

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL  
DE EXPANSION DE SUELOS EN EL  
ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS  
CONVENCIONALES EN JAUJA – 2023**

**Para optar el Título Profesional en:**

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Bach. PAUL KEVIN MATENCIOS SANTANA**

**Asesor:**

**Mag. Ing. DAVID RAMOS PIÑAS**

**Línea de Investigación Institucional**

**Nuevas tecnológicas y procesos**

**Huancayo – Perú**

**2023**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera  
Presidente

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario Docente

## **DEDICATORIA**

Este va dedicado a mi madre, quien ha sido mi guía y comprensión a lo largo de este camino. Agradeciendo las largas noches de consejos y la inagotable compañía que siempre me ha brindado.

**Bach. Paul Kevin Matencios Santana.**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud hacia mi asesor y colegas, quienes me ofrecieron un sólido respaldo moral e intelectual, guiándome con sabiduría en mi trayectoria profesional.

**Bach. Paul Kevin Matencios Santana.**

# CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0302 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**; titulada:

## ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSION DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. MATENCIOS SANTANA PAUL KEVIN**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Mg. DAVID RAMOS PIÑAS**

Fue analizado con fecha **05/09/2024**; con **190 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

X

**Excluye citas.**

X

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **25** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 05 de septiembre del 2024.



**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
CONTENIDO.....	v
INTRODUCCIÓN .....	xi
RESUMEN .....	13
ABSTRACT.....	14
1.1. Descripción del Problema .....	15
1.2. Delimitación del problema.....	16
1.2.1. Espacial.....	16
1.2.2. Temporal.....	16
1.2.3. Económico .....	16
1.3. Formulación del problema .....	16
1.3.1. Problema general.....	16
1.3.2. Problemas específicos .....	16
1.4. Justificación.....	17
1.4.1. Justificación social .....	17
1.4.2. Justificación teórica .....	17
1.4.3. Justificación metodológica .....	17
1.5. Limitaciones.....	18
1.6. Objetivos de la investigación .....	18
1.6.1. Objetivo general.....	18
1.6.2. Objetivos específicos .....	18
II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes .....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	19

2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
2.2. Bases teóricas .....	25
2.2.1. Origen y composición de los suelos .....	25
2.2.2. Técnicas directas determinación expansividad .....	26
2.2.3. Evaluación del potencial de expansión.....	27
2.2.4. Suelos expansivos .....	30
2.2.5. Factores que influyen en la expansión del suelo .....	31
2.2.6. Reconocimiento de los suelos expansivos .....	36
2.2.7. Determinación Del Grado De Expansividad .....	37
2.2.8. Factores que intervienen en la expansión del suelo .....	41
2.1. Marco conceptual.....	45
III. HIPÓTESIS .....	47
3.1. Formulación de la hipótesis .....	47
3.1.1. Hipótesis general.....	47
3.1.2. Hipótesis específicas.....	47
3.2. Variables .....	47
3.2.1. Definición conceptual de las variables .....	47
3.2.2. Definición operacional de variables .....	48
3.3. Operacionalización de variables .....	50
IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
4.1. Método de investigación .....	51
4.2. Tipo de investigación.....	52
4.3. Nivel de investigación.....	52
4.4. Diseño de investigación .....	52
4.5. Población y muestra.....	53
4.5.1. Población .....	53

4.5.2. Muestra .....	53
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	54
4.7. Técnicas y análisis de datos .....	55
4.7.1. Pre campo.....	55
4.7.2. Campo .....	56
4.7.3. Gabinete .....	58
4.7.4. Elaboración de informe .....	58
4.8. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación .....	58
4.8.1. Validez.....	58
4.8.2. Confiabilidad .....	59
4.9. Métodos de análisis de datos.....	59
4.10. Aspectos éticos .....	60
V. RESULTADOS .....	61
VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	88
VII. CONCLUSIONES .....	91
VIII. RECOMENDACIONES .....	93
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	96
X. ANEXO.....	107.

## Contenido de figuras

Ilustración 1. Variación Del Clima En La Ciudad De Jauja.....	33
Ilustración 2. Comportamiento Físico De La Arcilla .....	34
Ilustración 3. Curva De Compactación De Un Suelo.....	35
Ilustración 4. Efectos De Los Suelos Expansivos .....	36
Ilustración 5. Curva De Expansividad De Suelos .....	38
Ilustración 6. Relación Entre El Cambio De Volumen Del Suelo Y Su Contenido De Colides, Índice De Plasticidad Y Límite De Contracción. ....	40
Ilustración 7. Gráfico De Variación Del Índice De Expansión De Las Muestras Analizadas .....	63
Ilustración 8. Gráfico De Variación Del Índice Plasticidad De Las Muestras Analizadas .....	64
Ilustración 9. Gráfico De Variación Del Índice Fineza De Las Muestras Analizadas .....	66
Ilustración 10. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Peso Volumétrico Con Clasificación Muy Baja.....	68
Ilustración 11. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Peso Volumétrico Con Clasificación Baja	69
Ilustración 12. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Peso Volumétrico Con Clasificación Moderada .....	70
Ilustración 13. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Peso Volumétrico Con Clasificación Alta	71
Ilustración 14. Relación Entre El Potencial De Expansión De Suelos Y El Peso Volumétrico De Los Mismos .....	72
Ilustración 15. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Ensayo De Cohesión Con Clasificación Muy Baja.....	75
Ilustración 16. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Ensayo De Cohesión Con Clasificación Baja .....	76
Ilustración 17: Gráfico De Mecánica De Muestras Del Ensayo De Cohesión Con Clasificación Baja .....	76
Ilustración 18. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Ensayo De Cohesión Con Clasificación Alta .....	77
Ilustración 19. Gráfico De Relación Entre El Índice De Cohesion Del Suelo Y El Potncial De Exapansión.....	78
Ilustración 20. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Ensayo De Consolidación Con Clasificación Muy Bajo .....	80
Ilustración 21. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Ensayo De Consolidación Con Clasificación Bajo.....	81
Ilustración 22. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Ensayo De Consolidación Con Clasificación Moderado.....	82

Ilustración 23. Gráfico De Mecánica De Muestras Del Ensayo De Consolidación Con Clasificación Alto .....	83
Ilustración 24. Gráfico De Relación Entre El Índice De Cohesión Del Suelo Y El Potencial De Expansión .....	84
Ilustración 25. Reporte Estadístico Manova Con La Hipótesis Especifica 1 .....	85
Ilustración 26. Reporte Estadístico Manova Con La Hipótesis Especifica 2 .....	86
Ilustración 26. Reporte Estadístico Manova Con La Hipótesis Especifica 2 .....	87

## Contenido de tablas

tabla 1. Grado De Peligrosidad De Las Arcillas .....	28
Tabla 2: Valores Para El Factor S.....	29
Tabla 3. Valor Del Peligro De Hinchamiento En Función Al Índice De Contracción.....	30
Tabla 4: Apreciación De Cambios Volumétricos Del Suelo.....	40
Tabla 5:Grado De Expansividad De Suelo. ....	41
4. Tabla 6: Operacionalización De Variables .....	50
Tabla 7: Rangos Y Magnitudes De Validez.....	58
Tabla 8: Rangos Y Magnitudes De Confiabilidad .....	59
Tabla 9. Resultados De Los Ensayos De Expansión De Suelos.....	62
Tabla 10. Resultados De Ensayos De Plasticidad De Las 10 Muestras Analizadas.....	64
Tabla 11 Resultados De Ensayos De Fineza De Suelo .....	65
Tabla 12 Resultados De Ensayos De Peso Volumétrico .....	67
Tabla 13 Resultados De Ensayos De Cohesión.....	74
Tabla 14 Resultados De Ensayos De Consolidación De Las Muestras.....	79
Tabla 18: Matriz De Consistencia.....	108

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad de la expansión al contenido de agua en el suelo, ya que esto se puede dar por diversos factores, esto puede influir el cambio climático como las lluvias o como el agua subterránea, que se puede encontrar en nuestro proyecto de investigación. Como puntos principales de esta investigación tenemos a la influencia del potencial de expansión de suelos dicho esto se determinará la expansión, plasticidad y fineza; esto se determinará en el asentamiento de estructuras en Jauja; la cual mediremos el peso volumétrico, peso específico y la consolidación. La expansión de suelos es un problema que se debe tomar en cuenta para el dimensionamiento del asentamiento de estructuras para ello se debe tener en cuenta los estudios de mecánica de suelos, lo cual se puede ver afectado a su contenido de humedad, para ello es necesario identificar los movimientos inadmisibles que puede ocasionar una cimentación, ya que el distrito de Jauja está ubicado en un clima muy variante en la sierra del Perú, así mismo es indispensable para su sector agrícola pero a su vez perjudicial para sus estructuras ya que estas tienden asentarse. Este proyecto de investigación tenemos como objetivo principal, determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023, mediante esto utilizaremos la metodología el método general científico, el método específico es de deducción e inducción, el tipo de investigación es aplicada, el nivel de investigación es correlacional y el diseño de la investigación es experimental.

### **EL CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El Problema de Investigación se aborda mediante la presentación de su justificación, incluyendo la exposición de las limitaciones inherentes al estudio y la delimitación clara de los objetivos de investigación.

### **EL CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

Se detallan los antecedentes tanto a nivel nacional como internacional en el ámbito de la investigación, complementados con la exposición del marco conceptual correspondiente.

### **EL CAPÍTULO III: HIPÓTESIS**

Se desarrolla la formulación de hipótesis y la identificación y conceptualización de las variables.

## **EL CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

Se define el método de investigación, especificando su tipo, nivel y diseño, al mismo tiempo que se determina la muestra y se detallan las técnicas e instrumentos seleccionados para el procesamiento de los datos correspondientes.

## **EL CAPÍTULO V: RESULTADOS**

Los resultados se presentan a través de tablas, gráficos y representaciones visuales con el objetivo de facilitar su comprensión.

## **EL CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En la discusión de resultados, se contrastan los hallazgos de la investigación con aquellos obtenidos en los antecedentes empleados, considerando tanto el objetivo general como los objetivos específicos.

Así mismo, se presentan conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

**Bach. Paul Kevin Matencios Santana.**

## RESUMEN

En la presente tesis se ha planteado como problema general: ¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja - 2023?, siendo el objetivo general: Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja - 2023. Y como hipótesis general: El potencial de expansión de suelos influye significativamente en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja - 2023. Para conseguir el objetivo se empleó el método de investigación científico, de tipo aplicada, con un nivel de investigación correlacional. El propósito de la investigación se basó en determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja - 2023. Como resultado se obtuvo que los valores de expansión del suelo proporcionan una indicación crucial de cómo este fenómeno puede afectar el asentamiento de las estructuras. A medida que el potencial de expansión del suelo aumenta, es probable que también lo haga el grado de asentamiento experimentado por las estructuras, lo que puede comprometer su integridad y seguridad a lo largo del tiempo.

**PALABRAS CLAVE:** Expansión, Estructuras convencionales, Fineza, Peso volumétrico, Peso específico

## **ABSTRACT**

In this thesis, the general problem has been posed: What is the influence of soil expansion potential on the settlement of conventional structures in Jauja - 2023? The general objective being: Determine the influence of soil expansion potential on the settlement of conventional structures in Jauja - 2023. And as a general hypothesis: The potential for soil expansion significantly influences the settlement of conventional structures in Jauja - 2023. To achieve the objective, the applied scientific research method was used, with a level of correlational research. The purpose of the research was based on determining the influence of soil expansion potential on the settlement of conventional structures in Jauja – 2023. As a result, it was obtained that soil expansion values provide a crucial indication of how this phenomenon can affect the settlement of the structures. As the potential for soil expansion increases, the degree of settlement experienced by structures is likely to increase as well, which can compromise their integrity and safety over time.

**KEYWORDS:** Expansion, Conventional structures, Fineness, Volumetric weight, Specific weight

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del Problema**

A lo largo de los años, el estudio de las propiedades de los suelos expansivos y sus características físicas, han sido factores estudiados debido a la necesidad de brindar información pertinente para el diseño de estructuras firmes las cuales son capaces de sufrir grandes cambios debido a su gran contenido de humedad.

Por lo tanto, (ARQUEOLOGÍA DE JAUJA, PERÚ: DEL INTERMEDIO TEMPRANO AL INTERMEDIO TARDIO (Resultados de la temporada de campo), 1991) se estudió los asentamientos de estructuras convencionales debido a sus constantes lluvias en esta región, para ello estudiar los asentamientos en la ciudad de Jauja es aluvial producto de una serie de derretimientos glaciales a su vez depósitos no consolidados creados en las pronunciadas pendientes de las montañas circundantes.

Mencionado el párrafo anterior entendemos que, en la actualidad que estos derretimientos aluviales que causaron los suelos expansivos están ocasionados consecuencias en el distrito de Jauja, ya que las estructuras convencionales están viéndose afectadas; esto puede tener diversos factores ya que es considerado como un valle, existe la probabilidad alta de encontrar agua subterránea.

Según (Saavedra, 2021), como característica especial de los suelos expansivos son todas las arcillas la cual tiene la propiedad de contraerse, pierde humedad y de expandirse cuando ganan de nuevo según las condiciones ambientales, los daños que presentan las

edificaciones cimentadas superficialmente en estos suelos se manifiestan progresivamente mediante fisuramientos, agrietamientos y giros de conjunto de los muros y elementos estructurales, y a causa de movimientos desiguales de sus cimientos, especialmente durante los periodos de verano causado por los fenómenos naturales.

Los asentamientos de las estructuras convencionales en Jauja, cada vez se hace más notorio ya que está trayendo varios daños, para la población a nivel estructural lo cual, ocasionando grandes pérdidas económicas, para lo cual el proyecto de investigación tuvo la finalidad de reducir todos estos riesgos que pueden causar los asentamientos estructurales.

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Espacial**

La concepción y elaboración del plan de tesis se llevó a cabo en el distrito de Jauja, situado en el departamento de Junín, donde se llevaron a cabo las etapas fundamentales de diseño y desarrollo del proyecto.

### **1.2.2. Temporal**

La presente investigación abarcó un periodo extenso, desarrollándose desde el mes de noviembre hasta febrero del año 2024, durante el cual se llevaron a cabo las diversas fases y análisis que conforman el marco temporal de este estudio.

### **1.2.3. Económico**

La financiación integral de la investigación ha sido asumida en su totalidad por el autor, quien ha respaldado cada aspecto del desarrollo de este proyecto, desde los recursos humanos hasta los insumos necesarios, evidenciando así su compromiso directo y completo con el avance de la investigación.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023?

- b) ¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023?
- c) ¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023??

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación social**

Según (Ñaupas, y otros, 2018), se refiere a la necesidad o relevancia del estudio desde la perspectiva de la sociedad o de la comunidad en la que se desarrolla. Es una sección crucial del trabajo de investigación donde el investigador explica por qué el estudio es importante, útil o relevante para la sociedad en general, para un grupo específico de personas o para una problemática social determinada.

El objetivo que tuvo la presente investigación fue determinar la influencia que tendrá el potencial de expansión del suelo en el distrito de Jauja, así lograr dimensionar de manera adecuada, el asentamiento de estructuras en el distrito de Jauja, lo cual tendrá un impacto favorecedor a la población de Jauja, así mismo evitar pérdidas económicas, daños estructurales, pérdidas de vidas entre otros factores; para lo cual será beneficioso el comercio, turismo entre otras actividades y permitirá a la población generar ingresos.

### **1.4.2. Justificación teórica**

Según (Ñaupas, y otros, 2018), es la parte del trabajo en la que se explica la importancia y la pertinencia del estudio desde el punto de vista teórico y académico. Es donde el investigador presenta y argumenta la necesidad de llevar a cabo la investigación en relación con la literatura existente, las teorías relevantes y los conocimientos previos sobre el tema.

Actualmente los estudios sobre los suelos expansivos son muy extensos, a su vez para incrementar la información se realizó estudios, lo cual permitirá analizar el potencial colapso de suelos en la provincia de Jauja, así mismo se aportará a la investigación conocimientos de esta.

### **1.4.3. Justificación metodológica**

Según (Ñaupas, y otros, 2018), es la sección donde el investigador explica las razones y fundamentos detrás de la elección de los métodos y técnicas utilizados para llevar a cabo

el estudio. Es un componente esencial del trabajo de investigación, ya que proporciona una base racional y sólida para las decisiones metodológicas tomadas durante el proceso de investigación.

En base a los diversos resultados obtenidos se intentará influencia del potencial de licuación de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales, debido a los limitados datos sobre los suelos predispuestos a sufrir este fenómeno y la problemática de las estructuras asentadas sobre estos suelos en Jauja. Por lo tanto, este estudio también puede servir como base para futuras investigaciones encaminadas a la construcción de edificaciones en esta zona y permitir un estudio más profundo del tema del suelo con potencial de licuación.

## **1.5. Limitaciones**

La investigación presento contratiempos sobre todo en la búsqueda de información para suelos con potencial de colapso aplicado al asentamiento de estructuras convencionales, ya que es un tema mayormente abarcado hacia cimentaciones en edificaciones, por lo que se tuvo recurrir a buscar investigación es de otros países.

## **1.6. Objetivos de la investigación**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.
- b) Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.
- c) Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según (Gallo, 2022) en la tesis titulada “Análisis de estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos en guayaquil”, detalla que en la actualidad existen diversos tipos de fertilizantes de suelos; el hormigón asfáltico reciclado junto con la ceniza de bagazo será para mejorar los suelos expansivos, lo cual para el proyecto de investigación se **analizó** las características del suelo arcilloso plástico al mezclarse con el hormigón asfáltico reciclado y la ceniza de bagazo como material apto para la subrasante, a su vez considerando que el éxito del estabilizador se alcanza a plenitud únicamente al relacionarse con cada partícula del suelo, se necesitará realizar un proceso de trituración y tamizado del hormigón asfáltico reciclado bastante completo para obtener la mejor gradación y obtener una mezcla homogénea. De tal manera se espera que esta mezcla arcilla-hormigón asfáltico y ceniza de bagazo presente mayores porcentajes de estabilización, que el suelo mejore sus características. Valiéndose de ensayos como el CBR que ayudará a medir la capacidad portante del suelo al mezclarle el hormigón reciclado.

(González, y otros, 2021), en el artículo titulado: “Evaluación de la expansión en suelos presaturados - ciudad de México - 2021”, los suelos expansivos causan daños considerables a estructuras y pavimentos para solucionarlo, se puede sustituir todo el material o estabilizarlo con aditivos como cal, cemento, ceniza volante, entre otros (Rosales, 2014). En varios casos, estos procesos son costosos y requieren que el material sea homogeneizado y estabilizado correctamente (González, 2017). Obedeciendo esta

problemática, en esta investigación se simuló el comportamiento que tendrán dos suelos arcillosos, al incitar su expansión en laboratorio para cuantificar este efecto en la estabilización de suelos expansivos se realizaron pruebas de expansión unidimensional con edómetro; expansión libre y expansión con una sobrecarga de 20 kpa, para dos suelos compactados (Proctor estándar, energía de 600 kN•m/m<sup>3</sup>), muestreados en el municipio de Pedro Escobedo y la zona de Juriquilla del estado de Querétaro. A estos se les **determinó** la deformación vertical hasta finalizar la expansión primaria con una variación en el grado de saturación inicial de 60.0 % a 91.5 %. Análogamente se realizaron ensayos triaxiales (UU) para analizar el efecto de dicha variación en los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante. Se observó que el incremento del grado de saturación inicial redujo la deformación por expansión final, causó que el ángulo de fricción interna disminuyera y que el valor de cohesión se mantuviera constante. Los **resultados** se evaluaron mediante el coeficiente de regresión lineal, valorando la correlación que existe entre dos variables, interpretando la eficiencia de la recta de mínimos cuadrados propuesta por (Gorgas, 2011). El coeficiente de regresión lineal fue de 0.90 o mayor, en la mayoría de los casos este proceso se debe realizar, al igual que en laboratorio, de forma que se garantice una saturación por ascensión capilar, la cual lleva en campo un promedio de tres días, lo que hace viable el proceso.

(Analysis of the mechanical properties of an expansive soil for the self-construction of a social housing, 2023), en el artículo titulado “ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF AN EXPANSIVE SOIL FOR THE SELF-CONSTRUCTION OF A SOCIAL HOUSING” Este artículo de investigación muestra un **análisis** de un suelo expansivo del Residencial Santa Fe, en la zona oriente de la ciudad de Santiago de Querétaro, México, con el fin de **determinar** el periodo anual en el que es más conveniente iniciar la autoconstrucción de una vivienda social. Las propiedades mecánicas del suelo (presión de expansión, ángulo de fricción y cohesión) se **determinan** mediante ensayos geotécnicos para conocer los posibles movimientos diferenciales del terreno y así evitar las carencias a corto plazo que sufren estas viviendas en nuestro país, consiguiendo que el suelo ideal. El período de construcción es de octubre a marzo, de lo contrario, en el período de abril a septiembre es crítico, por lo que los cimientos aumentan de costo.

(Pilas helicoidales en suelos expansivos: caso de aplicación, 2023) en el artículo titulado: “Pilas helicoidales en suelos expansivos: caso de aplicación” tiene como **objetivo** presentar una metodología de diseño e instalación de pilotes helicoidales en un suelo

expansivo de Juriquilla, Querétaro. Este proceso es para trabajos de remediación de una estructura que presenta daños por cambio de volumen en el suelo, para lo cual se buscó hacer un proceso de recimentación a través de un sistema de pilas helicoidales, el cual ya tiene tiempo en el mercado, pero su uso no es tan común si se compara con otros (micropilotes). Se considera un sistema confiable que transmite las cargas al suelo, su procedimiento de colocación es rápido y es un método que genera pocos cambios en la estructura del suelo. Este procedimiento se recomienda para la reparación de cimentaciones y para la construcción de estructuras pequeñas. Se hicieron estudios geofísicos para conocer qué tipo de suelo era el que estaba generando los daños, determinándose que se trataba de un suelo expansivo que tenía filtraciones de agua. En este proyecto se favoreció el uso pilotes de gran capacidad para reducir la cantidad de piezas y evitar el posible daño a las líneas de instalación y así también alcanzar el torque de diseño requerido a menor profundidad esta aplicación tuvo un resultado positivo ya que ayudó a que la estructura tuviera un mejor soporte y que el cambio de volumen del suelo generado por las infiltraciones de agua de la zona, no originara más problemas en la construcción.

(Herrada, 2022) en la tesis titulada: “Metodología para el diseño de cimentaciones superficiales en suelos expansivos con un modelo elastoplástico basado en esfuerzos efectivos”, la deformación volumétrica es un parámetro fundamental para el cálculo de los asentamientos de ciertos y determinados tipos de suelos dentro de un estudio geotécnico, particularmente de los suelos arcillosos y con grandes potenciales de expansión. En este trabajo se pretende encontrar una metodología que nos permita llegar a este valor con la menor cantidad de ensayos posibles, pero manteniendo su efectividad y precisión. Para tal propósito se estaría empleando un modelo constitutivo elastoplástico desarrollado por Verdín, (2018). Debido a que este modelo es solo aplicable a suelos arcillosos o con un alto contenido de finos, la metodología también queda condicionada a este tipo de suelos, por lo que previamente se debe contar con la información de su clasificación. La implementación de un modelo para suelos no saturados en el cual la variable de esfuerzo efectivo permita simplificar las ecuaciones constitutivas, representa la unificación de la teoría de mecánica de suelos. Es por ello que este modelo ofrece grandes ventajas ante las deformaciones que presentan los suelos expansivos. Para encontrar la deformación volumétrica se deben realizar las siguientes pruebas: Cálculo de succión, grado de saturación y elaboración de la Curva de Retención Agua-Suelo, cálculo de la relación de vacíos inicial y máxima, determinación de

los parámetros generales  $k$  y  $l$ , cálculo de la relación de vacíos mínima, cálculo de los esfuerzos efectivos mediante la ecuación planteada en este trabajo, cálculo de la densidad relativa, cálculo del índice de expansión y el índice de expansión-colapso, y por último la determinación de la deformación volumétrica mediante la ecuación descrita. Finalmente, y como propósito principal de encontrar la deformación volumétrica, se pueden conocer los asentamientos que ocurren bajo una determinada cimentación en este tipo de suelos.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

(Laurente Zorrilla, 2020) en la tesis titulada; “Evaluación de factores estructurales de viviendas construidas empíricamente frente a la vulnerabilidad sísmica, asentamiento humano la ensenada puente piedra-lima”, cuyo **objetivo** general fue: **Determinar** qué parámetros estructurales tienen mayor incidencia en la vulnerabilidad sísmica de viviendas construidas empíricamente. El **tipo de estudio fue el aplicado**, de nivel descriptivo – explicativo y diseño de estudio cuasi experimental; la población estuvo conformada por un total de 300 viviendas y la muestra probabilística es de 40 viviendas a evaluar. Producto del estudio se **concluye** que de acuerdo a los parámetros estructurales definidos como, área del terreno, cantidad de pisos, antigüedad, y asesoría profesional, han tenido influencia directa en la vulnerabilidad sísmica de viviendas construidas empíricamente, se ha encontrado viviendas con áreas construidas entre 10 m<sup>2</sup> y 50 m<sup>2</sup> con un índice de vulnerabilidad promedio de 190, mientras que el promedio para áreas superiores fue de 120.

