	12:22	0.550	7.324	27					
	12:26	0.600	7.989	31					
	12:30	0.750	9.987	35					
8'	12:38	0.800	10.652	43					
	12:46	0.950	12.650	51					
	12:54	1.050	13.981	59					
	13:02	1.150	15.313	67					
	13:10	1.250	16.644	75					
15'	13:25	1.350	17.976	90					
	13:40	1.400	18.642	105					
	13:55	1.520	20.240	120					
	14:10	1.680	22.370	135					
	14:25	1.780	23.702	150					
30'	14:55	1.850	24.634	165					
	15:25	1.950	25.965	180					
	15:55	2.250	29.9601	195					
	16:25	2.350	31.2916	210					
	16:55	2.450	32.6232	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 25/11/2024

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 19/01/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-4 - 1.0%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

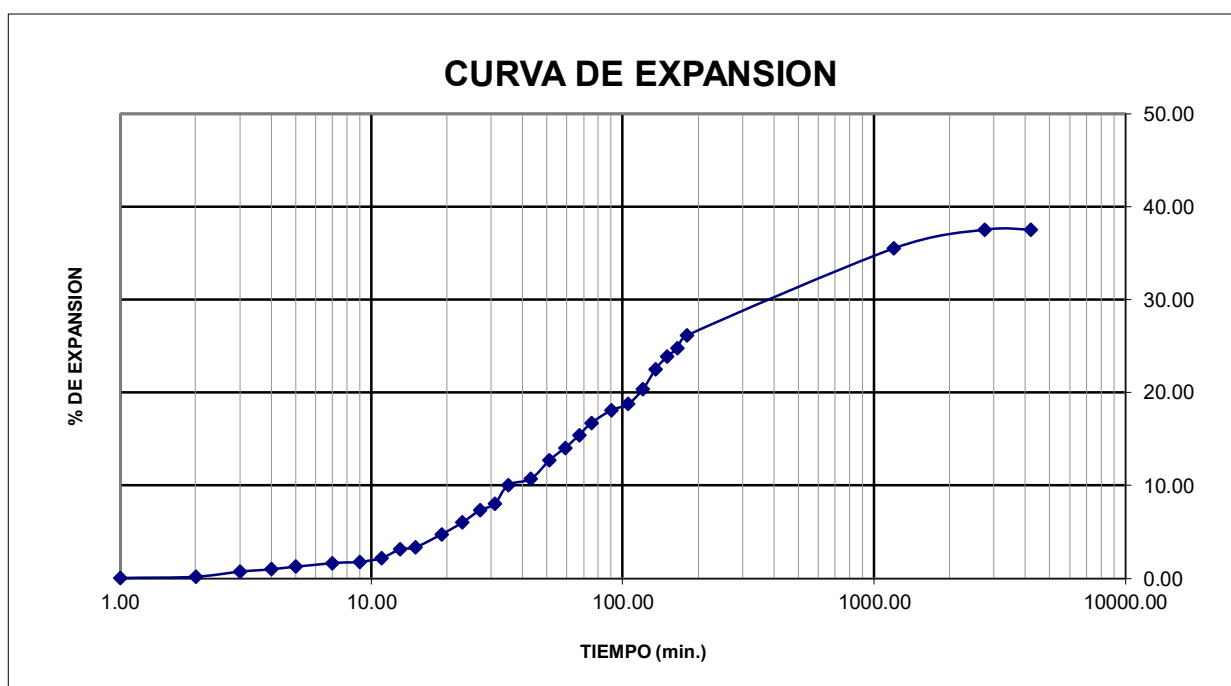
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.25			ALTURA EXTRAIDA	:	12.25		
ALTURA MUESTRA	:	7.46			ALTURA MUESTRA	:	7.46		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.47			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.29		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	77.12			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.89		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	36.01			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	70.89		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
16/01/25	10:15	0.000	0.000	0.0	17/01/25	07:30	2.650	35.523	1200
1'	10:16	0.005	0.067	1	18/01/2025	09:15	2.800	37.534	2745
	10:17	0.015	0.201	2	19/01/2025	09:30	2.800	37.534	4200
	10:18	0.055	0.737	3					
	10:19	0.075	1.005	4					
	10:20	0.095	1.273	5					
2'	10:22	0.125	1.676	7					
	10:24	0.135	1.810	9					
	10:26	0.165	2.212	11					
	10:28	0.236	3.164	13					
4'	10:30	0.250	3.351	15					
	10:34	0.356	4.772	19					
	10:38	0.450	6.032	23					
	10:42	0.550	7.373	27					
	10:46	0.600	8.043	31					
8'	10:50	0.750	10.054	35					
	10:58	0.800	10.724	43					
	11:06	0.950	12.735	51					
	11:14	1.050	14.075	59					
15'	11:22	1.150	15.416	67					
	11:30	1.250	16.756	75					
	11:45	1.350	18.097	90					
	12:00	1.400	18.767	105					
	12:15	1.520	20.375	120					
30'	12:30	1.680	22.520	135					
	12:45	1.780	23.861	150					
	13:15	1.850	24.799	165					
	13:45	1.950	26.139	180					
	14:15	2.250	30.1609	195					
	14:45	2.350	31.5013	210					
	15:15	2.450	32.8418	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 19/01/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 06/02/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-4 - 2.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