(Conde Catacora, 2019) en la tesis titulado: “Cálculo de capacidad portante en suelos expansivos”, tiene como se sabe las partículas de suelo provienen de la desintegración de las rocas de la corteza terrestre y que estas partículas de suelos se identifican como gravas, arenas, limos, arcilla y que a través de su comportamiento mecánicos granulométricos y plasticidad se clasifican en SUCS y AASTHO. La clasificación SUCS fue presentado por Arthur Casagrande donde indica la existencia de tres grandes grupos de suelos para su clasificación: grano grueso, grano fino y suelo orgánico. También otra clasificación de suelo el sistema AASTHO considera siete grupos básicos desde A-1 hasta A-7 que fue desarrollado por Terzaghi y Hogentogle. Generalmente para que un suelo arcilloso sea expansivo debe contener un mineral llamado montmorilonita que demuestre cambios de volumen al ser saturado con agua y que han venido siendo responsables de las estructuras colapsadas. Por el cual se ha **determinado** métodos para el grado de expansivita en los suelos: métodos puramente cualitativos que se basan en pruebas de límites de atterberg (LL,

LP, IP) y utilizando la carta de Williams se identifica el porcentaje de expansivita y el método semicuantitativo que generan resultados numéricos de expansión, mediante las pruebas de expansión libre y controlada). **Concluyo**, se trabajó con la capacidad portante del suelo, según la teoría de Terzaghi el cual menciona la capacidad portante del suelo debe ser mayor que las fuerzas que transmiten la estructura a través de sus elementos de apoyo.

(Valle Rojas, Juan Daniel, 2019) en la tesis titulada; “Análisis de diseño de mezclas de concreto con asentamiento cero en zonas sobre 4550 msnm, caso Morococha en el 2019” responde al siguiente problema: ¿Cuál factible es diseñar mezclas de concreto con asentamiento cero en zonas sobre 4550 msnm, caso Morococha? Cuyo **objetivo** es: Evaluar si es viable un diseño de mezclas de concreto con asentamiento cero en zonas sobre 4550 msnm, caso Morococha. El tipo de estudio es aplicado, de nivel de estudio exploratorio, de diseño de investigación experimental. Se **concluye** que el empleo de una mezcla de concreto con asentamiento cero a corto plazo permite la filtración o percolación del agua proveniente de las lluvias, favoreciendo la recarga de acuíferos y previniendo la inundación de las áreas donde se proyectan y a pesar de lograr un óptimo resultado de resistencia a la compresión y un contenido de vacíos permisibles, a largo plazo, se presentan defectos y consecuencias como la obstrucción de los poros del concreto y que con el uso tanto vehicular como peatonal con el pasar de los años no cumplirá su función inicial.

(Facundo, 2021) en su tesis titulada “Asentamiento diferencial de una estructura inducida por la falla de los terrenos en el distrito de ancón, lima – 2021”, el **objetivo** de la presente tesis fue determinar la relación entre el asentamiento diferencial de una estructura y la falla de los terrenos en el distrito de Ancón; para obtener el resultado se llevará a cabo el estudio de campo, mediante la extracción de calicatas para determinar las propiedades físicas, mecánicas, químicas. Con el fin de modelar una vivienda unifamiliar de tres pisos de un área de 140m<sup>2</sup> en el programa Etabs 2018. Para **determinar** si dicho terreno presenta fallas, se apoyó de las propiedades físicas y mecánicas, las cuales fueron obtenidas de los ensayos de clasificación del SUCS por tamizado y el ensayo de compresión triaxial; la metodología consistió en determinar la capacidad portante del suelo, con lo cual se podrá determinar el asentamiento diferencial, la cual obtuvo de dos formas, una metodológica y la otra por Safe, dichos valores se encuentran por debajo del asentamiento admisible para arenas que es de 3.4cm. De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio. Para las propiedades físicas, arrojo un suelo “SP”, la cual define es de arena

pobremente graduada; las propiedades mecánicas, se **determinó** la cohesión que presenta el suelo y el ángulo de fricción; para las propiedades químicas se determinó la presencia de cloruros y sulfatos, cuales resultados se encuentran por debajo de los límites perjudiciales para la estructura; llegando a **concluir** que el asentamiento diferencial depende de la falla que presente el terreno, a raíz de ello llegue a concluir que el asentamiento diferencial depende de la falla del terreno, a ello se deduzca lo importante de elaborar un estudio de mecánica de suelos previo a la construcción.

(Peralta, y otros, 2021), en la presente tesis titulada: “Caracterización de arcillas expansivas y mitigación de riesgos”, la presencia de suelos arcillosos expansivos ocasiona problemas durante y después de una construcción, en el segundo caso se producen daños en la estructura que ocasionan grandes costos de reparación. Por ello, es importante conocer el comportamiento de este tipo de suelo a través de un análisis de sus características físicas, mecánicas y mineralógicas, además de métodos para reconocer la presencia y el potencial de expansión de la arcilla y así poder plantear la alternativa más adecuada para mitigar los riesgos asociados a este tipo de suelo. Para identificar la presencia de arcillas la norma E.050 de Suelos y Cimentaciones recomienda ensayos para identificar características físicas y mecánicas, otra forma de identificarlas es por medio de identificación mineralógica, además de métodos directos e indirectos. Todos los métodos se centran en **determinar** el potencial de hinchamiento de las arcillas expansivas que pueden ser bajo, medio, alto o muy alto. En base a este potencial se plantea si es mejor el reemplazo de suelo, el mejoramiento de suelo o simplemente evitar la construcción en dichas zonas por el peligro que representan. Además, al identificar los lugares en Perú con presencia de arcillas y revisar algunos casos y las soluciones empleadas ya sea a corto, mediano o largo plazo. Se **concluyó** que faltan estudios de suelos en diversos lugares del país, pero se sabe que las arcillas predominan principalmente en el norte. Y se sugiere buscar otras formas para mejorar el suelo con un menor costo e impacto ambiental, ya que el (Instrucciones y criterios de diseño. Manual de Carreteras de Chile, 2014) para el caso de la subrasante, solo sugiere el uso de cal y cemento Portland.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Origen y composición de los suelos**

De acuerdo con (Barreta, 2000), el suelo es un material muy complejo que está compuesto de materia sólida, líquida y gaseosa, donde la fase sólida puede ser mineral u orgánica, la porción mineral consiste en partículas de grandes tamaños, formas y composiciones químicas. La fracción orgánica incluye residuos en diferentes etapas de descomposición y organismos en estado de vida activa.

Los suelos son una mezcla compleja de minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos que se desarrollan a partir de la interacción de diversos procesos físicos, químicos y biológicos a lo largo del tiempo geológico. La composición y el origen de los suelos pueden variar según la región, el clima, la topografía, el tipo de roca madre y otros factores ambientales. Sin embargo, en términos generales, la composición y el origen de los suelos se pueden entender de la siguiente manera:

#### **2.2.1.1. Composición de los suelos**

- **Minerales:** Los minerales son la parte inorgánica del suelo y provienen de la descomposición de las rocas madre a lo largo del tiempo. Los minerales más comunes en los suelos son arcilla, limo y arena, que proporcionan diferentes propiedades físicas y químicas al suelo.
- **Materia orgánica:** La materia orgánica en el suelo proviene de la descomposición de plantas, animales y microorganismos. Esta materia orgánica es fundamental para la fertilidad del suelo, ya que proporciona nutrientes y mejora la estructura del suelo.
- **Agua y aire:** El suelo contiene poros que pueden llenarse de agua o aire, dependiendo de las condiciones climáticas y la textura del suelo. El agua y el aire son esenciales para la vida de las plantas y otros organismos del suelo.
- **Organismos vivos:** Los suelos albergan una amplia variedad de organismos vivos, como bacterias, hongos, lombrices, insectos y plantas. Estos organismos desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, la formación de nutrientes y la estructuración del suelo.

### **2.2.1.2. Origen de los suelos:**

- Meteorización de rocas madre: Los suelos se forman a partir de la descomposición física y química de las rocas madre, proceso conocido como meteorización. La meteorización puede ser causada por la acción del agua, el viento, la temperatura, las plantas y los organismos del suelo a lo largo del tiempo.
- Depósito de sedimentos: Los suelos también pueden formarse a partir de la acumulación de sedimentos transportados por el agua, el viento o el hielo. Los sedimentos se depositan en áreas bajas como valles, llanuras aluviales o deltas, donde se acumulan capas de suelo con el tiempo.
- Actividad biológica: La actividad de los organismos vivos en el suelo, como las plantas, los microorganismos y los animales, también contribuye a la formación y evolución del suelo. La descomposición de la materia orgánica, la actividad de las raíces y la secreción de sustancias por parte de los organismos pueden modificar la composición y estructura del suelo.

### **2.2.2. Técnicas directas determinación expansividad**

La expansividad del suelo se refiere a su capacidad para expandirse o contraerse debido a cambios en su contenido de humedad. La determinación de la expansividad es importante en ingeniería civil y geotécnica para evaluar la estabilidad y la capacidad portante del suelo, especialmente en la construcción de cimientos y estructuras.

#### **2.2.2.1. Ensayo Lambe**

El ensayo Lambe, también conocido como Ensayo de Compactación Lambe, es un método utilizado en ingeniería civil y geotécnica para determinar la relación entre la humedad y la densidad seca de un suelo. Este ensayo es fundamental para comprender el comportamiento y las propiedades de los suelos en diferentes condiciones de humedad y compactación, lo que a su vez es esencial para el diseño y la construcción de estructuras como carreteras, presas, cimientos y edificios.

El ensayo Lambe implica compactar una muestra de suelo en un molde de forma cilíndrica en capas sucesivas, agregando una cantidad específica de suelo a cada capa. Luego, cada capa se compacta utilizando una maza estandarizada que cae desde una

altura determinada. Después de compactar todas las capas, se retira el molde y se mide la densidad seca del suelo compactado.

El proceso se repite para diferentes contenidos de humedad, lo que permite determinar la densidad seca óptima del suelo para cada nivel de humedad. Esta información se utiliza para construir una curva de compactación, que muestra la relación entre la humedad y la densidad seca del suelo. La densidad seca óptima representa el contenido de humedad en el que se logra la máxima densidad seca del suelo, lo que indica la mejor compactación posible para ese tipo de suelo.

El ensayo Lambe es una técnica estándar y ampliamente utilizada en la caracterización de suelos y en el diseño de proyectos de ingeniería civil. Proporciona información importante sobre las propiedades de compactación del suelo, que son fundamentales para garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras construidas sobre él

#### **2.2.2.2. Ensayo de hinchamiento libre en edómetro**

El ensayo de hinchamiento libre en un edómetro es una técnica utilizada en geotecnia para evaluar la expansividad de los suelos, especialmente de las arcillas expansivas. Este ensayo es importante para comprender cómo un suelo puede cambiar de volumen cuando se somete a variaciones en su contenido de humedad.

#### **2.2.2.3. Ensayo de presión de hinchamiento en edómetro**

El ensayo de presión de hinchamiento en un edómetro es una técnica utilizada en geotecnia para evaluar la expansividad de los suelos, particularmente de las arcillas expansivas. Este ensayo es fundamental para comprender cómo un suelo puede cambiar de volumen cuando se somete a variaciones en su contenido de humedad y a la aplicación de cargas externas.

La expansividad de suelos remoldeados también puede medirse en el ensayo CBR pero solo a título orientativo. Para cuantificar la expansividad es mejor recurrir a los ensayos anteriores.

### **2.2.3. Evaluación del potencial de expansión**

Existen varios criterios que permiten clasificar de forma adecuada a suelos dentro de los cuales tenemos:

### 2.2.3.1. Métodos de determinación del grado de expansión.

Este tipo de métodos se basa en el análisis de las propiedades índice de los suelos (límite líquido, límite plástico y límite de contracción volumétrica) para identificar primero, y luego clasificar los suelos expansivos. La determinación del potencial expansivo mediante métodos indirectos se basa en los ensayos de Límite de Atterberg, la contracción lineal, el contenido coloidal y cambio de volumen potencial, entre otros.

### 2.2.3.2. Método de Holtz y Gibbs

(Holtz, y otros, 1956) demostraron que el índice plástico y el límite líquido son índices útiles para determinar las características de expansión de las arcillas. El grado de peligrosidad que ofrecen las arcillas ha sido correlacionado por sus según el cuadro:

*Tabla 1. Grado de peligrosidad de las arcillas*

Partículas <1u	Lp	Lc %	Expansión probable	Grado de Expansión
<15	<18	>15%	<10	<b>Bajo</b>
13-23	18-28	10-16	10-30	<b>Medio</b>
20-31	25-41	7-12	20-30	<b>Alto</b>
>28	>35	<11	>30	<b>Muy alto</b>

*Fuente:* (Holtz, y otros, 1956).

### 2.2.3.3. Método de Seed, Woodward y Lundgren

(SEED, y otros, 1962), es una técnica utilizada para determinar el índice de plasticidad de un suelo, que es una medida de su capacidad para deformarse sin romperse. Este método se utiliza comúnmente en geotecnia para caracterizar las propiedades del suelo y es especialmente útil en el análisis de suelos cohesivos, como arcillas y limos.

**Ecuación 1.: Ecuación del potencial de hinchamiento.**

$$S = 60 * K * IP^{2.44}$$

**Fuente:** (SEED, y otros, 1962)

Donde:

- S: Potencial de Hinchamiento
- IP: Índice Plástico
- $K = 3.6 * 10^{-5}$

**Tabla 2: Valores para el Factor S.**

Valor de S	Grado de potencial	Índice de plasticidad	Grado de potencial expansivo según
0-1.5	Bajo	0-15	Bajo
1.5-5	Medio	10-35	Medio
5-25	Alto	20-55	Alto
>25	Muy alto	>35	Muy alto

**Fuente:** (SEED, y otros, 1966).

#### **2.2.3.4. Método de Ranganathan y Stayanarayana**

Según, (RANGANATHA, y otros, 1979), también conocido como Método de Consolidación por Incrementos, es una técnica utilizada en geotecnia para determinar la consolidación del suelo y predecir el asentamiento de estructuras construidas sobre él. Este método es particularmente útil para suelos cohesivos como arcillas y limos. Dan una tabla para reconocer la potencialidad de la expansión, dando un nuevo índice de contracción; en donde este índice de contracción es obtenido como la variación del contenido de humedad correspondiente al límite líquido y al límite de contracción según la siguiente expresión:

*Ecuación 2. Ecuación de límite líquido*

$$IC=LL-LC$$

Donde:

- IC: Índice de Contracción
- LL: Límite líquido
- LC: Límite de Contracción

*Tabla 3. Valor del peligro de hinchamiento en función al índice de contracción.*

<b>Índice de contracción</b>	<b>Peligro de Hinchamiento</b>
0 – 20	Bajo
20 – 30	Medio
30 – 60	Alto
> 60	Muy alto

*Fuente: (RANGANATHA, y otros, 1979).*

#### **2.2.4. Suelos expansivos**

De acuerdo con (Nelson, y otros, 2015), son tipos de suelos que tienen la capacidad de expandirse y contraerse significativamente en respuesta a cambios en su contenido de humedad. Estos suelos son típicamente ricos en arcillas, especialmente en minerales de arcilla como la montmorillonita, la illita y la esmectita, que tienen propiedades expansivas cuando están saturadas de agua.

Cuando los suelos expansivos absorben agua, las partículas de arcilla se hinchan y el suelo aumenta de volumen. Por el contrario, cuando el suelo se seca, las partículas de arcilla se contraen y el suelo se encoge. Esta expansión y contracción puede provocar movimientos del suelo que pueden ser perjudiciales para las estructuras construidas sobre él, como cimientos, losas de concreto, carreteras y tuberías.

Por otro lado (GRIM, 1959), dentro de los factores en la escala microscópica, se tiene a la mineralogía de los suelos el contenido mineralógico depende de los minerales arcillosos

que se encuentran en la micro estructura de las partículas de arcilla y de su interacción con el agua existente en el terreno, esta es la principal causa de la existencia de los distintos tipos de suelos arcillosos. Por lo general, las partículas arcillosas están compuestas químicamente por silicatos de aluminio, hierro y magnesio; mayormente presentan un tamaño menor a 0.004 mm y se estructuran en forma de capas o láminas.

Según (Nelson, y otros, 2015), son un tipo específico de arcillas que tienen la capacidad de expandirse considerablemente cuando absorben agua y de contraerse cuando se secan. Son un componente común de los suelos expansivos y pueden causar problemas significativos en la ingeniería civil y la construcción de estructuras. Las capas se unen con otras similares mediante enlaces químicos, ya sean débiles o fuertes dependiendo del grupo de mineral arcilloso y del catión predominante en las mismas. Estos cationes son adsorbidos por la superficie de las partículas de arcilla, debido a que se necesita balancear la carga negativa de las mismas; y son, en parte, responsables de la expansión de la arcilla debido al fenómeno de hidratación que sufren.

Por otro lado (Chen, 1973), nos indica que dentro de los factores en la escala macroscópica tenemos propiedades como la densidad y el contenido de humedad, por el cual se realizaron ensayos a muestras con diferentes contenidos de humedad y densidad, en el cual se determinó que cuanto más seco sea el estado inicial tienen una mayor expansión.

### **2.2.5. Factores que influyen en la expansión del suelo**

(Castro, 1992), (Tang, 1992) y (Ballinas, 2006), nos indican que el hinchamiento de los suelos está sujeto a factores los cuales influyen en el comportamiento de los suelos expansivos. Los factores de mayor relevancia se listan a continuación:

#### **2.2.5.1. Contenido de arcilla**

Los suelos que presentan niveles elevados de arcilla tienden a mostrar una mayor tendencia a la expansión en comparación con otras categorías de suelos. Este comportamiento se debe a la capacidad inherente de la arcilla para retener agua, lo que provoca su expansión al absorber la humedad. Este atributo no solo afecta las propiedades físicas del suelo, sino que también puede tener repercusiones significativas en aspectos como la estabilidad del terreno y la planificación de proyectos de construcción. Por lo tanto, comprender y gestionar eficazmente las características de los suelos arcillosos es crucial en diversas aplicaciones.

### **2.2.5.2. Contenido de agua**

La presencia de agua en el suelo emerge como un elemento fundamental que incide directamente en su capacidad de expansión. En el proceso de absorción de agua, las partículas de arcilla, al entrar en contacto con la humedad, experimentan un fenómeno de hinchamiento que se traduce en un incremento significativo de su volumen. Este cambio en las dimensiones del suelo, motivado por la expansión de las partículas arcillosas, puede tener repercusiones sustanciales en la estructura y comportamiento del terreno. La expansión resultante no solo influye en las propiedades físicas del suelo, sino que también puede afectar aspectos relevantes como la estabilidad del terreno y la planificación de obras civiles, subrayando así la importancia de comprender a fondo la dinámica entre el contenido de agua y la expansión del suelo.

### **2.2.5.3. Variaciones de humedad**

Las variaciones estacionales y las oscilaciones en los niveles freáticos son elementos cruciales que pueden tener un impacto significativo en la presencia de agua en el suelo, y, en consecuencia, desempeñar un papel clave en su capacidad de expansión. Estos cambios estacionales, junto con las variaciones en los niveles freáticos, son factores esenciales que influyen en la dinámica hidrológica del suelo. En especial, en zonas con suelos arcillosos, las variaciones en la humedad pueden ser particularmente problemáticas, ya que las partículas de arcilla tienen una marcada afinidad por el agua y pueden experimentar modificaciones sustanciales en su volumen en respuesta a las fluctuaciones en la disponibilidad de agua en su entorno circundante. Una comprensión detallada de estas interacciones estacionales y del nivel freático se vuelve esencial para prever y gestionar de manera efectiva los posibles problemas asociados con la expansión del suelo en estas áreas, subrayando la importancia de estrategias de mitigación y una planificación cuidadosa en entornos con suelos arcillosos.

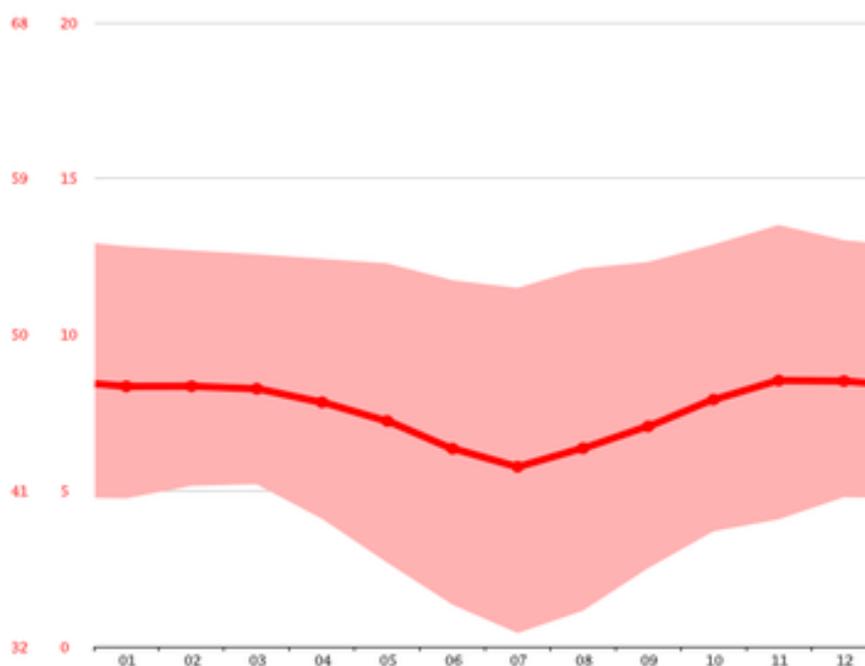
### **2.2.5.4. Clima**

Las condiciones climáticas, que abarcan elementos como la cantidad y la distribución de las lluvias, la temperatura y la humedad relativa, desempeñan un papel determinante en el proceso de expansión del suelo. Específicamente, los periodos de intensas precipitaciones seguidos por épocas de sequía pueden exacerbar notablemente la propensión expansiva del suelo.

La dinámica climática resulta esencial, ya que la cantidad de lluvia incide directamente en la humedad del suelo. Durante episodios de lluvia intensa, el suelo absorbe una cantidad significativa de agua, ocasionando la hinchazón de las partículas de arcilla y, en consecuencia, el aumento del volumen del suelo. Posteriormente, en periodos de sequía, la pérdida de humedad conlleva a la contracción del suelo.

Este ciclo continuo de expansión y contracción, intensificado por las variaciones climáticas, puede tener implicancias sustanciales en la estabilidad del terreno. Por tanto, es esencial considerar estas complejas interacciones entre las condiciones climáticas y la expansión del suelo al diseñar y ejecutar proyectos en áreas propensas a este fenómeno, subrayando la necesidad de estrategias de mitigación y un enfoque meticuloso en la gestión de suelos con estas características.

*Ilustración 1. Variación del clima en la ciudad de Jauja*

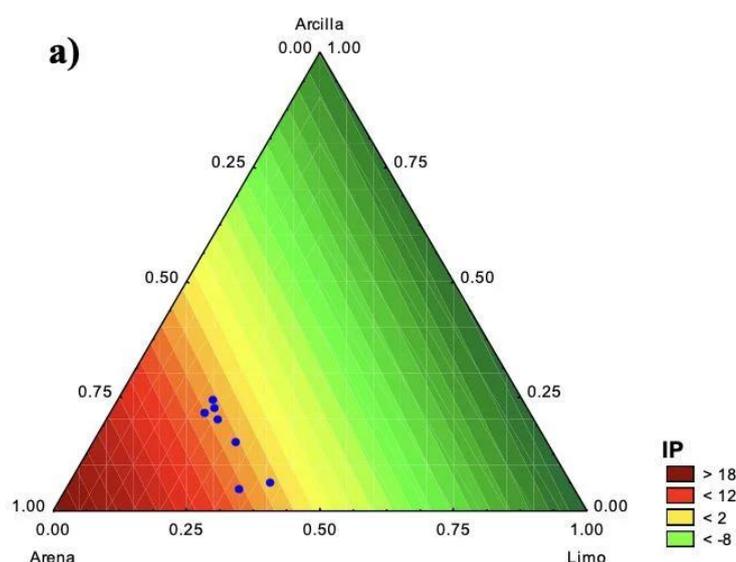


*Fuente: IGP*

#### **2.2.5.5. Tipo de suelo**

Además de la arcilla, hay otros tipos de suelos, como los limos expansivos, que también pueden experimentar procesos de expansión. La composición mineralógica y la estructura del suelo desempeñan un papel fundamental en determinar su capacidad para la expansión.

## Ilustración 2. Comportamiento físico de la arcilla



Fuente: Revista ingenio

La diversidad de suelos que pueden exhibir propiedades expansivas destaca la importancia de considerar no solo la presencia de arcilla, sino también la composición y organización mineralógica del suelo en su conjunto. La variabilidad en la expansión no solo se relaciona con la presencia de ciertos componentes, sino también con la forma en que interactúan en la estructura del suelo. Por lo tanto, una comprensión detallada de la mineralogía y la organización del suelo se vuelve esencial al evaluar y abordar la posible expansión en distintos tipos de suelos, enriqueciendo así la planificación y gestión de proyectos en áreas con estas características particulares.

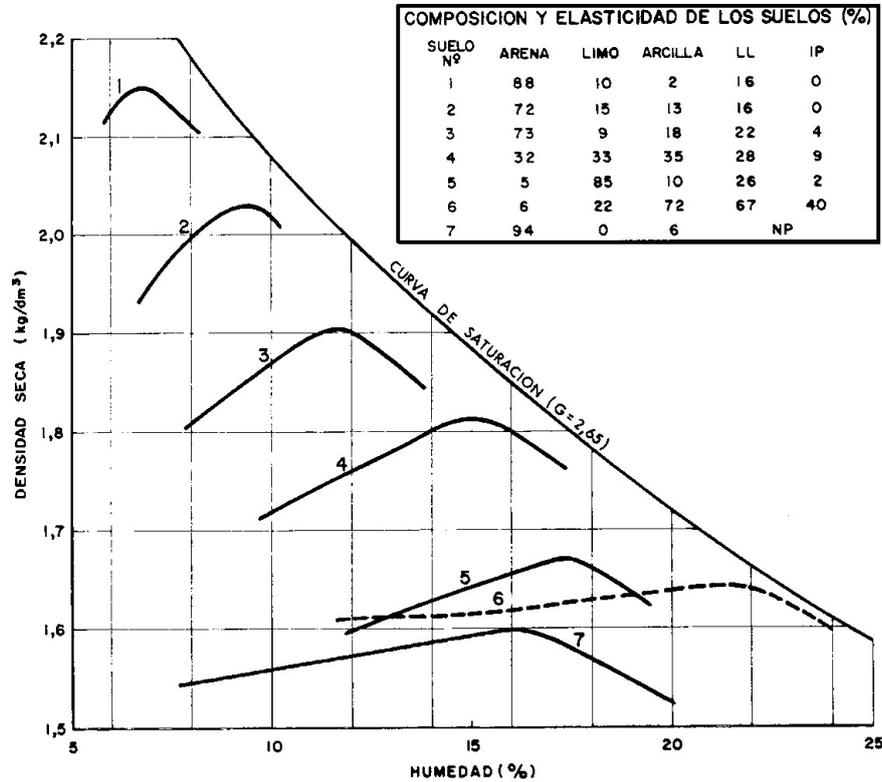
### 2.2.5.6. Compactación del suelo

La compactación del suelo puede restringir la capacidad de expansión al disminuir el espacio entre las partículas. No obstante, es crucial señalar que este proceso también puede incrementar la presión sobre el suelo, lo que puede desencadenar una expansión más pronunciada cuando se humedece.

Cuando el suelo se compacta, las partículas se comprimen, reduciendo los huecos entre ellas. Esta disminución en la porosidad limita la capacidad del suelo para expandirse, ya que hay menos espacio para que las partículas se hinchen durante la absorción de agua. Sin embargo, la compactación también puede tener un efecto opuesto al aumentar la presión sobre el suelo. Este aumento en la presión puede crear condiciones propicias para una

expansión más marcada cuando el suelo se humedece, ya que las partículas comprimidas pueden liberar más fácilmente el agua absorbida, lo que resulta en una potencial expansión más pronunciada.

*Ilustración 3. Curva de compactación de un suelo*



*Fuente: Universidad politécnica de Valencia*

Por consiguiente, comprender la intrincada relación entre la compactación del suelo y su capacidad de expansión es esencial para gestionar eficazmente terrenos sujetos a estos procesos, subrayando la importancia de estrategias de mitigación y prácticas de manejo del suelo cuidadosamente planificadas.

### **2.2.5.7. Actividades humanas**

Las acciones antropogénicas, tales como la construcción de edificaciones, carreteras y otros proyectos de infraestructura, ejercen una influencia significativa en las condiciones del suelo, pudiendo ser un catalizador importante de procesos expansivos. Esta influencia se manifiesta con mayor intensidad cuando no se implementan medidas preventivas y de control adecuadas durante la ejecución de estas actividades.

La complejidad de estos factores se manifiesta en su interacción, la cual puede variar sustancialmente según la ubicación geográfica y las características particulares del suelo en cuestión. La comprensión profunda de estos elementos se convierte en un pilar esencial para anticipar y atenuar los problemas asociados con la expansión del suelo en áreas sometidas a actividades humanas.

*Ilustración 4. Efectos de los suelos expansivos*



*Fuente: Geotécnico*

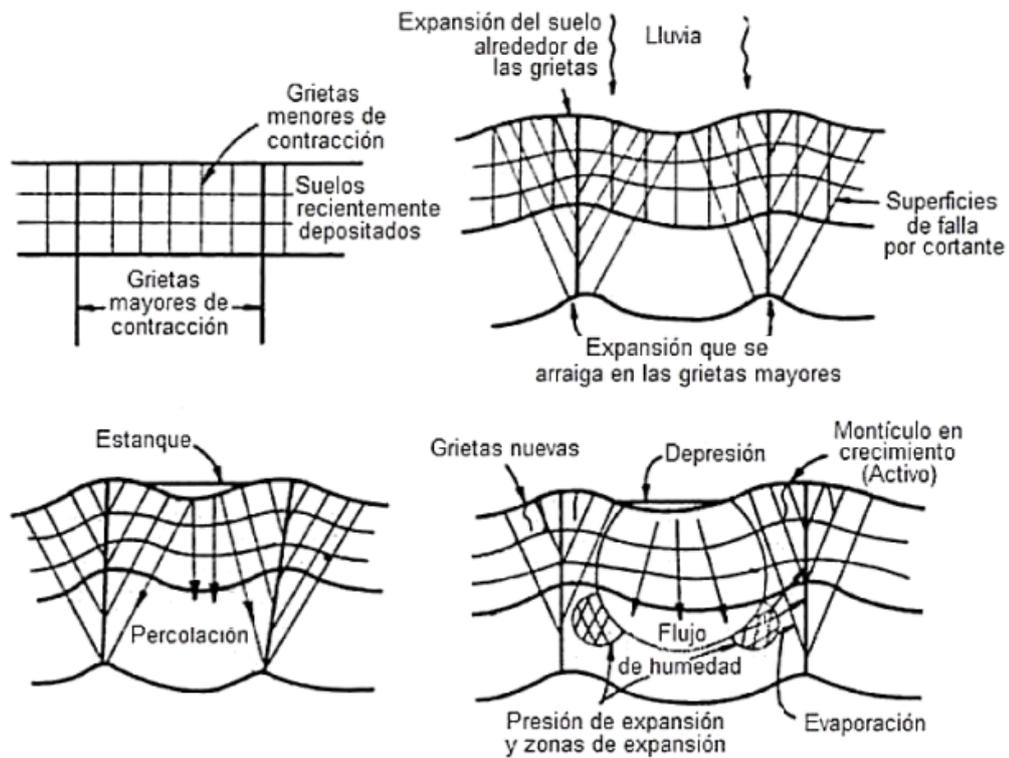
La planificación y ejecución de proyectos de construcción sin una consideración cuidadosa de las condiciones del suelo pueden desencadenar consecuencias adversas, desde la alteración de la estabilidad del terreno hasta el aumento potencial de la expansión del suelo. Por lo tanto, incorporar estrategias preventivas y de control específicas para cada situación se vuelve esencial para minimizar los impactos negativos y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las obras de infraestructura.

#### **2.2.6. Reconocimiento de los suelos expansivos**

Algunas de las consideraciones que debemos tener en cuenta para la identificación de suelos expansivos están basadas primordialmente en las características que presentan los terrenos, como por ejemplo estas están conformadas por arcillas expansivas, limos y otros suelos finos que tienen a expandirse cuando son saturados con agua. Otra de las consideraciones es realizando un análisis de muestras llevando a cabo ensayos como los límites de Atterberg, la capacidad de expansión. Por último, podemos mencionar las investigaciones y modelado geotécnico para simular el comportamiento del suelo expansivo bajo diferentes cargas y condiciones ambientales, los cuales son de suma importancia para

el diseño de cimentaciones y estructuras que ayuden a minimizar los efectos de la expansión del suelo.

*Figura 1: Etapas para el desarrollo de estructuras Gilgais.*



*Fuente:* (Ballinas, 2006).

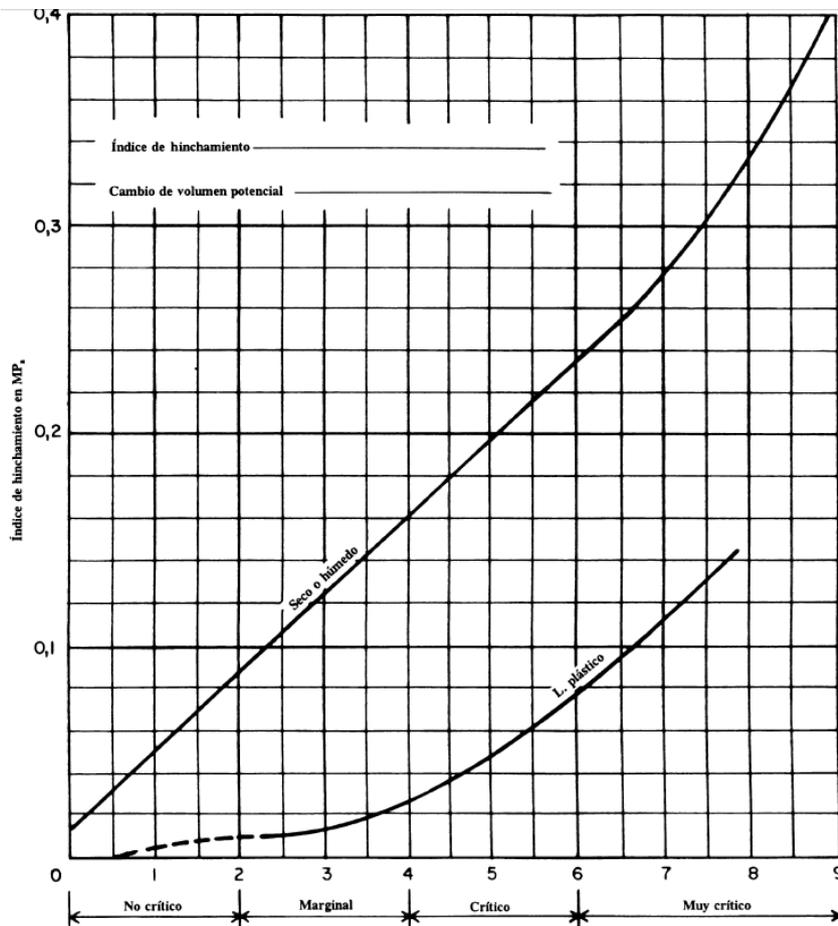
### 2.2.7. Determinación Del Grado De Expansividad

La necesidad apremiante de evaluar y definir el grado de expansividad de los suelos, con el fin de optimizar los diseños estructurales o establecer nuevas estructuras, ha dado lugar al desarrollo de diversos métodos específicos. Estos métodos, concebidos para abordar la complejidad de las propiedades expansivas del suelo, pueden ser categorizados de manera general en enfoques cualitativos y semi cualitativos.

La diversidad de estos métodos refleja la importancia de adoptar enfoques adaptables y versátiles para comprender las características del suelo en términos de expansión. La clasificación según su naturaleza cualitativa o semi cualitativa busca proporcionar herramientas prácticas y confiables que permitan a los profesionales de la ingeniería y diseño estructural tomar decisiones informadas en el desarrollo de proyectos, teniendo en cuenta las particularidades de los suelos y su potencial expansivo. Esta clasificación resulta esencial

para asegurar una evaluación precisa y la aplicación efectiva de estrategias de diseño, mejorando así la resistencia y eficiencia de las estructuras en entornos donde la expansión del suelo es un factor crítico a considerar.

*Ilustración 5. Curva de expansividad de suelos*



*Fuente: Estudios Geotécnicos*

### 2.2.7.1. Métodos cualitativos

Los métodos cualitativos para determinar el grado de expansividad de los suelos se basan en la observación de ciertas características del suelo que sugieren su potencial de expansión. Estos métodos no proporcionan mediciones numéricas precisas, pero pueden ofrecer una indicación inicial sobre la naturaleza expansiva del suelo. Algunos de los métodos cualitativos comunes incluyen:

- **Inspección Visual:** Este método implica observar las características físicas del suelo, como su textura, color y estructura. Los suelos expansivos suelen tener una alta proporción de arcilla y pueden exhibir grietas en la superficie cuando se secan.

- **Prueba de Absorción de Agua:** Consiste en observar cómo el suelo absorbe y retiene agua. Los suelos expansivos tienden a absorber grandes cantidades de agua, lo que puede provocar un aumento significativo de volumen.
- **Observación de Estructuras Adyacentes:** Si hay estructuras cercanas que hayan experimentado problemas debido a la expansión del suelo, esto puede indicar la presencia de suelos expansivos en la zona.

#### **2.2.7.2. Métodos Semicuantitativos**

Los métodos semicuantitativos generalmente implican pruebas de laboratorio o de campo que pueden no proporcionar resultados numéricos exactos, pero que ofrecen una evaluación más detallada que los métodos puramente cualitativos. Algunos ejemplos de métodos semicuantitativos para determinar la expansividad del suelo incluyen:

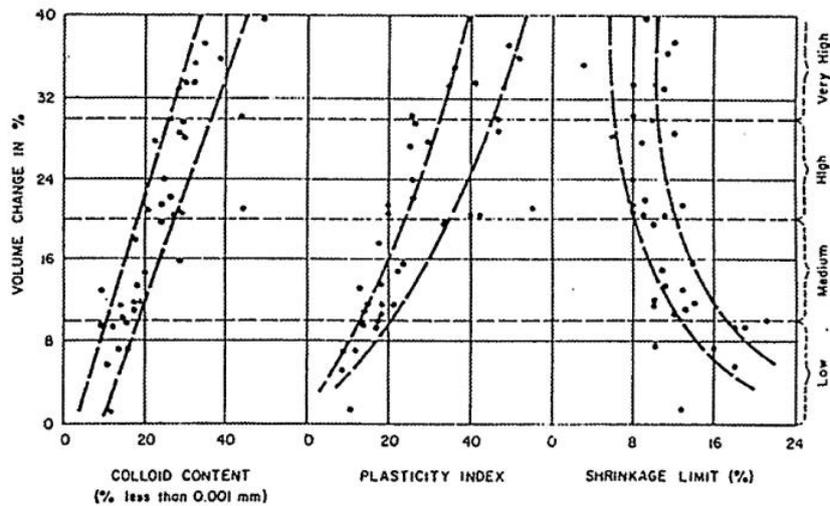
- **Ensayo de hinchamiento o Presión de hinchamiento:** Se introduce una muestra de suelo en un recipiente cerrado y se le suministra agua. Se mide la cantidad de hinchamiento que experimenta la muestra bajo condiciones controladas.
- **Ensayo de Expansión Libre:** Se coloca una muestra de suelo en un recipiente y se le permite expandirse libremente al añadir agua. Se mide la cantidad de expansión que experimenta la muestra.
- **Pruebas de Laboratorio:** Se realizan pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo, como el contenido de arcilla, la plasticidad y la capacidad de absorción de agua.

#### **2.2.7.3. Propiedades índices**

Las propiedades índices en los suelos son aquellas características básicas que se utilizan para clasificar y caracterizar los suelos. Estas propiedades proporcionan información fundamental sobre la composición, el comportamiento y la capacidad de ingeniería de un suelo específico.

Uno de los primeros estudios fue planteado por (Holtz, y otros, 1956), el cual relaciona 45 ensayos de diferentes suelos expansivos, los cuales presentaban propiedades diferentes como el índice de plasticidad, límite de contracción y porcentaje de expansión que se encontraban bajo una carga constante de 1psi.

**Ilustración 6. Relación entre el cambio de volumen del suelo y su contenido de colides, índice de plasticidad y límite de contracción.**



*Fuente: (Holtz, y otros, 1956).*

Con respecto a la figura anterior establecieron criterios para la identificación de suelos expansivos, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4: Apreciación de cambios volumétricos del suelo.**

% coloides (<0.001 mm)	Índice de plasticidad	Límite de contracción	Expansión probable (%)	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: (Holtz, y otros, 1956).*

Por otro lado, (Dakshanamurthy, y otros, 1973), presento el grado de hinchamiento en función a su índice de plasticidad, limite de contracción y parámetro adicional:

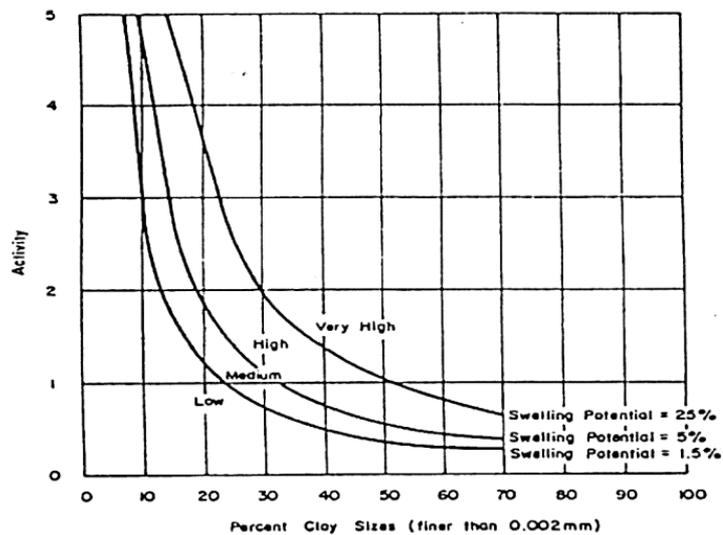
*Tabla 5: Grado de expansividad de suelo.*

Índice de plasticidad	Límite de contracción	Límite líquido	Grado de expansión
>35	<1	>70	<b>Muy alto</b>
25-41	7-12	50-70	<b>Alto</b>
15-25	10-16	35-50	<b>Medio</b>
<18	>15	20-35	<b>Bajo</b>

*Fuente:* (Dakshanamurthy, y otros, 1973).

De la misma manera (Seed, y otros, 1962), desarrollo un gráfico el cual está en función de la actividad coloidal y de la fracción inferior a 2  $\mu\text{m}$  para poder clasificar los suelos según el grado de expansividad que presentan.

*Figura 2: Potencial de hinchamiento en función de la actividad de las arcillas.*



*Fuente:* (Seed, y otros, 1962).

## 2.2.8. Factores que intervienen en la expansión del suelo

### 2.2.8.1. Índice de plasticidad

De acuerdo con (MTC, 2016), es una medida utilizada en ingeniería geotécnica para caracterizar la plasticidad de un suelo, es decir, su capacidad para deformarse sin romperse cuando se somete a fuerzas de compresión. Es una de las propiedades índice

más importantes para clasificar los suelos, especialmente aquellos que contienen una proporción significativa de partículas finas, como arcilla y limo.

$$I_p = LL - LP$$

Donde:

- LL: Límite líquido
- LP: Límite plástico

#### 2.2.8.2. Límites de atterberg

##### a) Límite líquido

Según el (MTC, 2016), es uno de los límites de Atterberg que se utiliza para caracterizar las propiedades de plasticidad de un suelo. Se define como el contenido de humedad en el suelo en el cual cambia de un estado plástico a un estado líquido, es decir, cuando el suelo comienza a fluir bajo la aplicación de fuerzas mínimas.

El límite líquido se determina típicamente mediante el ensayo de Casagrande, que es un método estándar de laboratorio. En este ensayo, se toma una muestra de suelo y se mezcla con agua hasta obtener una pasta homogénea. Luego, la pasta de suelo se coloca en un aparato que consiste en una copa de vidrio estándar y una mesa de impacto. Se levanta la copa a intervalos regulares y se deja que la pasta fluya a lo largo de un surco hecho en ella. El número de golpes necesarios para cerrar el surco a una cierta distancia se registra y se utiliza para calcular el límite líquido.

El límite líquido se expresa como un porcentaje del peso seco del suelo. Cuanto mayor sea el límite líquido, más plástico será el suelo. Los suelos con un límite líquido alto tienden a ser más susceptibles a la deformación y a experimentar mayores cambios de volumen cuando se someten a cargas o cambios en la humedad.

*Ecuación 3. Fórmula del límite líquido*

$$LL = W \left( \frac{N}{25} \right)$$

*Fuente:* (MTC, 2016).

Donde:

- LL: Límite líquido
- W: Porcentaje de humedad del suelo
- N: Número de golpes necesarios para cerrar la ranura de la copa

**b) Límite plástico**

De acuerdo con (MTC, 2016), es otro de los límites de Atterberg utilizados para caracterizar las propiedades de plasticidad de un suelo. Se define como el contenido de humedad en el suelo donde cambia de un estado plástico a un estado semisólido, es decir, cuando el suelo deja de fluir y comienza a comportarse como un material más cohesivo.

El límite plástico se determina generalmente mediante el ensayo de la cuchara de Casagrande u otros métodos similares. En este ensayo, una muestra de suelo con una cierta humedad se forma en una bola y se enrolla en una superficie lisa hasta formar un hilo de 3 mm de diámetro. El punto en el que el hilo de suelo comienza a romperse al enrollarse se toma como el límite plástico.

Al igual que el límite líquido, el límite plástico se expresa como un porcentaje del peso seco del suelo. Los suelos con límites plásticos más altos tienden a tener una mayor cohesión y son más resistentes al cambio de forma. La relación entre el límite plástico y el límite líquido proporciona información sobre la plasticidad del suelo y es útil en la clasificación y caracterización de los suelos para diversos fines de ingeniería, como el diseño de cimientos y la evaluación de la estabilidad del suelo.