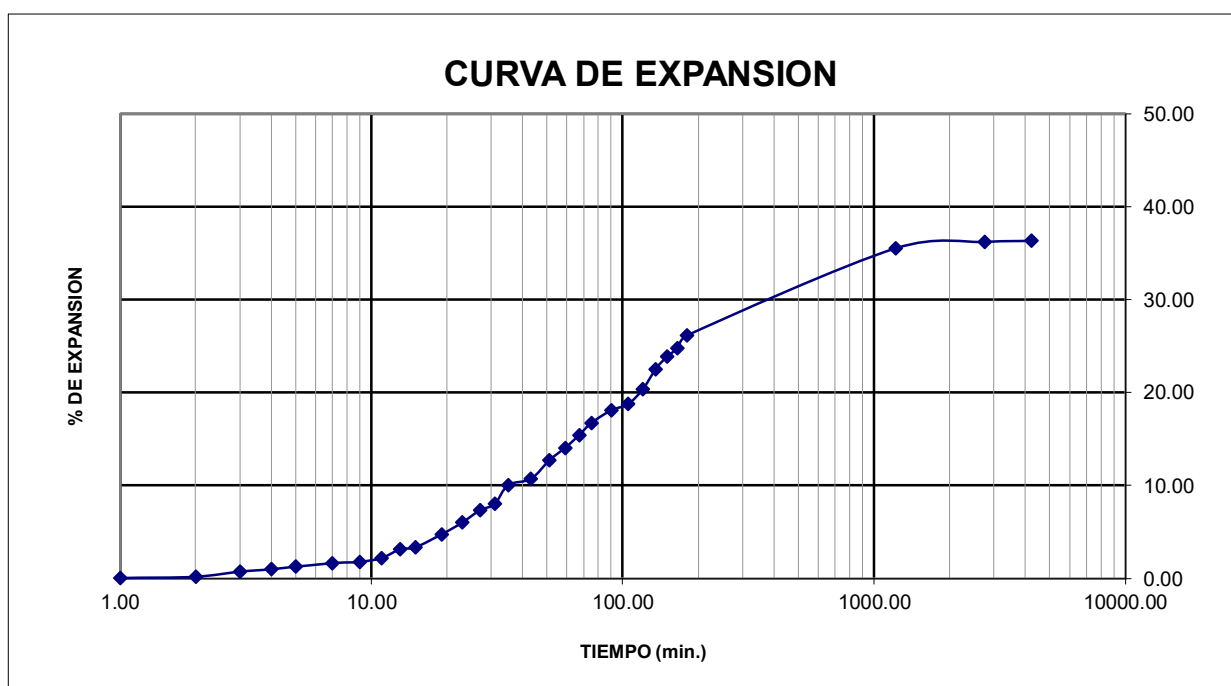
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.25			ALTURA EXTRAIDA	:	12.25		
ALTURA MUESTRA	:	7.46			ALTURA MUESTRA	:	7.46		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.25			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.67		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	77.35			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.22		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	31.68			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	84.53		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
03/02/25	10:00	0.000	0.000	0.0	04/02/25	07:30	2.650	35.523	1215
1'	10:01	0.005	0.067	1	05/02/2025	09:15	2.700	36.193	2760
	10:02	0.015	0.201	2	06/02/2025	09:30	2.710	36.327	4215
	10:03	0.055	0.737	3					
	10:04	0.075	1.005	4					
	10:05	0.095	1.273	5					
2'	10:07	0.125	1.676	7					
	10:09	0.135	1.810	9					
	10:11	0.165	2.212	11					
	10:13	0.236	3.164	13					
4'	10:15	0.250	3.351	15					
	10:19	0.356	4.772	19					
	10:23	0.450	6.032	23					
	10:27	0.550	7.373	27					
	10:31	0.600	8.043	31					
8'	10:35	0.750	10.054	35					
	10:43	0.800	10.724	43					
	10:51	0.950	12.735	51					
	10:59	1.050	14.075	59					
	11:07	1.150	15.416	67					
15'	11:15	1.250	16.756	75					
	11:30	1.350	18.097	90					
	11:45	1.400	18.767	105					
	12:00	1.520	20.375	120					
	12:15	1.680	22.520	135					
30'	12:30	1.780	23.861	150					
	13:00	1.850	24.799	165					
	13:30	1.950	26.139	180					
	14:00	2.250	30.1609	195					
	14:30	2.350	31.5013	210					
	15:00	2.450	32.8418	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 06/02/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
 Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 22/02/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
 REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
 Muestra : M-4 - 3.0%  
 Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

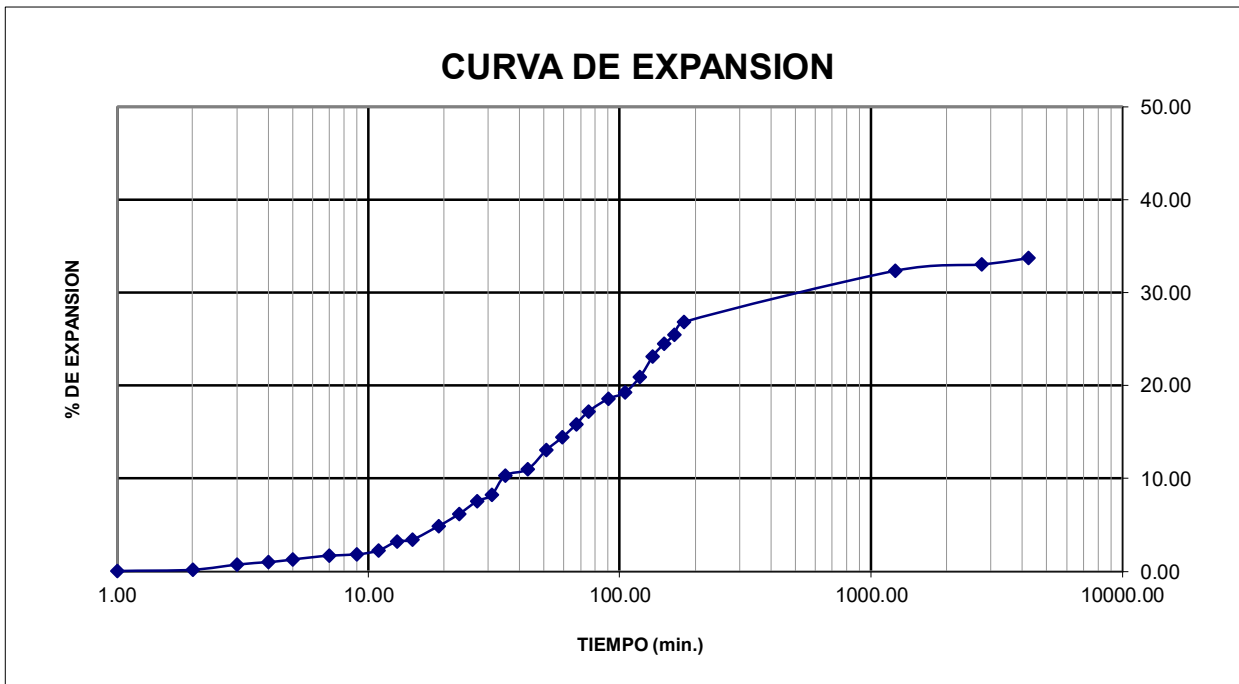
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.45			ALTURA EXTRAIDA	:	12.45		
ALTURA MUESTRA	:	7.26			ALTURA MUESTRA	:	7.26		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	82.01			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.66		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	77.01			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.54		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	41.77			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	79.30		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
19/02/25	10:00	0.000	0.000	0.0	20/02/25	08:00	2.350	32.369	1245
1'	10:01	0.005	0.069	1	21/02/2025	09:15	2.400	33.058	2760
	10:02	0.015	0.207	2	22/02/2025	09:30	2.450	33.747	4215
	10:03	0.055	0.758	3					
	10:04	0.075	1.033	4					
	10:05	0.095	1.309	5					
2'	10:07	0.125	1.722	7					
	10:09	0.135	1.860	9					
	10:11	0.165	2.273	11					
	10:13	0.236	3.251	13					
4'	10:15	0.250	3.444	15					
	10:19	0.356	4.904	19					
	10:23	0.450	6.198	23					
	10:27	0.550	7.576	27					
	10:31	0.600	8.264	31					
8'	10:35	0.750	10.331	35					
	10:43	0.800	11.019	43					
	10:51	0.950	13.085	51					
	10:59	1.050	14.463	59					
15'	11:07	1.150	15.840	67					
	11:15	1.250	17.218	75					
	11:30	1.350	18.595	90					
	11:45	1.400	19.284	105					
	12:00	1.520	20.937	120					
30'	12:15	1.680	23.140	135					
	12:30	1.780	24.518	150					
	13:00	1.850	25.482	165					
	13:30	1.950	26.860	180					
	14:00	2.000	27.5482	195					
	14:30	2.100	28.9256	210					
	15:00	2.150	29.6143	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 22/02/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-4 - 3.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 12/03/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-4 - 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

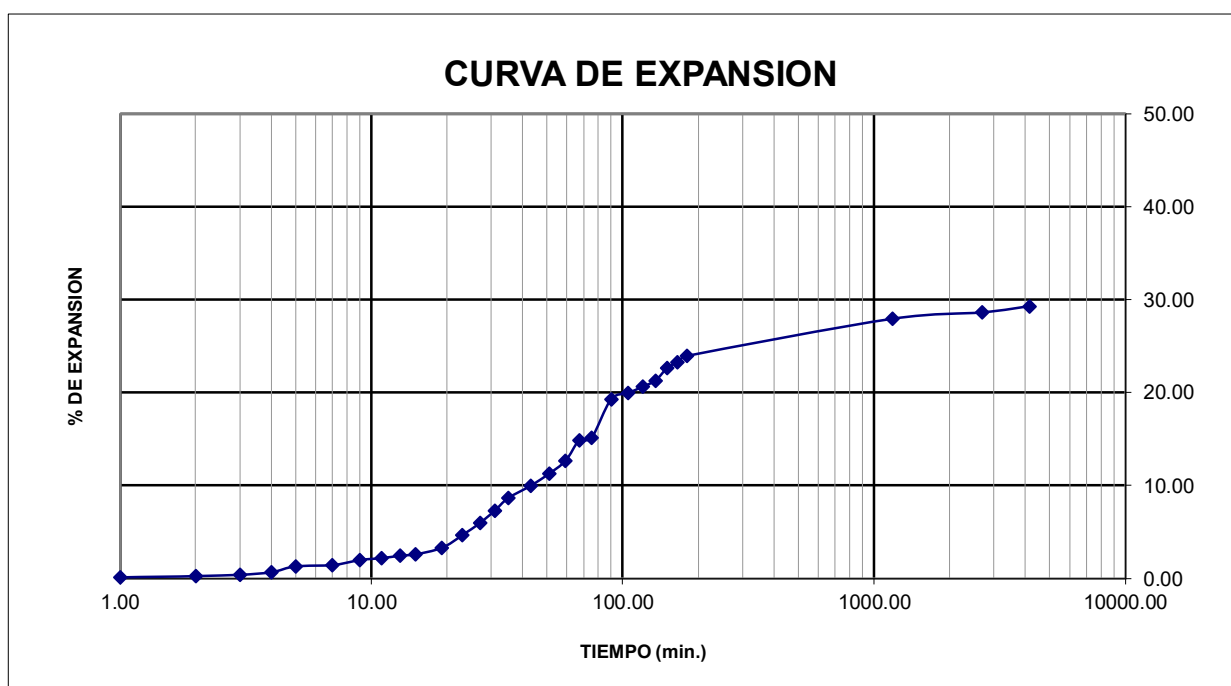
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.01			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	84.65		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	79.15			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	80.47		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	13.18			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	27.09		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
09/03/25	11:00	0.000	0.000	0.0	10/03/25	08:00	2.100	27.963	1185
1'	11:01	0.010	0.133	1	11/03/2025	09:00	2.150	28.628	2685
	11:02	0.020	0.266	2	12/03/2025	09:30	2.200	29.294	4155
	11:03	0.030	0.399	3					
	11:04	0.050	0.666	4					
	11:05	0.100	1.332	5					
2'	11:07	0.110	1.465	7					
	11:09	0.150	1.997	9					
	11:11	0.165	2.197	11					
	11:13	0.185	2.463	13					
4'	11:15	0.195	2.597	15					
	11:19	0.250	3.329	19					
	11:23	0.350	4.660	23					
	11:27	0.450	5.992	27					
	11:31	0.550	7.324	31					
8'	11:35	0.650	8.655	35					
	11:43	0.750	9.987	43					
	11:51	0.850	11.318	51					
	11:59	0.950	12.650	59					
	12:07	1.115	14.847	67					
15'	12:15	1.135	15.113	75					
	12:30	1.450	19.308	90					
	12:45	1.500	19.973	105					
	13:00	1.550	20.639	120					
	13:15	1.600	21.305	135					
30'	13:30	1.700	22.636	150					
	14:00	1.750	23.302	165					
	14:30	1.800	23.968	180					
	15:00	1.850	24.6338	195					
	15:30	1.900	25.2996	210					
	16:00	1.950	25.9654	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 12/03/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-4 - 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 28/11/2024