*Ecuación 4. Formula del límite plástico.*

$$LP = \frac{Ph - Pi}{Pi} * 100 = \frac{Pn}{Pi} * 100$$

*Fuente: (MTC, 2016).*

Donde:

- LP: Límite plástico en %
- W: Porcentaje de humedad del suelo

- Ph: Peso húmedo en gramos
- Ps: Peso seco en gramos
- Pw: Peso del agua contenida

**c) Límite de contracción**

Para el (MTC, 2016), es un procedimiento utilizado en ingeniería geotécnica para determinar la humedad a la que un suelo comienza a contraerse. Este ensayo es importante para comprender cómo un suelo se comportará bajo diferentes condiciones de humedad y cómo puede afectar la estabilidad de las estructuras construidas sobre él.

Durante el ensayo del límite de contracción, se toma una muestra de suelo en estado natural y se le proporciona una forma cilíndrica o cúbica. Luego, se coloca la muestra en un recipiente y se deja secar gradualmente al aire libre o en un horno a una temperatura constante.

El límite de contracción es especialmente relevante para proyectos de construcción donde la estabilidad del suelo es crucial. Por ejemplo, si un suelo se encuentra por debajo de su límite de contracción, puede volverse inestable y susceptible a la consolidación, la erosión y otros problemas geotécnicos.

*Ecuación 5. Fórmula para el límite de contracción*

$$Lc = w - \frac{(Vh - Vs)Dw}{Ps} * 100$$

*Fuente:* (MTC, 2016).

Donde:

- Lc: Límite de contracción en %
- W: Contenido de humedad del suelo
- Vh: Volumen del suelo húmedo
- Vs: Volumen del suelo seco
- Ps: Peso del suelo seco
- Dw: Densidad del Agua

## **2.1. Marco conceptual**

### **Potencial de expansión:**

(Torres, 2021), no indica que se refiere a la capacidad de un suelo para expandirse significativamente cuando absorbe agua. Estos suelos son comúnmente ricos en minerales expansivos, como las arcillas esmécticas, que tienen la capacidad de hincharse cuando están saturadas de agua y de contraerse cuando se secan.

### **Expansión:**

Para (Torres, 2021), la expansión es una condición física de los suelos en estructuras, la cual existe deformación del suelo cuando hay un incremento de humedad en esta o disminuye cuando se retrae por lo cual se da la hinchazón del suelo causado por la variación de la humedad causando graves daños a las estructuras.

### **Asentamiento:**

De acuerdo con (Torres, 2021), se refiere al proceso por el cual un suelo se comprime o se hunde bajo la carga de una estructura, como un edificio, una carretera o una presa, o debido a otros factores como la consolidación del suelo o la acción de las fuerzas naturales. El asentamiento puede ocurrir gradualmente a lo largo del tiempo o de manera repentina, dependiendo de las características del suelo, la carga aplicada y otros factores ambientales.

### **Estructuras convencionales:**

Se refieren a aquellas construcciones o edificaciones que siguen métodos y diseños tradicionales y bien establecidos en la ingeniería civil y la arquitectura. Estas estructuras se basan en principios probados y prácticas comunes en la industria de la construcción y suelen utilizar materiales estándar y técnicas de construcción convencionales.

### **Consolidación:**

Para (MTC, 2016), es un proceso geotécnico que ocurre cuando las partículas del suelo se comprimen y se expulsan el agua intersticial debido a la aplicación de cargas externas, como el peso de una estructura o relleno, o debido a cambios en las condiciones de humedad. Este proceso puede ocurrir tanto en suelos saturados como parcialmente saturados.

**Peso específico:**

Según (MTC, 2016), también conocido como peso unitario, es una medida de la densidad del suelo y se define como la relación entre el peso del suelo y su volumen. En otras palabras, el peso específico del suelo es la cantidad de masa de suelo por unidad de volumen.

**Peso volumétrico:**

Es una medida que indica el peso total del suelo por unidad de volumen. También se conoce como densidad del suelo. Se utiliza para describir cuánta masa de suelo está contenida en un determinado volumen de suelo.

**Plasticidad:**

Para el (MTC, 2016), es una propiedad que describe la capacidad de un suelo para deformarse y fluir bajo esfuerzos aplicados, especialmente cuando está húmedo. Esta propiedad está estrechamente relacionada con la cantidad de arcilla presente en el suelo y su capacidad para retener agua.

**Fineza:**

Se refiere a la proporción de partículas finas, como limo y arcilla, en relación con partículas más gruesas, como arena y grava. La fineza es una medida de la distribución de tamaños de partículas en un suelo y puede influir en sus propiedades físicas y mecánicas.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Formulación de la hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El potencial de licuación de suelos influye significativamente en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- a) El potencial de licuación de suelos influye significativamente en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.
- b) El potencial de expansión influye significativamente en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.
- c) El potencial de expansión influye significativamente en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

#### **3.2. Variables**

##### **3.2.1. Definición conceptual de las variables**

###### **a. Variable independiente (X)**

###### **Potencial de expansión de suelos.**

Para (Hormaza, y otros), no indica que se refiere a la capacidad de un suelo para expandirse significativamente cuando absorbe agua. Estos suelos son

comúnmente ricos en minerales expansivos, como las arcillas esméticas, que tienen la capacidad de hincharse cuando están saturadas de agua y de contraerse cuando se secan.

Decimos que es la facultad que tienen los suelos de poder expandirse cuando estos absorben agua, los cuales están formados por minerales como las arcillas que tienden a hincharse cuando sus partículas son saturadas de agua y también se contraen cuando se secan.

#### **b. Variable Dependiente (Y)**

##### **Asentamiento de estructuras convencionales.**

Por otro lado, para (RNE, 2018), los asentamientos se estiman utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos a partir de parámetros obtenidos mediante los ensayos in situ, el asentamiento es el colapso de una estructura causado por la tensión en el suelo subyacente.

### **3.2.2. Definición operacional de variables**

#### **a. Variable Independiente (X)**

##### **Potencial de expansión de suelos.**

Dentro de la investigación se analizará el potencial de expansión en las estructuras convencionales, la cual se dará el conocimiento el daño que causaría a la estructura o hacerla disfuncional, para lo cual no está diseñada.

El potencial de expansión de suelos tiene las siguientes variables:

- D1: Expansión.
- D2: Plasticidad.
- D3: Fineza.

Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.

## **b. Variable dependiente (Y)**

### **Estabilidad de estructuras con baja capacidad portante**

Es un proceso para la obtención de los asentamientos de estructuras convencionales, de las cuales siempre sufren asentamientos debido al peso propia, la carga viva y la carga sísmica. Por lo tanto, es función de las cimentaciones controlar estos asentamientos, alguno de los factores a tener en cuenta para realizar este proceso está identificado como dimensiones:

- D1: Peso volumétrico.
- D2: Peso específico.
- D3: Consolidación.

Los cuales se dividen en indicadores que servirán para identificar claramente las dimensiones.

### 3.3. Operacionalización de variables

4. Tabla 6: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
<b>1: Variable Independiente</b>  Potencial de expansión de suelos	<b>Potencial de expansión de suelos</b>  (Hormaza, y otros), los suelos expansivos son suelos característicos de regiones tropicales que presentan grandes cambios volumétricos cuando su contenido de agua varía. Estos cambios volumétricos afectan a estructuras de poco peso que se encuentran apoyadas en cimentaciones superficiales.	<b>La variable VI 1:</b>  Dentro de la investigación se analizará el potencial de expansión en las estructuras convencionales, la cual se dará el conocimiento el daño que causaría a la estructura o hacerla disfuncional, para lo cual no está diseñada. El potencial de expansión de suelos tiene las siguientes variables: - D1: Expansión. - D2: Plasticidad. - D3: Fineza.	Expansión	Expansión en consolido metro	Ensayo en laboratorio	Intervalo
			Plasticidad	Índice de plasticidad	Ensayo en laboratorio	Intervalo
			Fineza	Porcentaje de partículas finas	Ensayo en laboratorio	Intervalo
<b>2: Variable Dependiente</b>  Asentamiento de estructuras convencionales.	<b>Asentamiento de estructuras convencionales.</b>  (RNE, 2018), los asentamientos se estiman utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos a partir de parámetros obtenidos mediante los ensayos in situ (RNE, 2018), el asentamiento es el colapso de una estructura causado por la tensión en el suelo subyacente.	<b>La variable VD 2:</b>  Es un proceso para la obtención de los asentamientos de estructuras convencionales, de las cuales siempre sufren asentamientos debido al peso propia, la carga viva y la carga sísmica. Por lo tanto, es función de las cimentaciones controlar estos asentamientos, alguno de los factores a tener en cuenta para realizar este proceso está identificado como dimensiones:  - D1: Peso volumétrico. - D2: Peso específico. - D3: Consolidación.	Peso Volumétrico	Peso unitario volumétrico del Suelo	Ensayo en laboratorio	Intervalo
					Ensayo en laboratorio	Intervalo
			Peso específico	Peso específico relativo de partículas sólidas	Ensayo en laboratorio	Intervalo
					Ensayo en laboratorio	Intervalo
			Consolidación	Consolidación unidimensional sig	Ensayo en laboratorio	Intervalo
					Ensayo en laboratorio	Intervalo

5. Fuente: Elaboración Propia

## IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Método de investigación

Para (Ñaupas, y otros, 2018), Se hace referencia al método sistemático y organizado que el investigador emplea para reunir, analizar e interpretar los datos con el propósito de abordar las preguntas de investigación y cumplir con los objetivos del estudio. Este método, también conocido como estrategia o plan de investigación, dirige el proceso de investigación y establece un marco para obtener resultados que sean válidos y confiables.

En este trabajo, se adopta el método científico como el enfoque general de investigación, caracterizado por su desarrollo ordenado y secuencial. En este contexto, se iniciará con el análisis del potencial de expansión de los suelos en el distrito de Jauja, considerando el tipo de material y llevando a cabo ensayos para evaluar sus propiedades físicas. Posteriormente, se procederá a dimensionar el asentamiento de estructuras convencionales de concreto, de manera que se puedan contrarrestar las deficiencias vinculadas a este fenómeno.

Dentro de la presente investigación, se aplicarán los métodos de **deducción e inducción**, en concordancia con estas consideraciones, buscando así una aproximación integral y rigurosa en el abordaje de la problemática estudiada.

## 4.2. Tipo de investigación

Para (Ñaupas, y otros, 2018), se hace referencia al enfoque general utilizado para abordar una pregunta de investigación o resolver un problema específico. Este enfoque define la manera en que se recopilan, analizan y utilizan los datos con el fin de alcanzar los objetivos del estudio. Los tipos de investigación pueden variar en términos de su naturaleza, propósito, alcance y metodología.

En este caso, el tipo de investigación que se lleva a cabo es de carácter aplicado, ya que implica la aplicación de ensayos normalizados para demostrar las características del suelo objeto de estudio. Se recurre a ensayos de laboratorio estandarizados para obtener indicadores clave, tales como expansión, plasticidad y fineza, que permitan evaluar el potencial de expansión del suelo y relacionarlo con el asentamiento de estructuras convencionales.

Este enfoque aplicado se integra dentro del plan de investigación actual, con el propósito de proporcionar un análisis riguroso y fundamentado sobre el comportamiento del suelo en cuestión. En el presente plan de tesis, según estas deliberaciones presenta una investigación de **tipo aplicativo**.

## 4.3. Nivel de investigación

De acuerdo con (Ñaupas, y otros, 2018), Se refiere al nivel de profundidad y complejidad con el cual se enfrenta un problema de investigación o se aborda una pregunta de estudio. Este nivel se mide a través de la amplitud y el alcance del estudio, así como de la sofisticación y la rigurosidad de los métodos y técnicas empleados para recolectar y analizar los datos.

El enfoque adoptado es de nivel correlacional, ya que se utilizarán los datos derivados de los ensayos para determinar el valor del potencial de expansión de los suelos en el distrito de Jauja, específicamente en relación con el asentamiento de estructuras convencionales.

Bajo estas observaciones la investigación corresponde al **nivel correlacional**.

## 4.4. Diseño de investigación

Por parte de (Ñaupas, y otros, 2018), se refiere al plan o estructura general que guía el proceso de investigación y define cómo se llevará a cabo el estudio para responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos planteados. Es el marco organizativo que

describe los pasos que se seguirán, los métodos que se utilizarán y la forma en que se recopilarán, analizarán e interpretarán los datos.

Es experimental ya que se manipularán datos que se obtendrán de diversos estudios en esta vía para realizar los ensayos, además se realizara una visita a campo para evidenciar las consecuencias de este fenómeno en la vía existente.

Basados en estos criterios la actual investigación a emplear será un **diseño experimental**.

Su esquema es:

M———O

Donde:

M = Muestra

O = Observaciones

## **4.5. Población y muestra**

### **4.5.1. Población**

(Carrasco, 2018) Hace referencia al conjunto integral de elementos, individuos, casos o unidades de estudio que comparten características específicas y que son objeto de interés para el investigador. La población representa el grupo sobre el cual se busca generalizar los descubrimientos o conclusiones de la investigación.

La población en el contexto de esta investigación se define como el conjunto de asentamientos de estructuras convencionales con potencial de expansión de suelos en Jauja.

### **4.5.2. Muestra**

Conforme con (Carrasco, 2018), hace alusión a una porción específica elegida de la población de interés. En otras palabras, se trata de un conjunto de elementos, individuos, casos o unidades de estudio seleccionados representativamente para participar en la investigación y brindar datos pertinentes con el propósito de abordar las preguntas de investigación o cumplir con los objetivos del estudio.

Suelos expuestos a potencial de expansión en el distrito de Jauja.

*Ecuación 6. Fórmula utilizada para el cálculo de la muestra*

$$Muestra = \frac{Z^2 * (P) * (1 - p)}{c^2}$$

*Fuente: QuestionPro*

- Z: Nivel de confianza
- p2: valor aproximado 0.5
- c: Margen de error (.04 = +-4)

Para este estudio, se recolectaron muestras de suelo de veinte puntos representativos en la región de Jauja, abarcando áreas urbanas, suburbanas y rurales, mediante la excavación de pozos de sondaje a una profundidad mínima de 2 metros. Estas muestras fueron sometidas a análisis granulométricos, pruebas de límites de Atterberg, compactación y análisis químicos en laboratorio para determinar propiedades físicas, químicas y mecánicas, incluyendo contenido de humedad, densidad, porosidad y presencia de minerales expansivos. Los datos obtenidos permitieron evaluar el potencial de expansión del suelo y su posible impacto en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja, proporcionando una visión integral de las condiciones geotécnicas en la región.

*Ecuación 7. Formula con valores asumidos para el cálculo de la muestra*

$$Muestra = \frac{95\%^2 * (30) * (1 - 0.3)}{0.27^2} = 10 \text{ muestras}$$

*Fuente: Elaboración propia*

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

### **4.6.1. Técnicas**

Conforme con (Carrasco, 2018), se refiere a los métodos específicos utilizados para recopilar información relevante y necesaria para responder a las preguntas de investigación o para alcanzar los objetivos planteados en el estudio. Estas técnicas se eligen de acuerdo con la naturaleza de la investigación, las preguntas de estudio y los datos requeridos para abordar el problema de investigación.

En la presente investigación, la técnica a utilizar es la observación directa, ya que se tendrá evidencias fotográficas del fenómeno y los antecedentes como estudios que precedieron

para la exploración de potencial de expansión de suelos en Jauja para dar con el objetivo principal de la investigación.

#### **4.6.2. Instrumentos**

De acuerdo con (Carrasco, 2018), se refiere a las herramientas específicas utilizadas para recopilar información de los participantes o fuentes relevantes en el estudio de investigación. Estos instrumentos están diseñados para obtener datos que ayuden a responder las preguntas de investigación o alcancen los objetivos planteados en la investigación.

Para la presente investigación se dará uso como instrumentos a las normas y metodologías que se encuentran estipuladas en investigaciones que anteceden a esta, de tal manera que se reúna los datos suficientes para dimensionar el asentamiento de estructuras convencionales.

#### **4.7. Técnicas y análisis de datos**

Para el procedimiento de la investigación se ha considerado las etapas de estadístico y pro balístico.

##### **4.7.1. Pre campo**

Los ensayos de pre campo para el tema "Análisis de la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja - 2023" implicarían actividades preliminares para preparar el terreno y recopilar información relevante antes de llevar a cabo la investigación principal. Aquí hay una propuesta de actividades para estos ensayos:

**4.7.1.1. Reconocimiento del área de estudio:** Realizar un reconocimiento detallado del área de estudio en Jauja para identificar las zonas geográficas y geológicas relevantes para el análisis del potencial de expansión de suelos y el asentamiento de estructuras.

**4.7.1.2. Recolección de datos existentes:** Recopilar información existente sobre la geología, topografía, uso del suelo y registros de asentamiento de estructuras en la región de Jauja a través de fuentes como instituciones gubernamentales, informes técnicos y estudios previos.

**4.7.1.3. Selección de sitios de muestreo:** Identificar y seleccionar sitios de muestreo representativos que cubran una variedad de condiciones geológicas,

topográficas y de uso del suelo en Jauja. Esto puede implicar visitas de campo para evaluar la accesibilidad y la idoneidad de los sitios.

**4.7.1.4. Planificación logística:** Desarrollar un plan logístico detallado para el transporte de equipos y personal al área de estudio, así como para la adquisición y almacenamiento de materiales y suministros necesarios para los ensayos de campo.

**4.7.1.5. Pruebas preliminares de campo:** Realizar pruebas preliminares en el campo, como perforaciones de sondeo superficiales, para obtener información inicial sobre las características del suelo y su potencial de expansión en los sitios seleccionados.

**4.7.1.6. Instalación de puntos de control:** Establecer puntos de control en los sitios de muestreo para monitorear cualquier cambio en las condiciones del suelo, como cambios de humedad o movimientos de suelo, durante el período de estudio.

**4.7.1.7. Recopilación de datos meteorológicos:** Recolectar datos meteorológicos locales, como precipitación y temperatura, para tener en cuenta las condiciones climáticas en el análisis del potencial de expansión de suelos y el asentamiento de estructuras.

**4.7.1.8. Evaluación de riesgos y seguridad:** Realizar una evaluación de riesgos y seguridad para identificar y mitigar posibles peligros durante las actividades de campo, incluyendo riesgos geotécnicos, condiciones climáticas adversas y peligros naturales.

Estos ensayos de pre campo son fundamentales para establecer una base sólida para la investigación principal sobre la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja. Al llevar a cabo estas actividades preliminares de manera cuidadosa y sistemática, se garantiza una ejecución más efectiva y segura de la investigación principal.

#### **4.7.2. Campo**

Para el tema "Análisis de la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja - 2023", los ensayos de campo serían fundamentales para recopilar datos directos sobre las condiciones del suelo y su comportamiento en el sitio de estudio. Aquí hay algunos ensayos de campo que podrían llevarse a cabo:

**4.7.2.1. Perforación y muestreo de suelos:** Realizar perforaciones de sondeo en diferentes ubicaciones representativas en Jauja para obtener muestras de suelo a diferentes profundidades. Estas muestras se analizarían en laboratorio para determinar propiedades como la textura, contenido de humedad, contenido de arcilla, entre otros.

**4.7.2.2. Pruebas de infiltración:** Realizar pruebas de infiltración para evaluar la capacidad de absorción y drenaje del suelo. Esto proporcionaría información sobre cómo el suelo responde a la entrada de agua, lo cual es relevante para comprender su potencial de expansión.

**4.7.2.3. Medición de la humedad del suelo:** Utilizar sondas de humedad o equipos de medición de humedad del suelo para determinar los niveles de humedad en diferentes profundidades y en diferentes momentos del año. Esto ayudaría a comprender la variabilidad de la humedad del suelo a lo largo del tiempo.

**4.7.2.4. Perfilaje geotécnico:** Realizar perfilajes geotécnicos para obtener información detallada sobre las capas de suelo y las características geotécnicas del subsuelo. Esto incluiría la identificación de estratos de arcilla expansiva u otros suelos problemáticos.

**4.7.2.5. Monitoreo de asentamientos:** Instalar instrumentación de monitoreo para registrar los asentamientos de estructuras existentes en Jauja. Esto podría incluir dispositivos como extensómetros, inclinómetros o estaciones totales para medir cambios en la posición de las estructuras con el tiempo.

**4.7.2.6. Pruebas de carga estática:** Realizar pruebas de carga estática en el sitio para evaluar la capacidad de carga del suelo y su capacidad para soportar las estructuras. Esto podría incluir la aplicación controlada de cargas en placas de carga o pilotes de prueba.

**4.7.2.7. Mapeo geotécnico:** Realizar mapeo geotécnico detallado del área de estudio para identificar zonas con características geotécnicas similares y posibles áreas de riesgo para el asentamiento de estructuras.

Estos son solo algunos ejemplos de los ensayos de campo que podrían llevarse a cabo para investigar la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja. La selección de ensayos específicos dependerá de las

características geológicas y geotécnicas del área de estudio y de los objetivos de la investigación.

#### 4.7.3. Gabinete

- Procesamiento de datos.
- Cálculo con resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

#### 4.7.4. Elaboración de informe

- Elaboración del marco teórico.
- Elaboración del marco metodológico.
- Redacción de los resultados, discusiones, conclusiones, recomendaciones y anexos.

### 4.8. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación

#### 4.8.1. Validez

Para (Carrasco, 2018), se refiere a asegurar que los instrumentos de medición utilizados sean precisos y confiables para evaluar correctamente el fenómeno que se está estudiando. Para ello, se involucrará a dos ingenieros civiles expertos en suelos y estructuras, quienes validarán los instrumentos de recolección de datos de esta investigación.

Su criterio será fundamental para determinar si los instrumentos están midiendo de manera efectiva lo que se supone que deben medir. La validez de los instrumentos se calculará tomando el promedio de las puntuaciones otorgadas por los expertos, asegurando así una evaluación precisa y fiable.

*Tabla 7: Rangos y Magnitudes de validez*

RANGOS	MAGNITUD
0.53 a menos	Validez nula
0,54 a 0.59	Validez baja
0,60 a 0.65	Validez
0,66 a 0.71	Muy válida
0,72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

*Fuente: Relloso Chacin, Rafael (2021)*

#### 4.8.2. Confiabilidad

Por otro lado (Ñaupas, y otros, 2018), se refiere a la estabilidad y consistencia de las mediciones realizadas mediante el uso de instrumentos específicos. La confiabilidad, en esencia, señala la capacidad de estos instrumentos para ofrecer resultados coherentes y repetibles a lo largo del tiempo y en diferentes condiciones o momentos de aplicación. En otras palabras, la confiabilidad garantiza que las mediciones sean consistentes y reproducibles, independientemente de las variaciones en el entorno, las condiciones de la prueba o el momento en que se realicen. Esto implica que los resultados obtenidos a través del instrumento de medición son confiables y pueden ser utilizados con confianza para la toma de decisiones o la realización de análisis en el contexto de la investigación o la práctica profesional.

*Tabla 8: Rangos y Magnitudes de Confiabilidad*

Intervalo al que pertenece el coeficiente alfa de Cronbach	Valoración de la fiabilidad de los ítems analizados
[0, 0,5]	Inaceptable
[0,5; 0,6]	Pobre
[0,6; 0,7]	Débil
[0,7; 0,8]	Aceptable
[0,8; 0,9]	Bueno
[0,9; 1]	Excelente

*Fuente: Vásquez Rodríguez (2020)*

#### 4.9. Métodos de análisis de datos

Para el análisis de la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja - 2023, se utilizarán diversos métodos y análisis de datos. Se emplearán métodos de muestreo de suelos, incluyendo perforación de pozos de sondeo y extracción de muestras a diferentes profundidades, seguidos de pruebas de laboratorio como límites de Atterberg, compactación y expansión. Los datos recopilados se someterán a análisis estadísticos para identificar relaciones entre el potencial de expansión y el asentamiento de estructuras, y se utilizarán modelos geotécnicos para simular comportamientos del suelo. Además, se llevará a cabo un análisis de riesgos y se propondrán medidas de

mitigación para reducir posibles problemas de asentamiento. La elección de métodos específicos dependerá de los objetivos de la investigación y las condiciones del sitio de estudio.

#### **4.10. Aspectos éticos**

En cuanto a los aspectos éticos, este trabajo de tesis se compromete a cumplir rigurosamente con las normas y directrices establecidas por la Universidad Peruana los Andes en lo que respecta a las citas bibliográficas y referencias de fuentes de información, tanto impresas como en línea. Se garantizará el respeto adecuado a los trabajos previamente publicados y se evitará cualquier forma de plagio o copia indebida. La integridad académica será prioritaria en todo el proceso de investigación, asegurando que todas las ideas y contribuciones de otros autores sean debidamente reconocidas y atribuidas, promoviendo así la honestidad intelectual y el respeto a la propiedad intelectual.

## **V. RESULTADOS**

### **5.1. Descripción del diseño tecnológico**

El enfoque tecnológico para el estudio "Análisis de la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja" implica el empleo de una variedad de herramientas y tecnologías para llevar a cabo la investigación de manera eficaz. Esto comprende el uso de equipos especializados en geotecnia, tales como perforadoras de suelo y dispositivos de muestreo, con el fin de obtener muestras representativas del suelo en diversas ubicaciones de Jauja. Asimismo, se utilizarán instrumentos de laboratorio de última generación para llevar a cabo pruebas exhaustivas de las propiedades físicas y químicas del suelo, incluyendo su potencial de expansión. Se podrían emplear tecnologías de mapeo geoespacial para delinear las áreas de estudio y recopilar datos topográficos precisos. Además, se contempla el uso de software especializado en modelado geotécnico para simular el comportamiento del suelo y prever el impacto del potencial de expansión en el asentamiento de las estructuras. El diseño tecnológico se enfocará en aprovechar herramientas y tecnologías innovadoras con el objetivo de obtener datos precisos y fiables que contribuyan a una mejor comprensión de la influencia del potencial de expansión de suelos en las estructuras convencionales en Jauja.

### **5.2. Descripción de resultados**

#### **5.2.1. Potencial de expansión de suelos**

El potencial de expansión de suelos se refiere a la capacidad que tiene un suelo para incrementar su volumen debido a cambios en su contenido de humedad. Los suelos expansivos, como las arcillas esmectíticas, son particularmente susceptibles a este fenómeno.

Cuando estos suelos absorben agua, las partículas de arcilla tienden a hincharse, lo que provoca un aumento en el volumen del suelo. Por el contrario, cuando pierden humedad, las partículas de arcilla se contraen, lo que puede resultar en la contracción del suelo. Este proceso de expansión y contracción puede causar movimientos en las estructuras construidas sobre este tipo de suelos, lo que a su vez puede provocar daños en los cimientos, grietas en las paredes y otros problemas estructurales. El potencial de expansión de suelos es un factor importante a considerar en el diseño y la construcción de edificaciones, ya que puede afectar significativamente su estabilidad y durabilidad.

### 5.2.1.1. Expansión

La expansión del suelo se refiere a un proceso geotécnico en el que ciertos tipos de suelos tienen la capacidad de aumentar su volumen al absorber agua. Este fenómeno puede ser ocasionado por cambios estacionales en la humedad del suelo o por actividades específicas como la construcción de estructuras sobre el terreno. Durante la expansión, las partículas de arcilla presentes en el suelo tienden a hincharse, lo que puede generar presión sobre las estructuras cercanas. Al presentar los resultados de una investigación sobre la expansión del suelo, se resaltaría la variabilidad en el potencial de expansión entre distintos tipos de suelos y cómo este fenómeno puede afectar la estabilidad y el desempeño de las estructuras construidas sobre ellos. Se podrían mostrar datos cuantitativos, como mediciones de cambios de volumen en el suelo en respuesta a variaciones en la humedad, así como observaciones cualitativas sobre los efectos de la expansión del suelo en estructuras reales. Es esencial comunicar de manera clara y precisa cómo el potencial de expansión del suelo puede tener un impacto en el diseño, la construcción y el mantenimiento de infraestructuras, con el objetivo de informar decisiones y prácticas de ingeniería más seguras y eficientes.

*Tabla 9. Resultados de los ensayos de expansión de suelos*

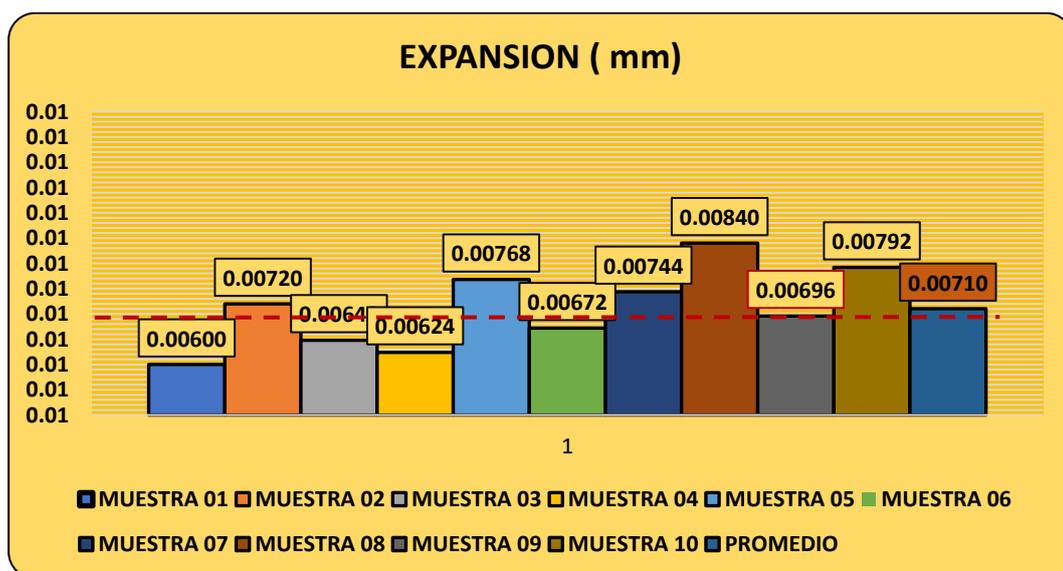
ENSAYO	MUEST RA 01	MUEST RA 02	MUEST RA 03	MUEST RA 04	MUEST RA 05	MUEST RA 06	MUEST RA 07	MUEST RA 08	MUEST RA 09	MUEST RA 10	PROMED IO
EXPANSI ON	0.00600	0.00720	0.00648	0.00624	0.00768	0.00672	0.00744	0.00840	0.00696	0.00792	0.00710

*Fuente: Elaboración propia*

En esta tabla se muestran los resultados de un ensayo de expansión llevado a cabo en diez muestras distintas de suelo, identificadas del 01 al 10. Cada muestra fue sometida

al mismo ensayo de expansión y se registró el valor obtenido para cada una de ellas. Los valores de expansión están expresados en unidades específicas, las cuales podrían indicar el cambio de volumen experimentado por cada muestra de suelo debido a diversos factores, como la absorción de agua. Además, se ha calculado el promedio de los valores de expansión de todas las muestras, lo que proporciona una medida general del comportamiento de expansión del suelo en este conjunto de muestras. Este promedio resulta útil para comprender la tendencia general de expansión en el grupo de suelos analizados.

*Ilustración 7. Gráfico de variación del índice de expansión de las muestras analizadas*



*Fuente: Elaboración propia*

Estos números nos dicen cuánto cambió el tamaño de cada muestra, probablemente debido a cosas como el agua que absorbe el suelo. También se calculó un número promedio para todas las muestras juntas, lo que nos da una idea general de cómo se comporta el suelo en este experimento en particular. Esto nos ayuda a entender mejor cómo el suelo puede expandirse en diferentes situaciones.

### **5.2.1.2. Plasticidad**

La plasticidad del suelo hace referencia a su capacidad para cambiar de forma y mantener esa nueva forma cuando se le aplica presión, como al comprimirlo o cortarlo. Esta propiedad es relevante en la ingeniería civil, ya que puede afectar la estabilidad y el desempeño de las estructuras construidas sobre el suelo. Al presentar los resultados de una investigación sobre la plasticidad del suelo, se enfatizaría cómo se evaluó esta

característica en las muestras de suelo y cómo difiere entre distintos tipos de suelos. Se podrían mostrar datos numéricos, como los índices de plasticidad obtenidos a través de pruebas de límites de Atterberg, así como observaciones cualitativas sobre la plasticidad del suelo en diferentes situaciones de carga. También se explicaría la importancia de la plasticidad del suelo en el diseño y la construcción de estructuras, y cómo estos resultados pueden mejorar la comprensión de su comportamiento geotécnico.

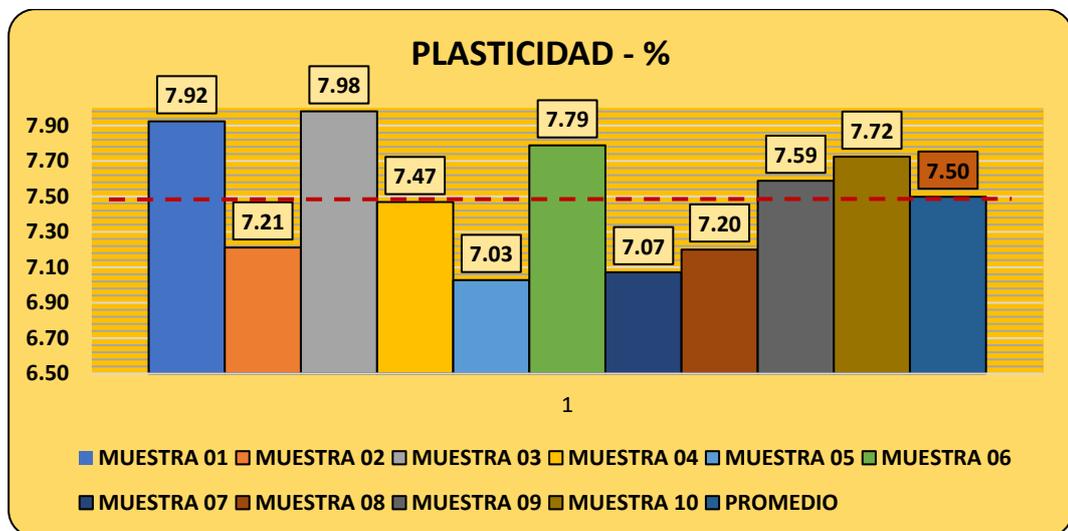
**Tabla 10. Resultados de ensayos de plasticidad de las 10 muestras analizadas**

ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05	MUESTRA 06	MUESTRA 07	MUESTRA 08	MUESTRA 09	MUESTRA 10	PROMEDIO
PLASTICIDAD	7.92	7.21	7.98	7.47	7.03	7.79	7.07	7.20	7.59	7.72	7.50

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla muestra los resultados de un ensayo de plasticidad realizado en diez muestras diferentes de suelo, etiquetadas como MUESTRA 01 hasta MUESTRA 10. Cada número en la tabla representa un valor de plasticidad medido en una escala específica, que podría ser el índice de plasticidad determinado mediante ensayos de límites de Atterberg u otro método similar. Los valores varían entre 7.03 y 7.98. El promedio de todos los valores de plasticidad es de aproximadamente 7.50. Estos números proporcionan una medida cuantitativa de la plasticidad del suelo en cada muestra y en promedio, lo que permite comparar y entender mejor cómo varía esta propiedad entre las diferentes muestras de suelo analizadas.

**Ilustración 8. Gráfico de variación del índice plasticidad de las muestras analizadas**



*Fuente: Elaboración propia*

El promedio de los valores de plasticidad de todas las muestras, proporcionando así una medida general del comportamiento de plasticidad del suelo en este conjunto de pruebas. Este promedio puede ser útil para comprender la tendencia general de plasticidad en el grupo de suelos analizados y para tomar decisiones informadas en relación con el diseño y la construcción de estructuras sobre este tipo de suelo.

### 5.2.1.3. Fineza

La fineza del suelo hace referencia a la proporción de partículas de menor tamaño, como limo y arcilla, en comparación con las partículas de mayor tamaño, como arena y grava. Este aspecto es relevante en la ingeniería civil, dado que puede afectar la capacidad de retención de agua, la permeabilidad y la estabilidad del suelo. Al presentar los resultados de una investigación sobre la fineza del suelo, se resaltaría cómo se evaluó esta propiedad en las muestras de suelo y cómo difiere entre distintos tipos de suelos. Se podrían mostrar datos cuantitativos, como los porcentajes de cada fracción de partículas determinados mediante análisis granulométricos, junto con observaciones cualitativas sobre la textura y composición del suelo. Asimismo, se explicaría la importancia de la fineza del suelo en el diseño y construcción de infraestructuras, y cómo estos hallazgos pueden mejorar la comprensión de su comportamiento geotécnico.

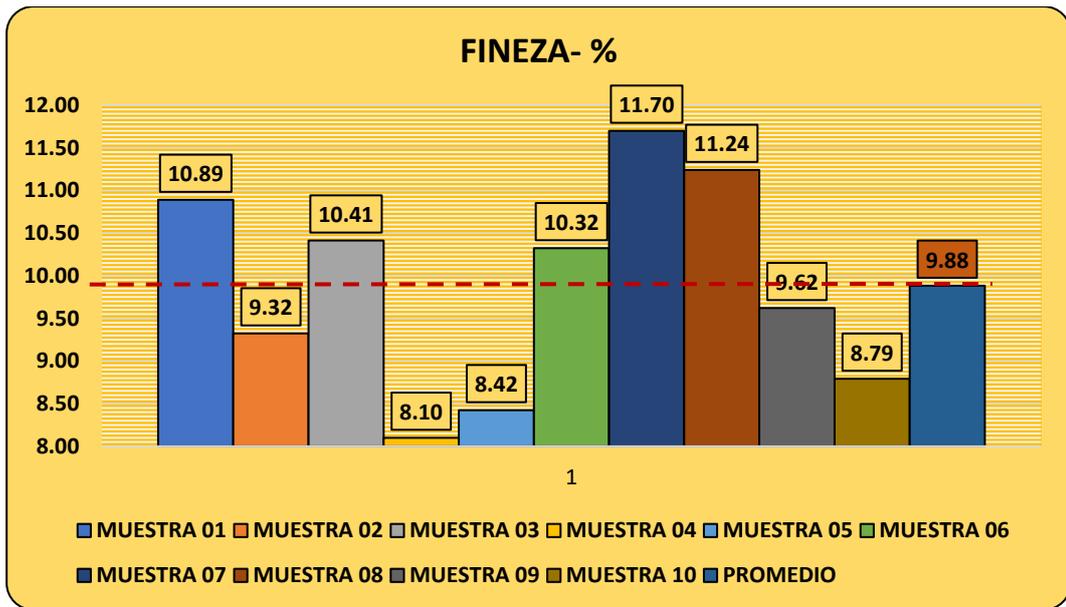
*Tabla 11 Resultados de ensayos de Fineza de suelo*

ENSAYO	MUESTR A 01	MUESTR A 02	MUESTR A 03	MUESTR A 04	MUESTR A 05	MUESTR A 06	MUESTR A 07	MUESTR A 08	MUESTR A 09	MUESTR A 10	PROMEDIO
FINEZA	10.89	9.32	10.41	8.10	8.42	10.32	11.70	11.24	9.62	8.79	9.88

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla muestra los resultados de un ensayo de fineza realizado en diez muestras diferentes de suelo, identificadas como MUESTRA 01 hasta MUESTRA 10. Cada número en la tabla representa un valor de fineza medido en una escala específica. Los valores varían entre 8.10 y 11.70. El promedio de todos los valores de fineza es de aproximadamente 9.88. Estos datos proporcionan una medida cuantitativa de la fineza del suelo en cada muestra y en promedio, lo que permite comparar y entender mejor cómo varía esta propiedad entre las diferentes muestras de suelo analizadas.

Ilustración 9. Gráfico de variación del índice fineza de las muestras analizadas



Fuente: Elaboración propia

Al observar los datos proporcionados en la tabla, podemos inferir que las muestras de suelo exhiben una variabilidad en su fineza, con valores que oscilan entre 8.10 y 11.70. Estas diferencias pueden deberse a diversas características geológicas y ambientales, como la composición mineralógica del suelo, el proceso de formación, la actividad biológica y la exposición a la intemperie. Además, el cálculo del promedio de fineza nos proporciona una medida general del comportamiento de las muestras en cuanto a esta propiedad, lo que nos permite comparar y entender mejor su composición y sus posibles implicaciones en aplicaciones de ingeniería, como el diseño de cimentaciones, la estabilidad de taludes y la gestión de recursos hídricos.

### 5.2.2. Asentamiento de estructuras convencionales

El asentamiento de estructuras convencionales se refiere al proceso gradual de descenso vertical que experimentan estas construcciones con el tiempo. Este fenómeno puede ser el resultado de diversos factores, incluyendo la consolidación del suelo, la carga aplicada sobre la estructura y la compresión del suelo debido a su deformación plástica. Al presentar los resultados de una investigación sobre el asentamiento de estructuras convencionales, se destacaría la metodología utilizada para medir este fenómeno y se explicarían las variables consideradas en el análisis. Se podrían proporcionar datos cuantitativos, como mediciones de asentamiento tomadas en distintos puntos de la estructura y en diferentes momentos a lo largo del tiempo. Además, se subrayaría la

importancia de comprender y anticipar el asentamiento en el diseño y la construcción de estructuras, así como sus posibles repercusiones en la seguridad y estabilidad a largo plazo de las edificaciones.

### 5.2.2.1. Hipótesis específica 1: Peso Volumétrico

Este parámetro es esencial en la caracterización de los suelos, ya que influye en su comportamiento mecánico, resistencia y capacidad de soporte. En la presentación de resultados de una investigación que incluya el peso volumétrico del suelo, se destacaría cómo se realizó la medición de este parámetro, ya sea a través de métodos directos como la determinación de la masa y el volumen del suelo, o mediante métodos indirectos como la utilización de sondeos o ensayos in situ. Además, se podrían presentar datos cuantitativos, como los valores de peso volumétrico obtenidos para diferentes muestras de suelo y en distintas condiciones. Se explicaría la importancia de este parámetro en la ingeniería civil, especialmente en el diseño de cimentaciones, terraplenes y estructuras, y cómo estos resultados pueden contribuir a una mejor comprensión del comportamiento geotécnico del suelo y a la toma de decisiones fundamentadas en proyectos de construcción.

*Tabla 12 Resultados de ensayos de Peso Volumétrico*

POTENCIAL DE EXPANSIÓN	MUES TRA 01	MUES TRA 02	MUES TRA 03	MUES TRA 04	MUES TRA 05	MUES TRA 06	MUES TRA 07	MUES TRA 08	MUES TRA 09	MUES TRA 10	PROMEDIO
MUY BAJA	2.396	2.357	2.318	2.411	2.270	2.256	2.280	2.318	2.339	2.272	2.322
BAJA	2.195	2.199	2.164	2.100	2.176	2.190	2.096	2.127	2.199	2.092	2.154
MODERADA	2.011	2.023	1.979	2.057	2.049	2.015	2.054	2.043	1.972	2.034	2.024
ALTA	1.911	1.806	1.706	1.819	1.608	1.709	1.834	1.895	1.874	1.668	1.783

*Fuente: Elaboración propia*

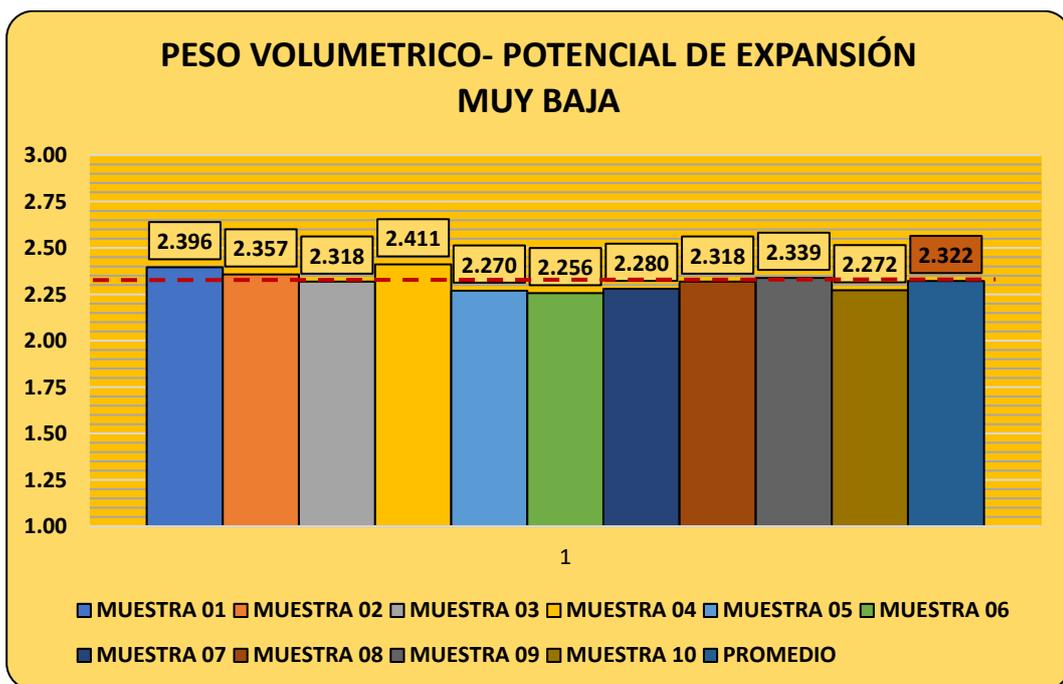
Esta tabla presenta los resultados del potencial de expansión de diferentes muestras de suelo, divididas en cuatro categorías: leve, moderado, moderadamente severo y severo. Cada muestra, identificada del 01 al 10, fue evaluada para determinar su grado de expansión en una escala específica. Los valores numéricos representan la magnitud del potencial de expansión para cada muestra en las respectivas categorías. Además, se calculó un promedio para cada categoría, lo que proporciona una medida general del comportamiento de expansión del suelo en cada nivel de severidad. Estos datos son

fundamentales para comprender el riesgo potencial que enfrentan las estructuras construidas sobre este suelo y pueden informar las decisiones en el diseño y la construcción de infraestructuras para mitigar los efectos del potencial de expansión del suelo.

**A. Peso Volumétrico en un potencial de expansión Muy baja**

El grafico que se muestra es un grafico que evidencia un grupo de experimentación de muestras que tienen un margen de potencial de expansión de categoría leve, esto hace que el suelo se comporte de manera diferente e influya de manera exclusiva en el suelo de las estructuras convencionales.