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-5 - 0.5%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

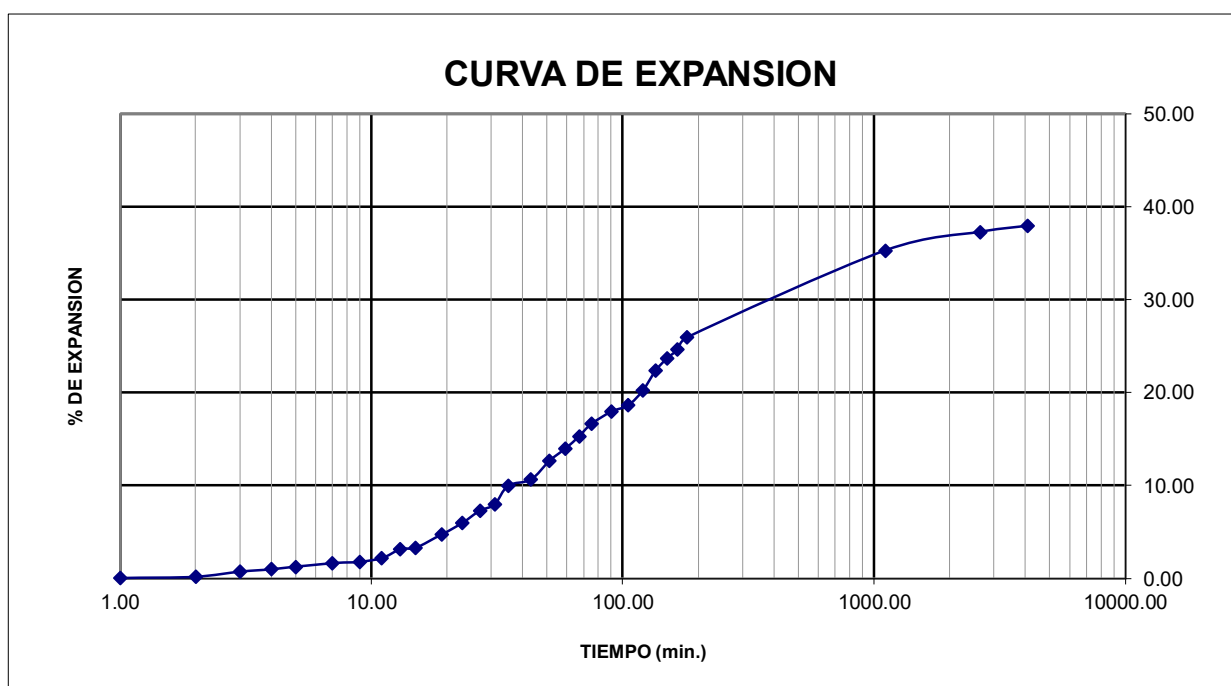
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	1			Nº ANILLO	:	1		
PESO ANILLO	:	65.04			PESO ANILLO	:	65.04		
DIAMETRO ANILLO	:	63.58			DIAMETRO ANILLO	:	63.58		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.32			DIAMETRO MUESTRA	:	62.32		
ALTURA ANILLO	:	19.7			ALTURA ANILLO	:	19.7		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.20			ALTURA EXTRAIDA	:	12.20		
ALTURA MUESTRA	:	7.51			ALTURA MUESTRA	:	7.51		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.21			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.17		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.96		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	35.65			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	68.88		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
25/11/24	11:55	0.000	0.000	0.0	26/11/24	07:38	2.650	35.286	1108
1'	11:56	0.005	0.067	1	27/11/2024	09:14	2.800	37.284	2644
	11:57	0.015	0.200	2	28/11/2024	09:15	2.850	37.949	4085
	11:58	0.055	0.732	3					
	11:59	0.075	0.999	4					
	12:00	0.095	1.265	5					
2'	12:02	0.125	1.664	7					
	12:04	0.135	1.798	9					
	12:06	0.165	2.197	11					
	12:08	0.236	3.142	13					
	12:10	0.250	3.329	15					
4'	12:14	0.356	4.740	19					
	12:18	0.450	5.992	23					
	12:22	0.550	7.324	27					
	12:26	0.600	7.989	31					
	12:30	0.750	9.987	35					
8'	12:38	0.800	10.652	43					
	12:46	0.950	12.650	51					
	12:54	1.050	13.981	59					
	13:02	1.150	15.313	67					
	13:10	1.250	16.644	75					
15'	13:25	1.350	17.976	90					
	13:40	1.400	18.642	105					
	13:55	1.520	20.240	120					
	14:10	1.680	22.370	135					
	14:25	1.780	23.702	150					
30'	14:55	1.850	24.634	165					
	15:25	1.950	25.965	180					
	15:55	2.250	29.9601	195					
	16:25	2.350	31.2916	210					
	16:55	2.450	32.6232	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 28/11/2024