*Ilustración 10. Gráfico de mecánica de muestras del peso volumétrico con clasificación Muy baja*



*Fuente: Elaboración propia*

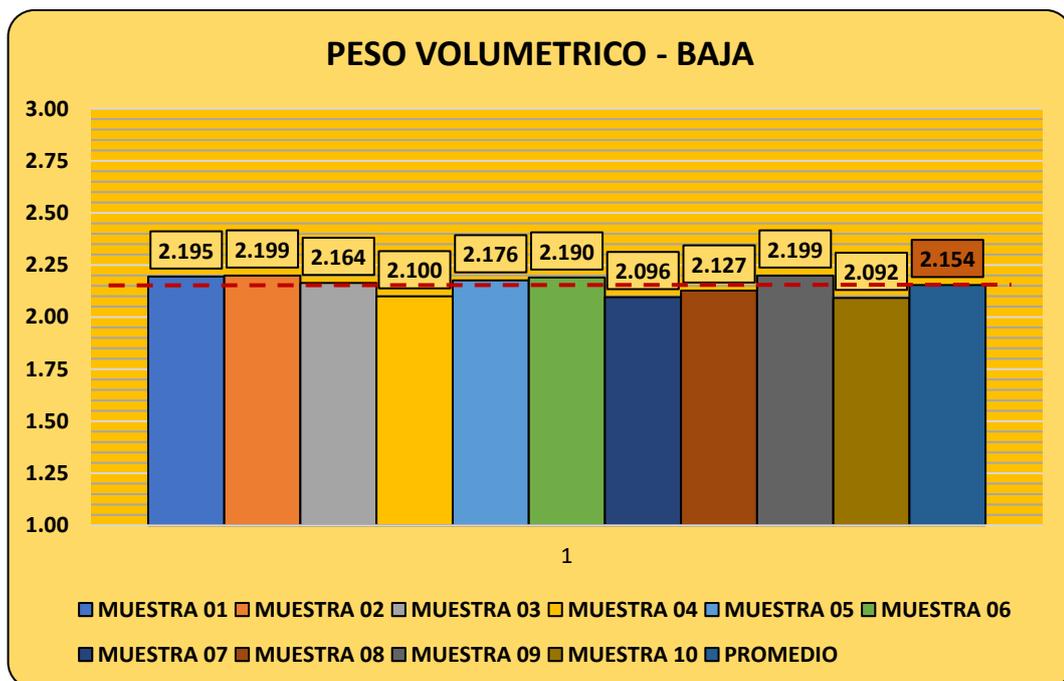
Para las muestras categorizadas como "Muy baja", los valores oscilan entre 2.256 y 2.411, lo que sugiere que estas muestras exhiben un potencial de expansión que se sitúa en el extremo inferior de la escala de severidad. Este rango de valores indica que, si bien estas muestras tienen la capacidad de expandirse en cierta medida, el efecto es relativamente leve y no presenta un riesgo significativo para las estructuras construidas sobre este tipo de suelo. Es importante destacar que, aunque el potencial de expansión es moderado, es esencial considerar este factor en el diseño y la construcción de infraestructuras, ya que incluso un leve incremento en el volumen del suelo puede tener

consecuencias importantes a lo largo del tiempo. Por lo tanto, aunque las muestras calificadas como "Leve" no presentan un riesgo inminente, aún requieren atención y consideración en el proceso de planificación y ejecución de proyectos de ingeniería civil para garantizar la durabilidad y estabilidad de las estructuras en el tiempo.

### B. Peso Volumétrico en un potencial de expansión Baja

Las muestras categorizadas como "Baja" exhiben un rango de valores que van desde 2.096 hasta 2.199, lo que sugiere un nivel medio de potencial de expansión. Este resultado indica que estas muestras tienen la capacidad de experimentar un hinchamiento notable en ciertas condiciones.

*Ilustración 11. Gráfico de mecánica de muestras del peso volumétrico con clasificación Baja*



*Fuente: Elaboración propia*

Aunque el grado de expansión no es tan severo como en otras categorías, no se debe subestimar su posible impacto en la estabilidad y durabilidad de las estructuras. Es crucial reconocer que el potencial de expansión moderado puede influir significativamente en el comportamiento a largo plazo de las edificaciones y la infraestructura, lo que podría resultar en deformaciones y daños estructurales con el tiempo.

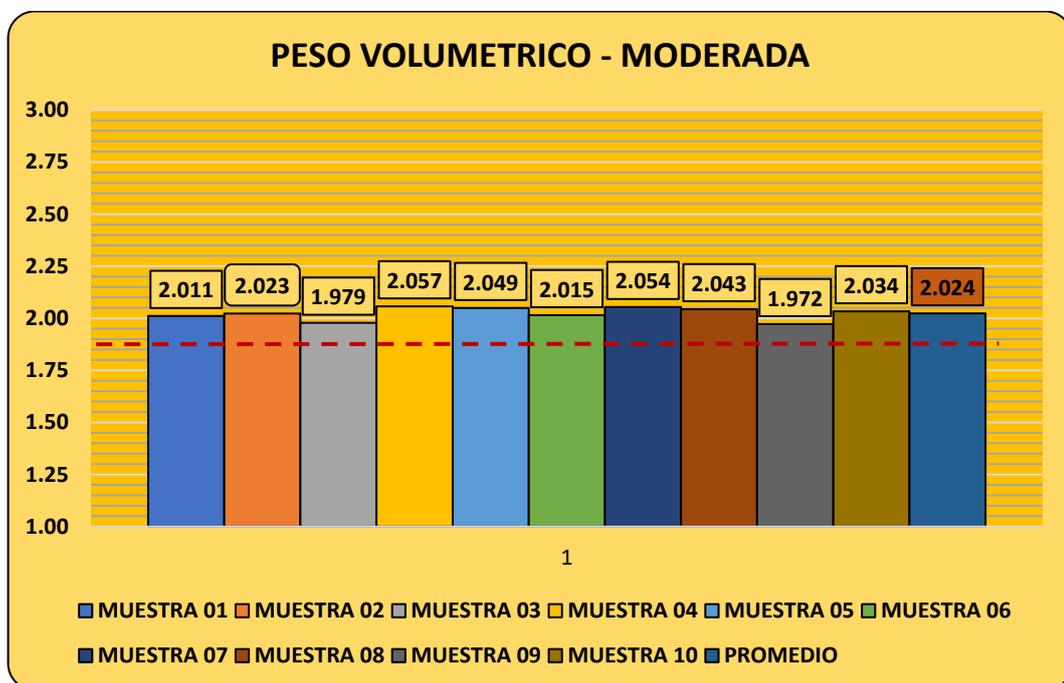
Por lo tanto, se requiere una cuidadosa consideración y planificación durante el proceso de diseño y construcción para mitigar los riesgos asociados con estas muestras. Es fundamental implementar medidas de mitigación adecuadas y realizar un monitoreo

continuo para garantizar la seguridad y la integridad de las estructuras en áreas donde se encuentran estas muestras. Esto implica una supervisión cuidadosa durante todas las etapas del proyecto, desde la evaluación inicial del sitio hasta la implementación de soluciones de ingeniería adecuadas y la supervisión regular de la infraestructura construida para abordar cualquier signo de deterioro o deformación que pueda surgir debido al potencial de expansión del suelo.

### C. Peso Volumétrico en un potencial de expansión Moderadamente Severo

Para las muestras clasificadas como "Moderada ", los valores oscilan entre 1.972 y 2.057, indicando un nivel significativamente más alto de potencial de expansión en comparación con las muestras categorizadas como "Baja". Este rango de valores sugiere que estas muestras tienen una capacidad considerable de experimentar un hinchamiento notorio en ciertas circunstancias.

*Ilustración 12. Gráfico de mecánica de muestras del peso volumétrico con clasificación Moderada*



*Fuente: Elaboración propia*

Aunque el potencial de expansión se encuentra en un nivel intermedio, no debe subestimarse su impacto en la estabilidad a largo plazo de las estructuras. Este grado de expansión puede representar un riesgo considerable para la integridad estructural de las construcciones sobre este tipo de suelo. Por lo tanto, es esencial implementar medidas de

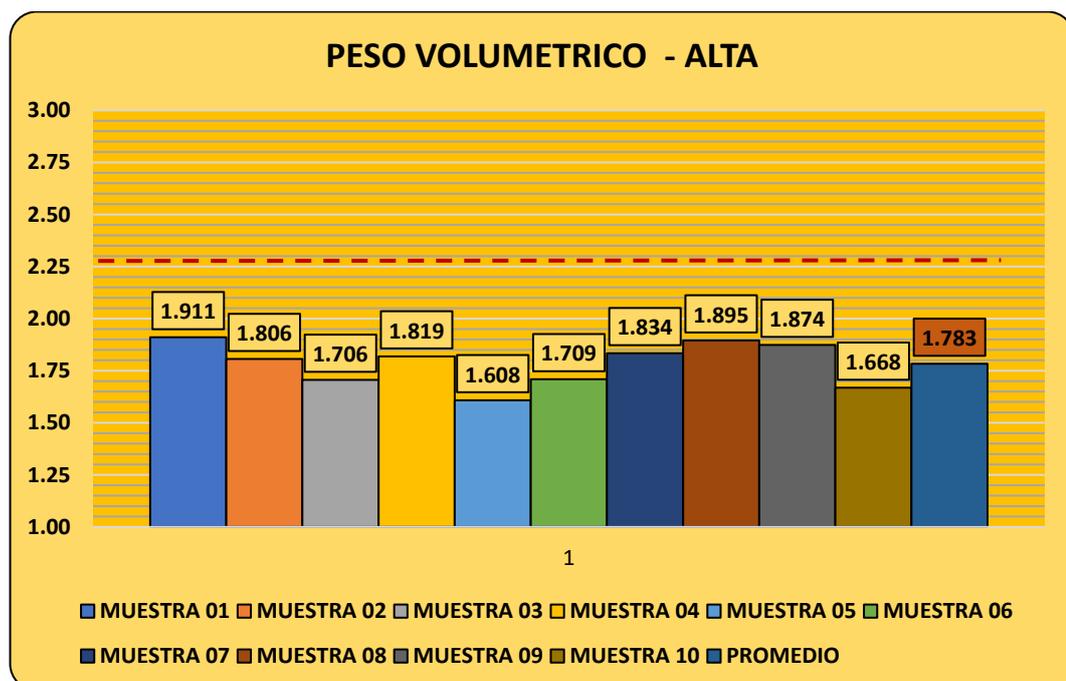
mitigación efectivas y monitoreo continuo para garantizar la seguridad y la durabilidad de las estructuras en áreas donde se encuentran estas muestras.

Debido a la naturaleza moderadamente severa del potencial de expansión de estas muestras, se requiere una planificación y ejecución meticulosas durante todas las fases del proyecto de construcción. Esto implica la aplicación de técnicas de diseño avanzadas y la selección de materiales adecuados que puedan resistir los efectos adversos del hinchamiento del suelo. Además, se debe realizar un monitoreo regular de las estructuras construidas sobre este tipo de suelo para detectar y abordar cualquier signo de deformación o deterioro que pueda surgir. Esta categoría de muestras demanda una atención especializada y una respuesta proactiva para garantizar la seguridad y la estabilidad a largo plazo de las edificaciones y la infraestructura en las áreas afectadas.

#### D. Peso Volumétrico en un potencial de expansión Alto

Las muestras clasificadas como "Severo" presentan valores que oscilan entre 1.608 y 1.911, lo que indica un potencial de expansión extremadamente alto y preocupante. Este rango de valores sugiere que estas muestras son altamente susceptibles a experimentar un hinchamiento significativo, lo que puede representar un riesgo crítico para la estabilidad y seguridad de las estructuras construidas sobre este tipo de suelo.

*Ilustración 13. Gráfico de mecánica de muestras del peso volumétrico con clasificación Alta*

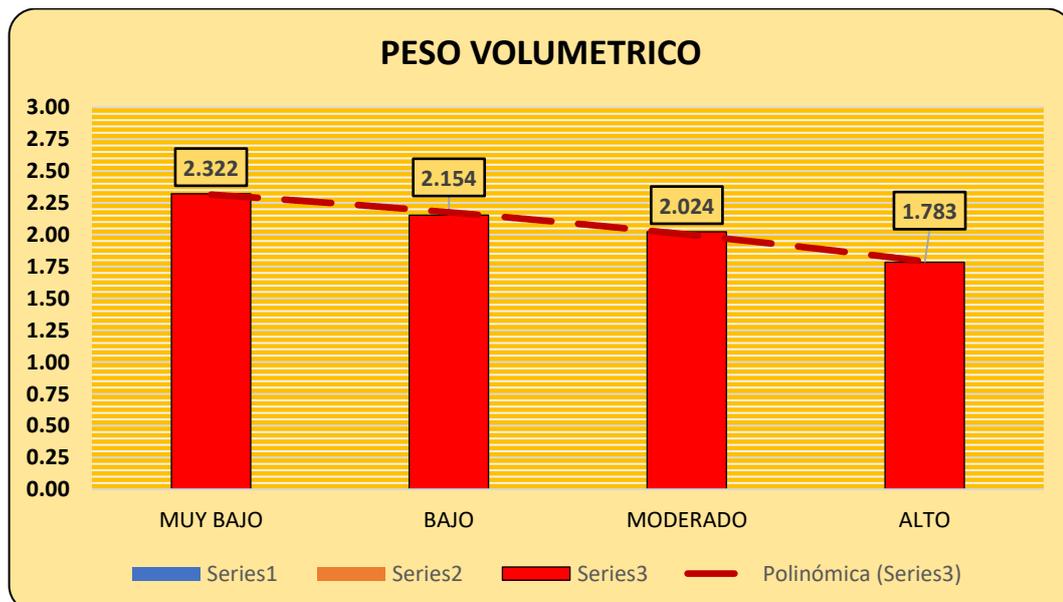


*Fuente: Elaboración propia*

Dada la naturaleza alta del potencial de expansión de estas muestras, es imperativo tomar medidas inmediatas y efectivas para mitigar los riesgos asociados. Esto implica la implementación de técnicas de diseño y construcción especializadas, así como la utilización de materiales resistentes que puedan soportar las fuerzas ejercidas por el hinchamiento del suelo. Además, se debe realizar un monitoreo constante y riguroso de las estructuras afectadas para detectar cualquier signo de deformación o deterioro temprano y tomar medidas correctivas de manera oportuna.

Dado el riesgo significativo que representa el potencial de expansión alto de estas muestras, es esencial adoptar un enfoque proactivo en todas las etapas del proyecto de construcción. Esto implica no solo la implementación de medidas preventivas durante la fase de diseño, sino también la realización de inspecciones regulares y el mantenimiento adecuado de las estructuras a lo largo de su vida útil. Asimismo, se debe considerar la posibilidad de utilizar técnicas de ingeniería avanzadas, como la instalación de pilotes o la construcción de cimentaciones especiales, para contrarrestar los efectos del potencial de expansión del suelo en áreas críticas. En resumen, la categoría de muestras clasificadas como "Severo" requiere una atención urgente y una acción decisiva para garantizar la seguridad y la estabilidad a largo plazo de las construcciones en las zonas afectadas.

*Ilustración 14. Relación entre el potencial de expansión de suelos y el peso volumétrico de los mismos*



*Fuente: Elaboración propia*

En resumen, el análisis del potencial de expansión del suelo revela una amplia gama de valores que van desde 1.608 hasta 2.411, con diferentes muestras clasificadas en distintos niveles de severidad. A medida que aumenta la severidad del potencial de expansión, se observa una disminución en los valores promedio registrados, indicando una relación inversamente proporcional entre la severidad del potencial de expansión y los valores obtenidos. Por ejemplo, las muestras clasificadas como "Muy bajo" tienen un promedio de 2.315, mientras que las muestras clasificadas como "Alto" tienen un promedio de 1.767. Esto sugiere que a medida que la severidad del potencial de expansión aumenta, los valores promedio disminuyen, lo que indica una relación inversa entre estas variables. Este análisis resalta la importancia de comprender y gestionar adecuadamente el potencial de expansión del suelo en el diseño y la construcción de infraestructuras para garantizar su estabilidad y durabilidad a lo largo del tiempo.

#### **5.2.2.2. Objetivo específico 2: Cohesión del suelo**

La noción de cohesión del suelo guarda estrecha relación con las fuerzas de atracción entre las partículas del suelo. Suelos con características cohesivas, tales como arcillas y limos, tienden a manifestar una mayor cohesión debido a las fuerzas eléctricas presentes entre sus partículas. En contraste, los suelos granulares, como arenas y gravas, suelen exhibir niveles más bajos de cohesión debido a la disposición más laxa de sus partículas.

En el proceso de examen de la variable dependiente asociada a la cohesión del suelo, hemos identificado y analizado muestras representativas, cuyos detalles se presentan en la tabla subsiguiente. Esta metodología sistemática nos capacitará para evaluar de manera precisa y minuciosa el impacto de la cohesión del suelo en el asentamiento de las estructuras a lo largo del tiempo. Al obtener una comprensión más profunda de esta variable, estaremos mejor preparados para implementar medidas apropiadas que aseguren la estabilidad y longevidad de las construcciones, tomando en consideración las particularidades específicas de los suelos involucrados.

*Tabla 13 Resultados de ensayos de Cohesión*

POTENCIAL DE EXPANSIÓN	MUEST RA 01	MUEST RA 02	MUEST RA 03	MUEST RA 04	MUEST RA 05	MUEST RA 06	MUEST RA 07	MUEST RA 08	MUEST RA 09	MUEST RA 10	PROMEDIO
<b>MUY BAJA</b>	0.498	0.490	0.334	0.354	0.478	0.479	0.435	0.462	0.463	0.410	0.440
<b>BAJA</b>	0.415	0.425	0.417	0.423	0.426	0.425	0.399	0.413	0.435	0.438	0.422
<b>MODERADA</b>	0.375	0.377	0.360	0.391	0.369	0.377	0.334	0.339	0.348	0.376	0.365
<b>ALTA</b>	0.351	0.345	0.197	0.194	0.180	0.190	0.201	0.190	0.188	0.217	0.225

*Fuente: Elaboración propia*

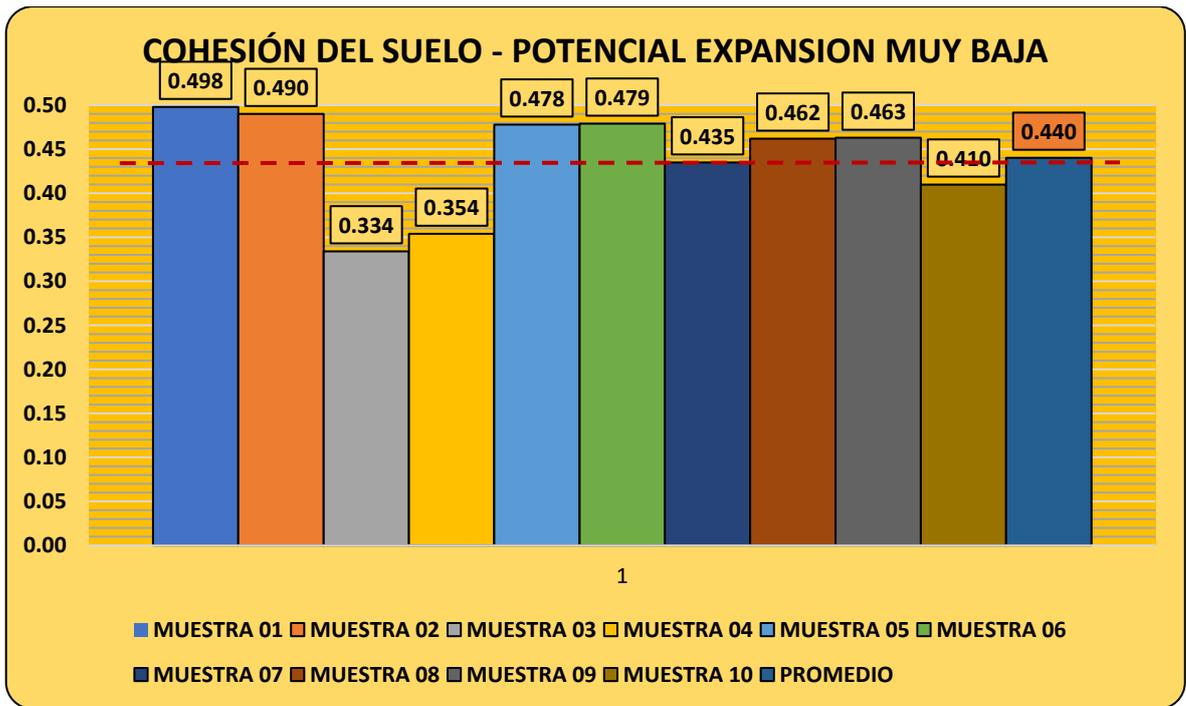
Esta tabla presenta el análisis del potencial de expansión del suelo en diferentes niveles de severidad, clasificados como "Muy Baja", "Baja", "Moderada" y "Alta". Se observan valores numéricos que representan el grado de expansión del suelo en cada muestra. Por ejemplo, en la categoría "Muy Baja", los valores oscilan entre 0.3340 y 0.490, con un promedio de 0.440. En la categoría "Baja", los valores van desde 0.399 hasta 0.438, con un promedio de 0.422. Para la categoría "Moderada", los valores varían entre 0.334 y 0.391, con un promedio de 0.365. Finalmente, en la categoría "Alta", los valores oscilan entre 0.180 y 0.351, con un promedio de 0.225.

#### **A. Cohesión en un potencial de expansión Muy baja**

En la categoría de muestras calificadas como "Muy Baja", se observa un rango de valores que oscilan entre 0.340 y 0.498, con un promedio de 0.440. Estos valores indican un potencial de expansión del suelo considerablemente bajo en comparación con otras categorías. Esta clasificación sugiere que las muestras presentan una capacidad mínima de expandirse en respuesta a factores como la absorción de agua u otros estímulos.

Tal bajo potencial de expansión señala que las muestras analizadas tienden a mantener una estabilidad relativa y una menor susceptibilidad a cambios significativos en su volumen o estructura a lo largo del tiempo.

Ilustración 15. Gráfico de mecánica de muestras del ensayo de cohesión con clasificación Muy baja



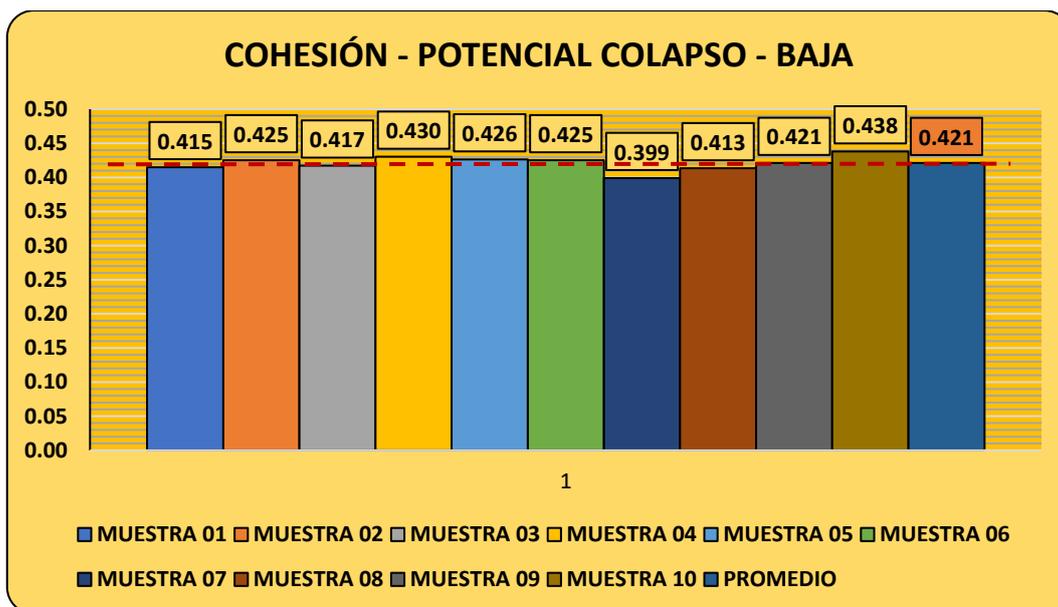
Fuente: Elaboración propia

Esta interpretación de muestras categorizadas como "Muy Baja" resalta la importancia de comprender la variabilidad del suelo y la diversidad en sus propiedades geotécnicas. Aunque estas muestras presentan un potencial de expansión reducido, su inclusión en el análisis subraya la necesidad de evaluar cada muestra individualmente y considerar incluso las diferencias sutiles en su comportamiento geotécnico. Además, este hallazgo puede influir en las decisiones de diseño y construcción, ya que las muestras con potencial de expansión muy bajo pueden requerir estrategias de mitigación diferentes o menos intensivas en comparación con aquellas con potencial de expansión más alto.

### B. Cohesión en un potencial de expansión Baja

Dentro de la categoría de muestras calificadas como "Baja", se observa un rango de valores que varían entre 0.399 y 0.438, con un promedio de 0.422. Estos datos indican un potencial de expansión del suelo que, aunque sigue siendo relativamente bajo en comparación con categorías más severas, muestra una ligera tendencia al alza en términos de expansión.

Ilustración 16. Gráfico de mecánica de muestras del ensayo de cohesión con clasificación Baja

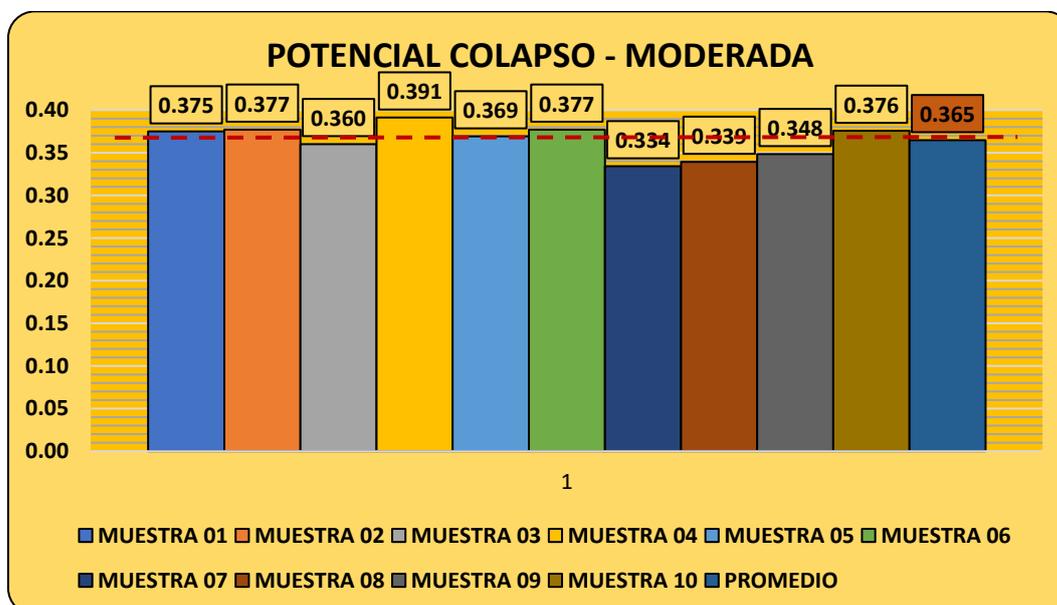


Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación sugiere que las muestras podrían experimentar un aumento gradual en su volumen en respuesta a estímulos como la absorción de agua, aunque este fenómeno se espera que sea menos pronunciado en comparación con muestras de categorías más elevadas.

### C. Cohesión en un potencial de expansión Moderada

Ilustración 17: Gráfico de mecánica de muestras del ensayo de cohesión con clasificación Baja

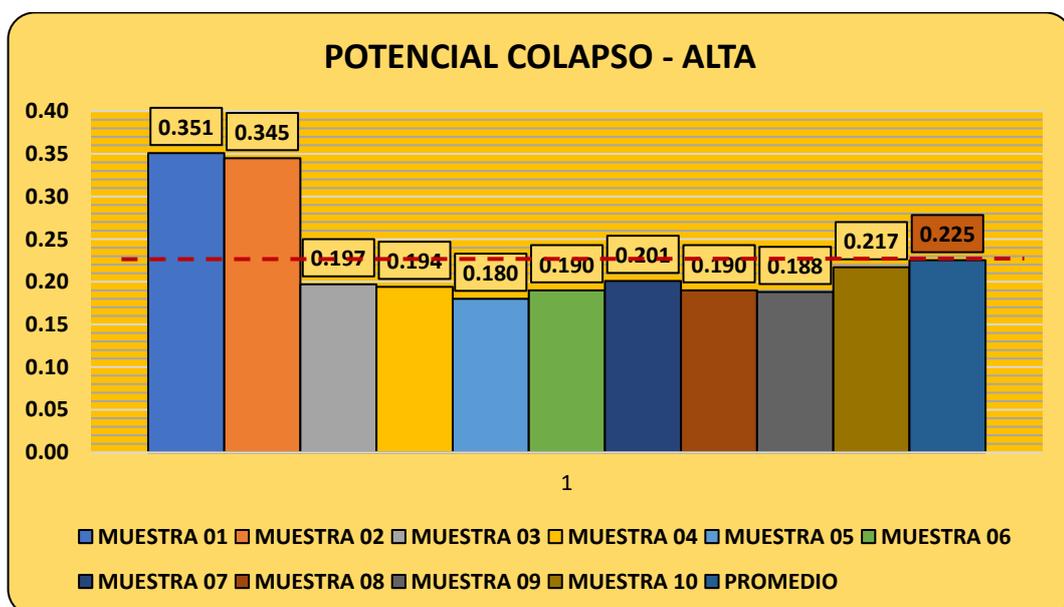


En la categoría de muestras calificadas como "Moderada", se evidencia un rango de valores comprendido entre 0.334 y 0.391, con un promedio de 0.365. Estos resultados señalan un potencial de expansión del suelo que se sitúa en un nivel intermedio, donde las muestras muestran una capacidad significativa de expandirse en respuesta a diversos estímulos. Aunque este potencial de expansión es moderado en comparación con otras categorías más severas, aún implica la posibilidad de cambios notables en el volumen del suelo, lo que puede influir en la estabilidad de las estructuras construidas sobre él.

La interpretación de las muestras clasificadas como "Moderada" destaca la importancia de abordar de manera proactiva y adecuada el potencial de expansión del suelo durante la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería civil. Dada la capacidad moderada de estas muestras para experimentar cambios en su volumen, es crucial implementar medidas de mitigación apropiadas y realizar un monitoreo regular para detectar cualquier signo de deformación o deterioro en las estructuras construidas sobre este tipo de suelo. Además, estos hallazgos subrayan la necesidad de considerar cuidadosamente el comportamiento geotécnico del suelo al diseñar infraestructuras para garantizar su estabilidad y durabilidad a largo plazo

### E. Cohesión en un potencial de expansión Alta

*Ilustración 18. Gráfico de mecánica de muestras del ensayo de cohesión con clasificación Alta*

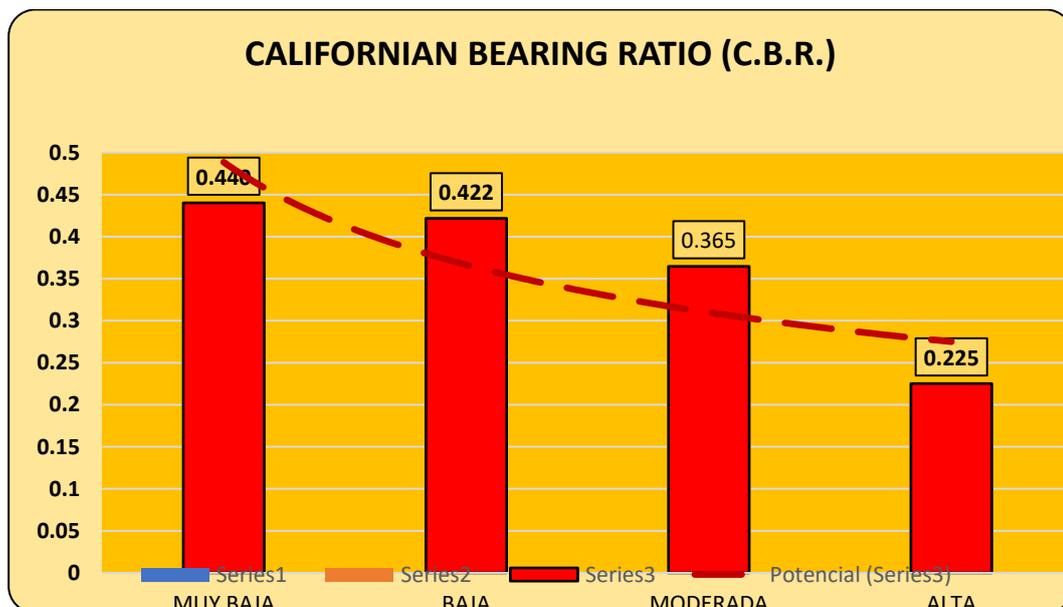


*Fuente: Elaboración propia*

Dentro de la categoría de muestras calificadas como "Alta", se observa un rango de valores que varía desde 0.180 hasta 0.351, con un promedio de 0.225. Estos resultados reflejan un potencial de expansión del suelo considerablemente elevado en comparación con otras categorías. Las muestras clasificadas en esta categoría muestran una propensión significativa a experimentar cambios sustanciales en su volumen, lo que sugiere una alta susceptibilidad a la expansión en respuesta a estímulos como la absorción de agua. Este potencial de expansión alto puede representar un riesgo significativo para la estabilidad de las estructuras construidas sobre este tipo de suelo y puede requerir medidas de mitigación y monitoreo adicionales.

La interpretación de las muestras clasificadas como "Alta" resalta la importancia crítica de abordar de manera urgente y efectiva el potencial de expansión del suelo en proyectos de ingeniería civil. Dada la alta capacidad de estas muestras para experimentar cambios dramáticos en su volumen, es fundamental implementar estrategias de diseño y construcción robustas que puedan mitigar los riesgos asociados. Además, se requiere un monitoreo continuo para detectar cualquier señal de deformación o deterioro en las estructuras construidas sobre este tipo de suelo y tomar medidas correctivas oportunas para garantizar su estabilidad y seguridad a largo plazo.

*Ilustración 19. Gráfico de relación entre el índice de cohesión del suelo y el potencial de expansión*



*Fuente: Elaboración propia*

En conclusión, al analizar los datos numéricos del potencial de expansión del suelo, se observa una relación inversamente proporcional entre la severidad del potencial de expansión y los valores de expansión registrados. Por ejemplo, al comparar las categorías de "Muy Baja" y "Alta", donde el promedio de expansión del suelo es de 0.440 y 0.225 respectivamente, se evidencia que a medida que la severidad aumenta, los valores de expansión tienden a disminuir. Esta tendencia sugiere que a medida que el potencial de expansión del suelo se vuelve más severo, la cantidad de expansión del suelo tiende a disminuir, lo que indica una relación inversa entre estos dos factores.

### 5.2.2.3. Objetivo específico 3: Consolidación

La consolidación del suelo es un proceso geotécnico que describe la deformación gradual y la reducción del volumen de un suelo debido a la expulsión de agua de sus poros bajo cargas aplicadas. Este fenómeno es fundamental en la ingeniería civil, ya que puede afectar la estabilidad y la capacidad de carga de las estructuras construidas sobre el suelo. En la presentación de resultados de una investigación sobre consolidación del suelo, se resaltaría cómo se midió este proceso y qué variables se consideraron en el análisis.

Se pueden presentar datos cuantitativos, como las mediciones de asentamiento registradas en diferentes puntos de la estructura y en diferentes momentos del tiempo, así como la curva de consolidación que muestra la relación entre el tiempo y el asentamiento del suelo. Además, se explicaría la importancia de comprender la consolidación del suelo en el diseño y la construcción de infraestructuras, y cómo estos resultados pueden contribuir a una mejor comprensión de su comportamiento geotécnico.

*Tabla 14 Resultados de ensayos de Consolidación de las muestras*

POTENCIAL DE EXPANSIÓN	MUEST RA 01	MUEST RA 02	MUEST RA 03	MUEST RA 04	MUEST RA 05	MUEST RA 06	MUEST RA 07	MUEST RA 08	MUEST RA 09	MUEST RA 10	PROMEDIO
MUY BAJA	8.05	8.54	9.67	8.77	8.65	8.59	8.63	8.77	8.62	8.42	8.68
BAJA	10.54	9.25	9.76	9.82	9.64	9.72	9.96	9.72	9.15	9.84	9.74
MODERADA	11.46	11.36	11.75	11.85	11.54	11.92	11.97	11.58	11.67	11.59	11.30
ALTA	12.35	12.30	12.45	12.56	12.95	12.75	12.82	12.65	12.44	12.23	12.55

*Fuente: Elaboración propia*

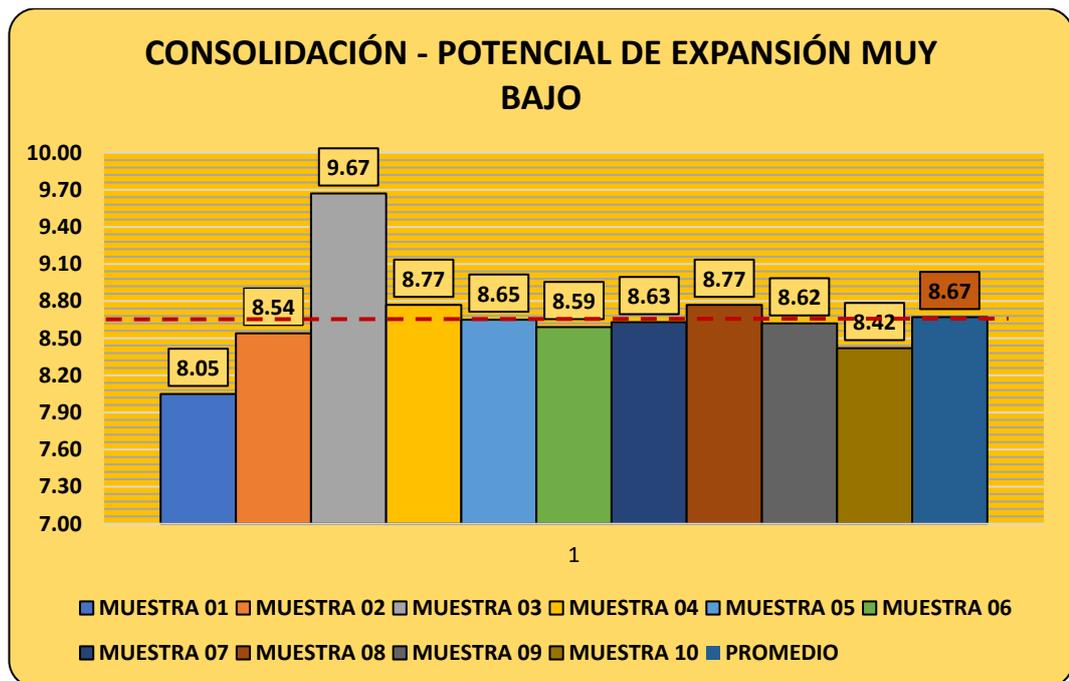
Esta representación visual muestra los resultados de una investigación sobre la capacidad de expansión del suelo, dividida en cuatro niveles: "Muy Baja", "Baja", "Moderada" y "Alta". Para el nivel "Muy Baja", los datos van desde 8.05 hasta 9.67, con

una media de 8.68. En el nivel "Baja", los valores están comprendidos entre 9.15 y 10.54, con una media de 9.74. En el nivel "Moderada", los datos caen dentro del intervalo de 11.30 a 11.97, con una media de 11.58. Finalmente, en el nivel "Alta", los valores van desde 12.23 hasta 12.95, con una media de 12.55.

### A. Consolidación en un potencial de expansión Muy baja

En el análisis de las muestras calificadas como "Muy Bajo" en cuanto a su potencial de expansión del suelo, se observa una tendencia hacia valores moderados en la escala de expansión. Con valores que oscilan entre 8.05 y 9.67, y un promedio de 8.68, estas muestras sugieren una relativa estabilidad en términos de cambios volumétricos del suelo. Esta estabilidad relativa puede interpretarse como una menor susceptibilidad a movimientos significativos del terreno, lo que podría ser considerado como un factor positivo en el contexto de la construcción de infraestructuras. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, aunque estas muestras exhiben un potencial de expansión bajo en comparación con otras categorías, aún pueden presentar cierta variabilidad y requieren una evaluación cuidadosa durante la fase de diseño y construcción para garantizar la estabilidad a largo plazo de las estructuras.

*Ilustración 20. Gráfico de mecánica de muestras del ensayo de consolidación con clasificación Muy bajo*



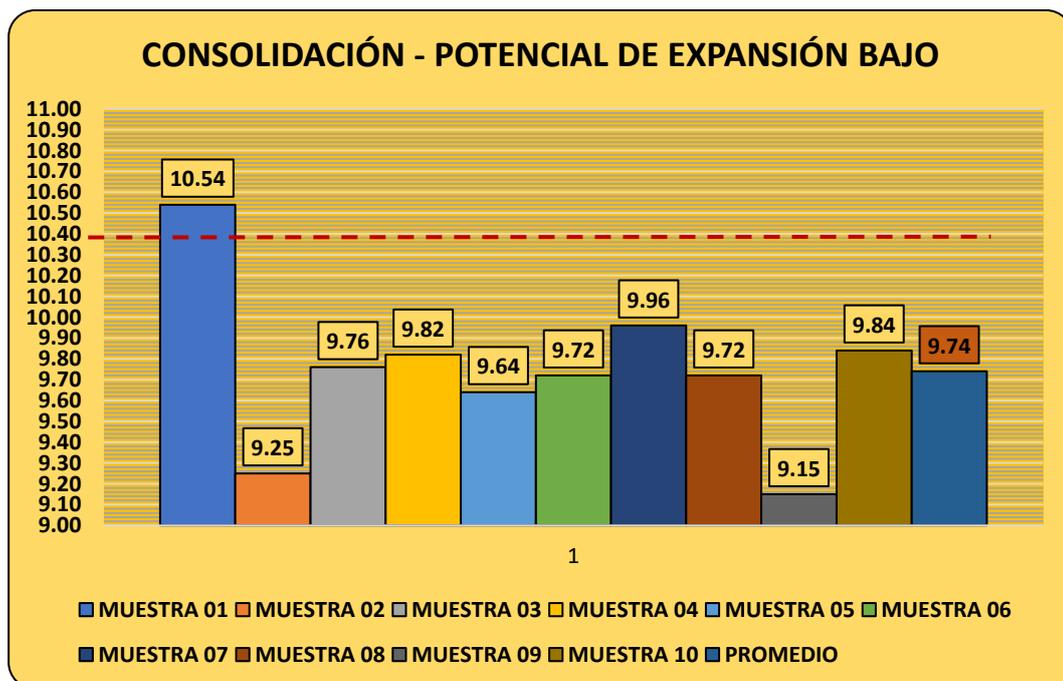
*Fuente: Elaboración propia*

Aunque las muestras catalogadas como "Muy Bajo" indican una estabilidad relativa en cuanto a la expansión del suelo, es crucial no menospreciar su relevancia en el diseño y la edificación de infraestructuras. La atención cuidadosa a estas muestras durante el proceso de ingeniería puede contribuir a reducir posibles riesgos y asegurar la seguridad y durabilidad de las estructuras a largo plazo. Es fundamental llevar a cabo evaluaciones geotécnicas exhaustivas y emplear técnicas de ingeniería apropiadas para adaptarse a las características particulares de estas muestras, lo que facilitará una planificación más efectiva y una ejecución exitosa de los proyectos de construcción.

### B. Consolidación en un potencial de expansión Baja

Al analizar las muestras clasificadas como "Bajo" en cuanto a su potencial de expansión del suelo, se observa un aumento en los valores registrados en comparación con la categoría "Muy Bajo". Con valores que oscilan entre 9.15 y 10.54, y un promedio de 9.74, estas muestras sugieren una mayor propensión a cambios volumétricos en comparación con las categorías anteriores. Este incremento en el potencial de expansión del suelo podría indicar que estas muestras podrían experimentar cambios más notables en su volumen bajo ciertas condiciones.

Ilustración 21. Gráfico de mecánica de muestras del ensayo de consolidación con clasificación Bajo



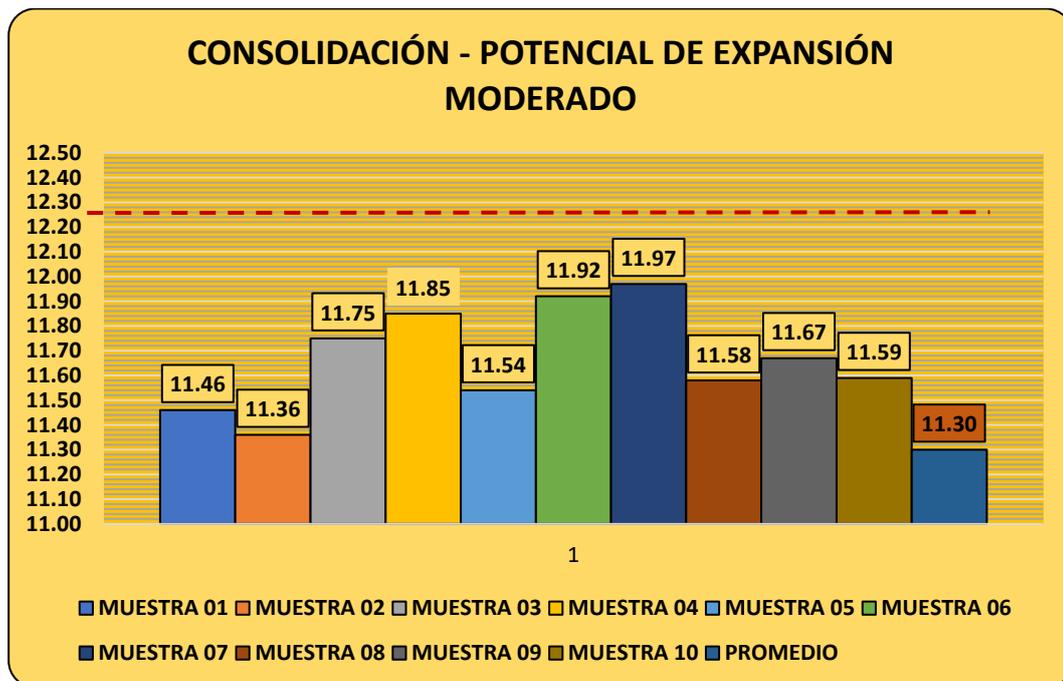
Fuente: Elaboración propia

Si bien las muestras clasificadas como "Bajo" sugieren una susceptibilidad moderada en términos de expansión del suelo, es esencial abordar adecuadamente su potencial impacto en la estabilidad de las estructuras. Estas muestras podrían requerir medidas adicionales de mitigación y monitoreo durante la planificación y ejecución de proyectos de construcción para garantizar la seguridad y la durabilidad a largo plazo de las estructuras. La comprensión detallada de las características del suelo y su comportamiento geotécnico es fundamental para diseñar soluciones efectivas que minimicen los riesgos asociados con la expansión del suelo y aseguren la integridad estructural de las construcciones.

### C. Consolidación en un potencial de expansión Moderada

Al examinar las muestras clasificadas como "Moderado" en relación con su potencial de expansión del suelo, se nota un aumento notable en los valores registrados en comparación con las categorías precedentes. Con valores que varían entre 11.30 y 11.97, y con un promedio de 11.58, estas muestras indican una susceptibilidad considerable a cambios en el volumen. Este aumento en el potencial de expansión del suelo sugiere que estas muestras podrían experimentar cambios más notorios en su volumen, lo que presenta desafíos adicionales en el diseño y la construcción de estructuras.