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 19/01/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-5 - 1.0%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

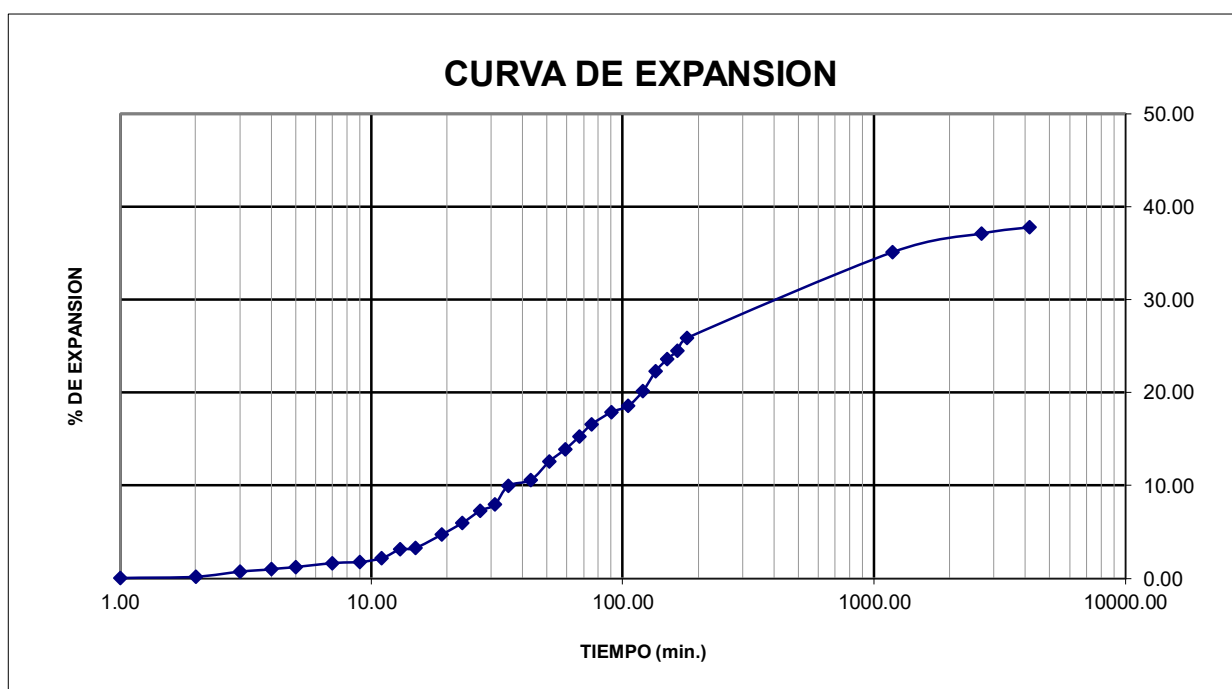
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	2			Nº ANILLO	:	2		
PESO ANILLO	:	65.42			PESO ANILLO	:	65.42		
DIAMETRO ANILLO	:	62.71			DIAMETRO ANILLO	:	62.71		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.66			DIAMETRO MUESTRA	:	62.66		
ALTURA ANILLO	:	19.9			ALTURA ANILLO	:	19.94		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.40			ALTURA EXTRAIDA	:	12.40		
ALTURA MUESTRA	:	7.54			ALTURA MUESTRA	:	7.54		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	80.25			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.05		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.87			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.87		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	29.52			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	71.44		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
16/01/25	11:30	0.000	0.000	0.0	17/01/25	08:30	2.650	35.146	1185
1'	11:31	0.005	0.066	1	18/01/2025	09:15	2.800	37.135	2670
	11:32	0.015	0.199	2	19/01/2025	09:45	2.850	37.798	4140
	11:33	0.055	0.729	3					
	11:34	0.075	0.995	4					
	11:35	0.095	1.260	5					
2'	11:37	0.125	1.658	7					
	11:39	0.135	1.790	9					
	11:41	0.165	2.188	11					
	11:43	0.236	3.130	13					
4'	11:45	0.250	3.316	15					
	11:49	0.356	4.721	19					
	11:53	0.450	5.968	23					
	11:57	0.550	7.294	27					
	12:01	0.600	7.958	31					
8'	12:05	0.750	9.947	35					
	12:13	0.800	10.610	43					
	12:21	0.950	12.599	51					
	12:29	1.050	13.926	59					
	12:37	1.150	15.252	67					
15'	12:45	1.250	16.578	75					
	13:00	1.350	17.905	90					
	13:15	1.400	18.568	105					
	13:30	1.520	20.159	120					
	13:45	1.680	22.281	135					
30'	14:00	1.780	23.607	150					
	14:30	1.850	24.536	165					
	15:00	1.950	25.862	180					
	15:30	2.250	29.8408	195					
	16:00	2.350	31.1671	210					
	16:30	2.450	32.4934	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 19/01/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 06/02/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-5 - 2.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

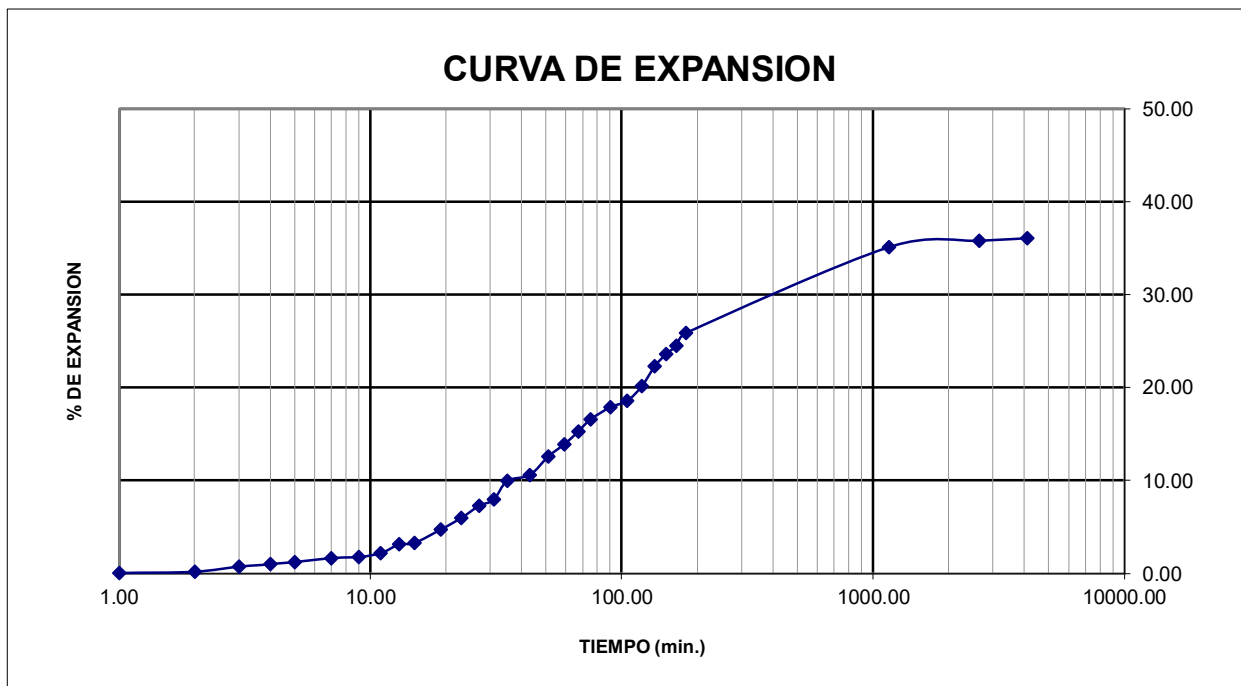
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	2			Nº ANILLO	:	2		
PESO ANILLO	:	65.42			PESO ANILLO	:	65.42		
DIAMETRO ANILLO	:	62.71			DIAMETRO ANILLO	:	62.71		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.66			DIAMETRO MUESTRA	:	62.66		
ALTURA ANILLO	:	19.9			ALTURA ANILLO	:	19.94		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.40			ALTURA EXTRAIDA	:	12.40		
ALTURA MUESTRA	:	7.54			ALTURA MUESTRA	:	7.54		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	80.36			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	85.01		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.77			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.04		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	31.63			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	84.46		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
03/02/25	12:00	0.000	0.000	0.0	04/02/25	08:30	2.650	35.146	1155
1'	12:01	0.005	0.066	1	05/02/2025	09:15	2.700	35.809	2640
	12:02	0.015	0.199	2	06/02/2025	09:45	2.720	36.074	4110
	12:03	0.055	0.729	3					
	12:04	0.075	0.995	4					
	12:05	0.095	1.260	5					
2'	12:07	0.125	1.658	7					
	12:09	0.135	1.790	9					
	12:11	0.165	2.188	11					
	12:13	0.236	3.130	13					
4'	12:15	0.250	3.316	15					
	12:19	0.356	4.721	19					
	12:23	0.450	5.968	23					
	12:27	0.550	7.294	27					
8'	12:31	0.600	7.958	31					
	12:35	0.750	9.947	35					
	12:43	0.800	10.610	43					
	12:51	0.950	12.599	51					
15'	12:59	1.050	13.926	59					
	13:07	1.150	15.252	67					
	13:15	1.250	16.578	75					
	13:30	1.350	17.905	90					
30'	13:45	1.400	18.568	105					
	14:00	1.520	20.159	120					
	14:15	1.680	22.281	135					
	14:30	1.780	23.607	150					
	15:00	1.850	24.536	165					
	15:30	1.950	25.862	180					
	16:00	2.250	29.8408	195					
	16:30	2.350	31.1671	210					
	17:00	2.450	32.4934	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 06/02/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-1  
Profundidad : -0.90 a -2.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 22/02/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1

Muestra : M-5 - 3.0%

Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

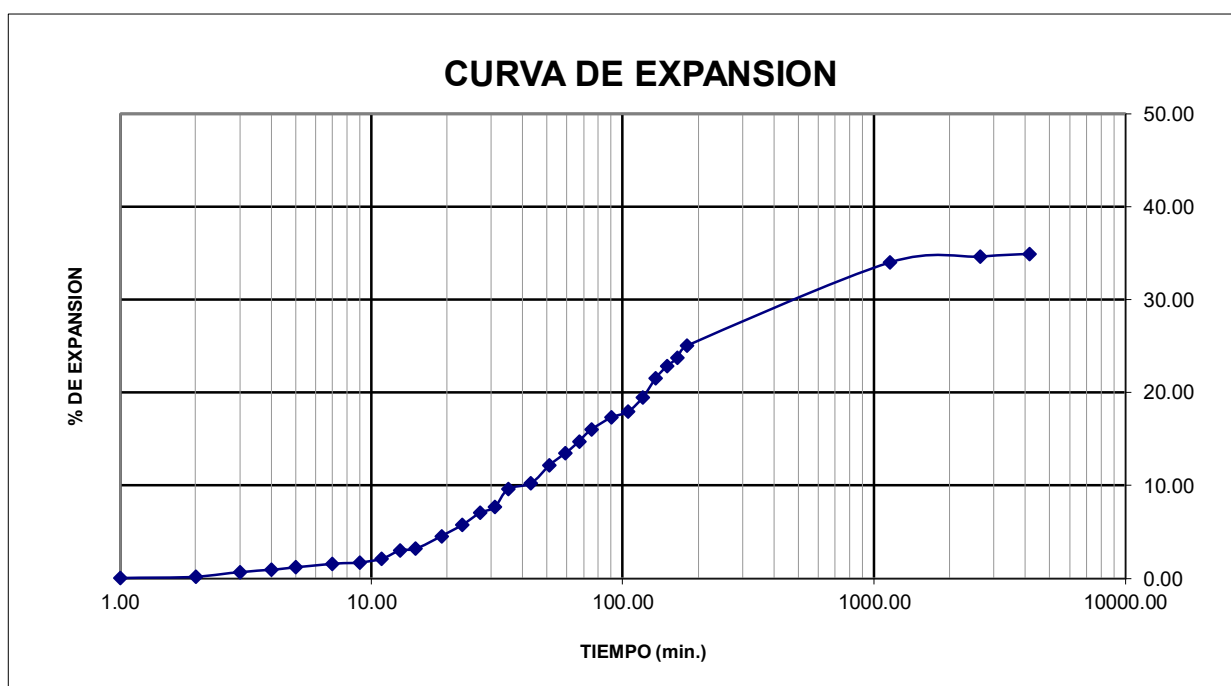
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	2			Nº ANILLO	:	2		
PESO ANILLO	:	65.42			PESO ANILLO	:	65.42		
DIAMETRO ANILLO	:	62.71			DIAMETRO ANILLO	:	62.71		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.66			DIAMETRO MUESTRA	:	62.66		
ALTURA ANILLO	:	19.9			ALTURA ANILLO	:	19.94		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.15			ALTURA EXTRAIDA	:	12.15		
ALTURA MUESTRA	:	7.79			ALTURA MUESTRA	:	7.79		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	80.55			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	86.15		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.55			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	76.27		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	35.94			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	91.06		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
19/02/25	12:00	0.000	0.000	0.0	20/02/25	08:30	2.650	34.018	1155
1'	12:01	0.005	0.064	1	21/02/2025	09:15	2.700	34.660	2640
	12:02	0.015	0.193	2	22/02/2025	10:15	2.720	34.917	4140
	12:03	0.055	0.706	3					
	12:04	0.075	0.963	4					
	12:05	0.095	1.220	5					
2'	12:07	0.125	1.605	7					
	12:09	0.135	1.733	9					
	12:11	0.165	2.118	11					
	12:13	0.236	3.030	13					
4'	12:15	0.250	3.209	15					
	12:19	0.356	4.570	19					
	12:23	0.450	5.777	23					
	12:27	0.550	7.060	27					
	12:31	0.600	7.702	31					
8'	12:35	0.750	9.628	35					
	12:43	0.800	10.270	43					
	12:51	0.950	12.195	51					
	12:59	1.050	13.479	59					
15'	13:07	1.150	14.763	67					
	13:15	1.250	16.046	75					
	13:30	1.350	17.330	90					
	13:45	1.400	17.972	105					
	14:00	1.520	19.512	120					
30'	14:15	1.680	21.566	135					
	14:30	1.780	22.850	150					
	15:00	1.850	23.748	165					
	15:30	1.950	25.032	180					
	16:00	2.250	28.8832	195					
	16:30	2.350	30.1669	210					
	17:00	2.450	31.4506	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 22/02/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-5 - 3.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair

Escuela : Ingeniería Civil

Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque

Fecha de emisión : 12/03/2025

ENSAYO<sub>1</sub> : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-5- 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.

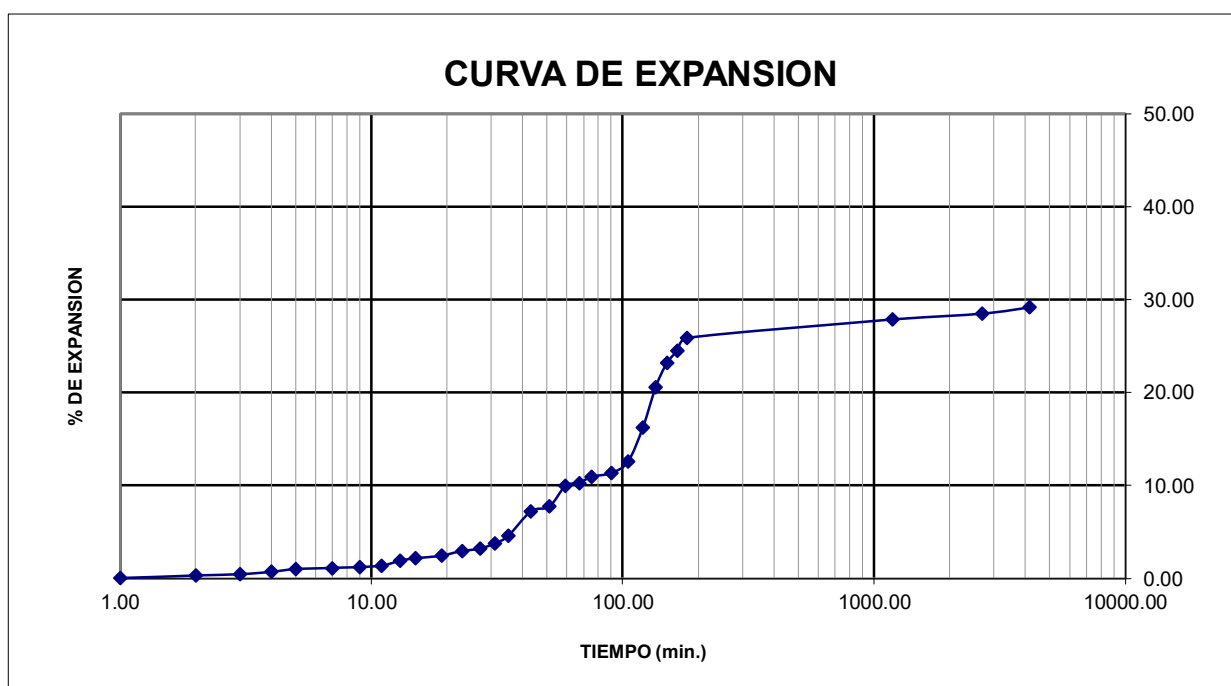
ANTES DEL ENSAYO					DESPUES DEL ENSAYO				
Nº ANILLO	:	2			Nº ANILLO	:	2		
PESO ANILLO	:	65.42			PESO ANILLO	:	65.42		
DIAMETRO ANILLO	:	62.71			DIAMETRO ANILLO	:	62.71		
DIAMETRO MUESTRA	:	62.66			DIAMETRO MUESTRA	:	62.66		
ALTURA ANILLO	:	19.9			ALTURA ANILLO	:	19.94		
ALTURA EXTRAIDA	:	12.40			ALTURA EXTRAIDA	:	12.40		
ALTURA MUESTRA	:	7.54			ALTURA MUESTRA	:	7.54		
PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	81.75			PESO MUESTRA NAT. + PESO ANILLO	:	87.52		
PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	78.59			PESO MUESTRA SECA + PESO ANILLO	:	81.52		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	23.99			CONTENIDO DE HUMEDAD, %	:	37.27		
FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM	FECHA	HORA	LECTURA	% EXP.	T. ACUM
09/03/25	11:00	0.000	0.000	0.0	10/03/25	08:00	2.100	27.851	1185
1'	11:01	0.005	0.066	1	11/03/2025	09:00	2.150	28.515	2685
	11:02	0.025	0.332	2	12/03/2025	09:30	2.200	29.178	4155
	11:03	0.035	0.464	3					
	11:04	0.055	0.729	4					
	11:05	0.075	0.995	5					
2'	11:07	0.085	1.127	7					
	11:09	0.095	1.260	9					
	11:11	0.105	1.393	11					
	11:13	0.145	1.923	13					
4'	11:15	0.165	2.188	15					
	11:19	0.185	2.454	19					
	11:23	0.225	2.984	23					
	11:27	0.245	3.249	27					
	11:31	0.285	3.780	31					
8'	11:35	0.345	4.576	35					
	11:43	0.545	7.228	43					
	11:51	0.585	7.759	51					
	11:59	0.750	9.947	59					
	12:07	0.775	10.279	67					
15'	12:15	0.825	10.942	75					
	12:30	0.855	11.340	90					
	12:45	0.950	12.599	105					
	13:00	1.225	16.247	120					
	13:15	1.550	20.557	135					
30'	13:30	1.750	23.210	150					
	14:00	1.850	24.536	165					
	14:30	1.950	25.862	180					
	15:00	2.050	27.1883	195					
	15:30	2.100	27.8515	210					
	16:00	2.100	27.8515	225					

Tesista : Perez Lizana Wilson Jair  
Escuela : Ingeniería Civil  
Proyecto/Tesis : "Evaluación del potencial de expansión de un suelo natural con goma guar, Lambayeque 2023"

Ubicación : Distrito de Chiclayo, Lambayeque, Lambayeque  
Fecha de emisión : 12/03/2025

ENSAYO : SUELOS. Métodos de ensayo normalizados para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos  
REFERENCIA : NTP 339.170:2001 ASTM D - 4546

Calicata : C-1  
Muestra : M-5- 4.0%  
Profundidad : -0.60 a -3.00 mts.



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

**Link de Acceso a los ensayos de Laboratorio:**

[https://drive.google.com/drive/folders/1NsiRYrgAXjJDzGbWcdYBXLykWwipG2a\\_?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1NsiRYrgAXjJDzGbWcdYBXLykWwipG2a_?usp=sharing)