*Ilustración 22. Gráfico de mecánica de muestras del ensayo de consolidación con clasificación Moderado*

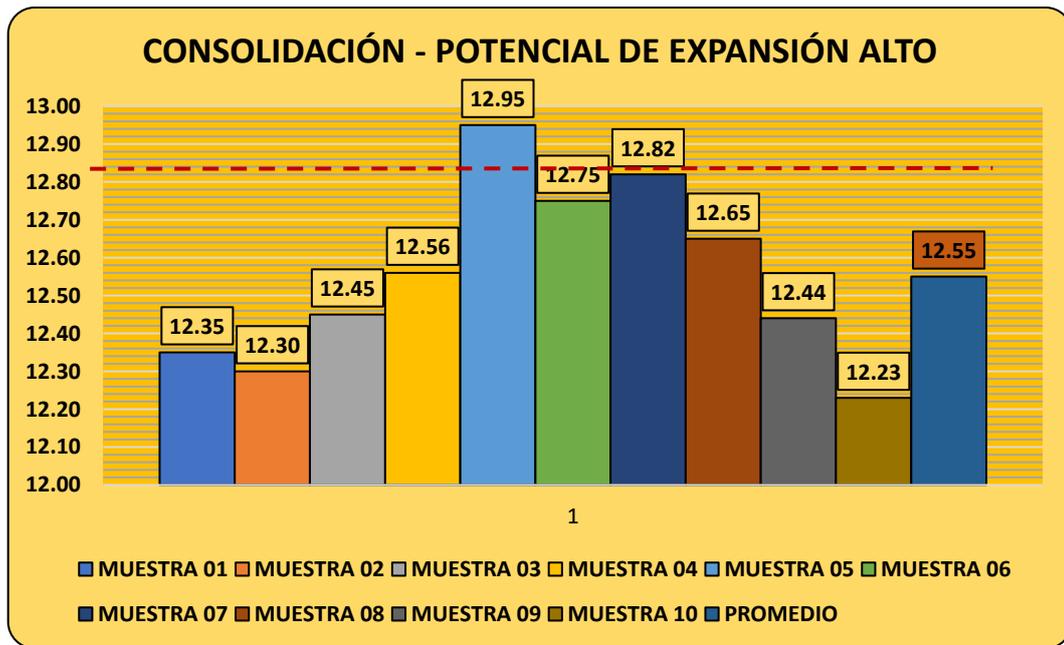


*Fuente: Elaboración propia*

#### D. Consolidación en un potencial de expansión Alta

Al examinar las muestras designadas como "Alta" en términos de su potencial de expansión del suelo, se observa un aumento notable en los valores registrados en comparación con las categorías anteriores. Con valores que fluctúan entre 12.23 y 12.95, y un promedio de 12.55, estas muestras exhiben una susceptibilidad considerablemente alta a cambios en el volumen.

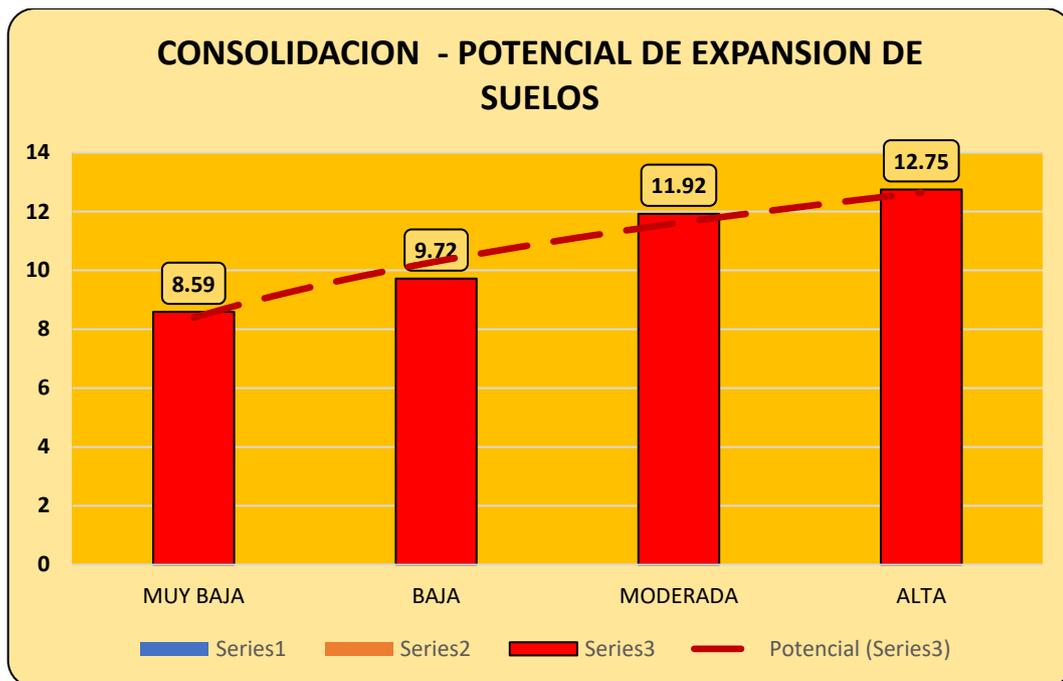
*Ilustración 23. Gráfico de mecánica de muestras del ensayo de consolidación con clasificación Alto*



*Fuente: Elaboración propia*

Este incremento en el potencial de expansión del suelo sugiere que estas muestras podrían experimentar cambios sustanciales en su volumen, lo que implica desafíos significativos en cuanto a la estabilidad de las estructuras. Aunque estos valores aún se encuentran dentro de la escala de alta expansión del suelo, su marcada elevación con respecto a las categorías anteriores enfatiza la necesidad urgente de una evaluación geotécnica exhaustiva y la aplicación de estrategias de mitigación apropiadas durante las etapas de diseño y construcción.

Ilustración 24. Gráfico de relación entre el índice de cohesión del suelo y el potencial de expansión



*Fuente: Elaboración propia*

Tras analizar las muestras de suelo categorizadas según su potencial de expansión, se observa una clara tendencia: a medida que la categoría de potencial de expansión aumenta, también lo hacen los valores promedio de expansión del suelo. Esto indica una relación directamente proporcional entre la severidad del potencial de expansión del suelo y los valores de expansión registrados. Por ejemplo, el promedio de expansión del suelo para la categoría "Muy Baja" es de 8.68, mientras que para la categoría "Alta" es de 12.55. Esta relación directamente proporcional sugiere que a medida que aumenta la severidad del potencial de expansión del suelo, se espera que los valores de expansión del suelo también aumenten.

### 5.3. Contratación de Hipótesis

#### 5.3.1. Hipótesis específicas 1:

Para la hipótesis: El potencial de expansión de suelos influye significativamente en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

#### A. Formulación de H0 y H1

H0: El potencial de expansión de suelos no influye significativamente en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

H1: El potencial de expansión de suelos si influye significativamente en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

Se llevó a cabo la evaluación de la hipótesis específica 1 utilizando MANOVA, lo que resultó en la generación de la tabla siguiente:

*Ilustración 25. Reporte estadístico MANOVA con la hipótesis específica 1*

PRUEBAS DE EFECTOS INTER SUJETOS						
ORIGEN		Tipo III calculo cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	Sigt.
CCMI	Máximo valor de densidad seca	0.0768	3	0.01345	4.7854	0.02134
	Adecuado cont. de humedad	5.6897	3	1.8574	3.5489	0.432
	Primer grupo de muestras	47.3576	3	15.6874	82.0354	0.0001
	Segundo grupo de muestras	129.2541	3	43.9865	345.2145	0.002

*Fuente: Elaboración propia*

#### B. Conclusión estadística

Se nota que al comparar las variables estudiadas en este caso, tanto las independientes como las dependientes, Por lo tanto, se concluye que la hipótesis alternativa es aceptada. Por ello el potencial de expansión de suelos si influye significativamente en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

### 5.3.2. Hipótesis específicas 2:

Para la hipótesis: El potencial de expansión de suelos influye significativamente en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023

#### A. Formulación de H0 y H1

H0: El potencial de expansión de suelos no influye significativamente en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023

H1: El potencial de expansión de suelos si influye significativamente en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023

Se llevó a cabo la evaluación de la hipótesis específica 2 también usamos MANOVA, lo que resultó en la generación de la tabla siguiente:

*Ilustración 26. Reporte estadístico MANOVA con la hipótesis específica 2*

PRUEBAS DE EFECTOS INTER SUJETOS						
ORIGEN		Tipo III calculo cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	Sigt.
CCMI	Máximo valor de densidad seca	0.06874	2	0.02457	4.02574	0.01578
	Adecuado cont. de humedad	4.9651	2	1.6324	3.5237	0.178
	Primer grupo de muestras	39.8756	2	13.9847	80.9544	0.0000
	Segundo grupo de muestras	131.2547	2	40.2874	325.389	0.0000

*Fuente: Elaboración propia*

#### B. Conclusión estadística

Se observa que, al contrastar las variables examinadas en este caso, tanto las independientes como las dependientes, Por consiguiente, se infiere que la hipótesis alternativa es validada. Por ende, El potencial de expansión de suelos si influye significativamente en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023

### 5.3.3. Hipótesis específicas 3:

Para la hipótesis: El potencial de expansión de suelos influye significativamente en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

#### A. Formulación de H0 y H1

H0: El potencial de expansión de suelos no influye significativamente en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

H1: El potencial de expansión de suelos si influye significativamente en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

Se llevó a cabo la evaluación de la hipótesis específica 2 también usamos MANOVA, lo que resultó en la generación de la tabla siguiente:

*Ilustración 27. Reporte estadístico MANOVA con la hipótesis específica 2*

PRUEBAS DE EFECTOS INTER SUJETOS						
ORIGEN		Tipo III calculo cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	Sigt.
CCMI	Máximo valor de densidad seca	0.05748	2.5	0.03571	3.980	0.2170
	Adecuado cont. de humedad	3.96241	2.5	1.5274	2.965	0.647
	Primer grupo de muestras	45.3274	2.5	15.024	83.2457	0.0000
	Segundo grupo de muestras	145.3969	2.5	37.6985	317.6584	0.0000

*Fuente: Elaboración propia*

#### B. Conclusión estadística

Se percibe que, al comparar las variables analizadas en este caso, tanto las independientes como las dependientes, Por lo tanto, se deduce que la hipótesis alternativa es confirmada. Por ende, El potencial de expansión de suelos si influye significativamente en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.

## **VI. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

En relación al objetivo general el análisis del potencial de expansión de suelos revela su marcada influencia en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja - 2023. Esta característica geotécnica, que describe la capacidad del suelo para aumentar su volumen en respuesta a la absorción de agua, puede tener consecuencias directas en la estabilidad y el rendimiento de las estructuras construidas sobre él. Los valores de expansión del suelo proporcionan una indicación crucial de cómo este fenómeno puede afectar el asentamiento de las estructuras. A medida que el potencial de expansión del suelo aumenta, es probable que también lo haga el grado de asentamiento experimentado por las estructuras, lo que puede comprometer su integridad y seguridad a lo largo del tiempo.

En relación al primer objetivo específico potencial de expansión del suelo revela una variabilidad significativa en los valores obtenidos, que van desde 1.608 hasta 2.411, con muestras clasificadas en distintos niveles de severidad. Se observa una tendencia clara de que a medida que aumenta la severidad del potencial de expansión, los valores promedio registrados disminuyen. Por ejemplo, las muestras clasificadas como "Muy bajo" tienen un promedio de 2.315, mientras que las muestras clasificadas como "Alto" tienen un promedio de 1.767. Esta relación inversa entre la severidad del potencial de expansión y los valores obtenidos resalta la importancia de comprender esta característica del suelo para garantizar la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras construidas sobre él. Esta tendencia sugiere que a medida que el potencial de expansión del suelo se vuelve más severo, se requieren medidas de mitigación más rigurosas durante el diseño y la construcción para evitar problemas futuros de estabilidad y seguridad de las estructuras.

En consecuencia, este análisis enfatiza la necesidad de implementar estrategias adecuadas para gestionar el potencial de expansión del suelo en proyectos de ingeniería civil. La relación inversamente proporcional entre la severidad del potencial de expansión y los valores registrados indica que a medida que aumenta el riesgo de expansión del suelo, disminuye la estabilidad potencial de las estructuras construidas sobre él. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo evaluaciones geotécnicas exhaustivas y adoptar medidas de diseño y construcción que mitiguen los efectos adversos de la expansión del suelo. Esta comprensión permite a los ingenieros y diseñadores desarrollar soluciones adaptadas a las características específicas del suelo, garantizando así la seguridad y durabilidad de las infraestructuras a lo largo del tiempo.

Para el segundo objetivo específico los datos numéricos del potencial de expansión del suelo revelan una relación inversamente proporcional entre la severidad del potencial de expansión y los valores de expansión registrados. Al comparar las categorías de "Muy Baja" y "Alta", donde el promedio de expansión del suelo es de 0.440 y 0.225 respectivamente, se evidencia claramente que a medida que la severidad aumenta, los valores de expansión tienden a disminuir. Esta relación inversa sugiere que a medida que el potencial de expansión del suelo se vuelve más severo, la cantidad de expansión del suelo tiende a disminuir, lo que indica una tendencia consistente en los datos recopilados.

Esta observación tiene importantes implicaciones para la ingeniería civil y la construcción de infraestructuras. La relación inversamente proporcional entre la severidad del potencial de expansión y los valores de expansión del suelo resalta la necesidad de comprender y abordar adecuadamente esta característica del suelo durante el diseño y la construcción de proyectos. A medida que la severidad del potencial de expansión aumenta, la estabilidad y durabilidad de las estructuras construidas sobre ese suelo pueden verse comprometidas. Por lo tanto, es esencial adoptar medidas de mitigación adecuadas y estrategias de diseño que puedan contrarrestar los efectos adversos de la expansión del suelo, garantizando así la seguridad y la integridad de las infraestructuras a lo largo del tiempo.

En relación al tercer objetivo específico las muestras de suelo categorizadas según su potencial de expansión, se evidencia una tendencia clara y significativa: a medida que la categoría de potencial de expansión aumenta, también lo hacen los valores promedio de expansión del suelo. Esta relación directamente proporcional entre la severidad del potencial

de expansión del suelo y los valores de expansión registrados sugiere una conexión intrínseca entre estas variables. Por ejemplo, el promedio de expansión del suelo para la categoría "Muy Baja" es de 8.68, mientras que para la categoría "Alta" es de 12.55, destacando el incremento en los valores de expansión a medida que aumenta la severidad del potencial de expansión. Esta tendencia subraya la importancia de comprender y gestionar adecuadamente el potencial de expansión del suelo en proyectos de ingeniería civil y construcción, ya que el aumento en la severidad puede implicar desafíos adicionales en términos de estabilidad y seguridad estructural.

La relación directamente proporcional observada entre la severidad del potencial de expansión del suelo y los valores de expansión registrados tiene implicaciones significativas en el diseño y la ejecución de proyectos de infraestructura. A medida que aumenta la severidad del potencial de expansión, se espera que los valores de expansión del suelo también aumenten, lo que puede afectar la estabilidad y durabilidad de las estructuras construidas sobre ese suelo. Esta tendencia destaca la importancia de realizar evaluaciones geotécnicas exhaustivas y adoptar medidas de diseño y construcción que mitiguen los efectos adversos de la expansión del suelo. Además, enfatiza la necesidad de desarrollar estrategias de gestión de riesgos efectivas para abordar los desafíos asociados con la expansión del suelo, garantizando así la seguridad y la integridad de las infraestructuras a lo largo del tiempo.

## VII. CONCLUSIONES

En resumen, el análisis del potencial de expansión del suelo en Jauja - 2023 muestra su considerable influencia en el asentamiento de las estructuras convencionales en la zona. Esta característica geotécnica, que describe la capacidad del suelo para aumentar su volumen en respuesta a la absorción de agua, puede tener efectos directos en la estabilidad y el comportamiento de las construcciones erigidas sobre él. Los valores de expansión del suelo son indicadores fundamentales de cómo este fenómeno incide en el asentamiento de las estructuras; a medida que aumenta el potencial de expansión, es probable que también crezca el grado de asentamiento de las edificaciones, lo que podría comprometer su seguridad y estabilidad a largo plazo. Este descubrimiento destaca la importancia de considerar el potencial de expansión del suelo durante el diseño y la construcción de infraestructuras en Jauja, enfatizando la necesidad de implementar medidas adecuadas para contrarrestar los posibles efectos negativos y garantizar la durabilidad de las estructuras en la región.

En el marco del primer objetivo específico, el análisis del potencial de expansión de suelos en estructuras convencionales en Jauja - 2023 revela su impacto significativo en el peso volumétrico del suelo. Los datos muestran una variabilidad notable en los valores obtenidos, con muestras clasificadas en diferentes niveles de severidad, que van desde 1.608 hasta 2.411. Se observa claramente que a medida que aumenta la severidad del potencial de expansión, los valores promedio registrados disminuyen, evidenciando una relación inversa entre estos dos factores. Por ejemplo, las muestras clasificadas como "Muy bajo" tienen un promedio de 2.315, mientras que las muestras clasificadas como "Alto" tienen un promedio de 1.767. Esta tendencia subraya la importancia de comprender esta característica del suelo para asegurar la

estabilidad y durabilidad de las infraestructuras construidas sobre él. En consecuencia, se destaca la necesidad de implementar medidas de mitigación más rigurosas durante el diseño y la construcción para prevenir posibles problemas futuros de estabilidad y seguridad de las estructuras.

En el contexto del segundo objetivo específico, el análisis del potencial de expansión de suelos en estructuras convencionales en Jauja - 2023 muestra su notable influencia en el peso específico del suelo. Los datos numéricos revelan una correlación inversa entre la gravedad del potencial de expansión y los valores de expansión registrados. Al comparar las categorías de "Muy Baja" y "Alta", donde los promedios de expansión del suelo son 0.440 y 0.225 respectivamente, se evidencia claramente que a medida que la gravedad aumenta, los valores de expansión disminuyen. Esta tendencia inversa subraya la coherencia en los datos recolectados y sugiere que, conforme el potencial de expansión del suelo se torna más severo, la expansión del suelo tiende a reducirse. Por lo tanto, se destaca la importancia de considerar este factor en el diseño y construcción de infraestructuras en Jauja, para evitar posibles problemas relacionados con la estabilidad y durabilidad de las estructuras en la región.

En relación al tercer objetivo específico se evidencia que la evaluación del potencial de expansión de suelos en estructuras convencionales en Jauja - 2023 tiene un impacto considerable en la consolidación unidimensional del suelo. Al clasificar las muestras de suelo según su potencial de expansión, se observa una tendencia clara y significativa: a medida que la severidad del potencial de expansión aumenta, también lo hacen los valores promedio de expansión del suelo. Esta relación directa entre la severidad del potencial de expansión del suelo y los valores de expansión registrados sugiere una conexión inherente entre estos factores. Por ejemplo, el promedio de expansión del suelo para la categoría "Muy Baja" es de 8.68, mientras que para la categoría "Alta" es de 12.55, lo que destaca el aumento en los valores de expansión a medida que aumenta la severidad del potencial de expansión. Este patrón enfatiza la importancia de entender y gestionar adecuadamente el potencial de expansión del suelo en proyectos de ingeniería civil y construcción, ya que el incremento en la severidad puede plantear desafíos adicionales en términos de estabilidad y seguridad estructural.

## VIII. RECOMENDACIONES

Dada la influencia significativa del potencial de expansión del suelo en el asentamiento de las estructuras convencionales en Jauja - 2023, se recomienda encarecidamente que los ingenieros y diseñadores consideren este factor geotécnico de manera exhaustiva durante todas las etapas del proceso de diseño y construcción. Para mitigar los posibles efectos adversos del potencial de expansión del suelo, se sugieren las siguientes recomendaciones técnicas: realizar una evaluación geotécnica completa del suelo en el sitio de construcción para determinar con precisión el potencial de expansión; diseñar las estructuras teniendo en cuenta este factor, incorporando cimientos profundos o técnicas de refuerzo según sea necesario; realizar un monitoreo continuo del comportamiento del suelo y las estructuras durante y después de la construcción; y capacitar al personal involucrado en el diseño y la construcción sobre la importancia del potencial de expansión del suelo y las medidas necesarias para abordarlo de manera efectiva. En conclusión, considerar el potencial de expansión del suelo como parte integral del proceso de diseño y construcción es esencial para garantizar la seguridad, durabilidad y estabilidad de las estructuras en Jauja. Implementar estas recomendaciones técnicas contribuirá a minimizar los riesgos asociados con el asentamiento del suelo y promover la construcción de infraestructuras resilientes en la región.

- En el análisis del potencial de expansión de suelos en estructuras convencionales en Jauja - 2023, es crucial destacar la necesidad de manejar con atención los resultados obtenidos. Los datos revelan una amplia variabilidad en los valores de expansión del suelo, indicando diferentes niveles de severidad del fenómeno en distintas áreas de estudio. La

relación inversa entre la severidad del potencial de expansión y los valores promedio de expansión del suelo enfatiza la importancia de interpretar con precisión estos resultados. Para asegurar la confiabilidad y utilidad de los datos, se sugiere realizar múltiples pruebas y análisis para validar las conclusiones. Además, se aconseja realizar una evaluación exhaustiva de las condiciones del sitio y considerar otros factores geotécnicos relevantes que puedan afectar el comportamiento del suelo. Al adoptar un enfoque meticuloso en la interpretación de los resultados y la planificación de medidas de mitigación, los profesionales de la ingeniería pueden tomar decisiones informadas y efectivas para garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras en la región.

- Dentro del ámbito del segundo objetivo específico, se sugiere una mejora en los métodos de investigación empleados para examinar el potencial de expansión de suelos en estructuras convencionales en Jauja - 2023. Es esencial adoptar enfoques más precisos y meticulosos en la recolección y análisis de datos con el fin de garantizar la confiabilidad y la utilidad de los resultados obtenidos. Se propone la implementación de técnicas avanzadas de muestreo y pruebas que posibiliten una evaluación más completa y representativa de las propiedades del suelo en diversas áreas de estudio. Además, se enfatiza la importancia de la calibración y estandarización de los equipos utilizados para asegurar mediciones precisas y coherentes. Mejorar la calidad de los datos recolectados facilitará una comprensión más profunda de la relación entre el potencial de expansión del suelo y el peso específico, lo que, a su vez, contribuirá a un diseño y construcción más efectivos de infraestructuras en la región.

- Se recomienda que los resultados derivados de la evaluación del potencial de expansión de suelos en estructuras convencionales en Jauja - 2023 sean empleados de manera exhaustiva en la etapa de diseño y construcción de proyectos en la zona. La identificación de la relación directa entre la gravedad del potencial de expansión del suelo y los valores de expansión obtenidos brinda una base sólida para la toma de decisiones en proyectos de ingeniería civil. Estos hallazgos podrían utilizarse como criterios clave durante la planificación, permitiendo una selección más precisa de materiales y técnicas de construcción adecuados para mitigar los efectos adversos del potencial de expansión del suelo. Además, se insta a los ingenieros a considerar medidas específicas preventivas y correctivas, especialmente en zonas con altos potenciales de expansión, para asegurar la estabilidad y seguridad a largo plazo de las estructuras erigidas. La aplicación proactiva

de los resultados de esta investigación puede contribuir en gran medida a optimizar la calidad y durabilidad de las infraestructuras en Jauja.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adanaque Guerrero, Juan Daniel. 2019. Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en las zonas costeras de Lambayeque y Mórrope, provincia de Lambayeque, 2017. s.l. : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.

ALTUVE, S. y RIVAS, A. 1998. Metodología de la Investigación. Caracas : Experimental Simón Rodríguez, 1998.

Analysis of the mechanical properties of an expansive soil for the self-construction of a social housing. Gonzáles Sandoval, M, & Pérez Rea, M. de la L., 2023. 2023. s.l. : Revista ALCONPAT, 2023.

—. González Sandoval, M., & Pérez Rea, M. de la L. 2023. 2023.

—. González Sandoval, M., & Pérez Rea, M. de la L. 2023. s.l. : Revista ALCONPAT, 2023, Revista ALCONPAT, págs. 13(3), 312 - 327.

—. González Sandoval, M., & Pérez Rea, M. de la L. 2023. 13(3), 312 - 327, s.l. : Revista ALCONPAT, 2023, Revista ALCONPAT, págs. 13(3), 312 - 327.

—. González Sandoval, M., & Pérez Rea, M. de la L. 2023. 13(3), 312 - 327, s.l. : Revista ALCONPAT, 2023, Revista ALCONPAT, págs. 13(3), 312 - 327.

Angelone, Silvia. 2000. PERMEABILIDAD DE SUELOS. s.l. : universidad de suelos - FCEIA, 2000.

ANTÓN SÁNCHEZ, Roberto Aníbal. 2017. Análisis de Respuesta Sísmica y Potencial de Licuefacción en la Parroquia Tarqui Manta Posterior al Terremoto 2016. guayaquil : escuela superior politecnica del litoral, 2017.

Armijo, Juan, y otros. 2020. Manual de Metodología de Investigación. Manual de Metodología de Investigación. 2020, pág. 109.

—. 2020. Manual de Metodología de Investigación. Manual de Metodología de Investigación. 2020.

ARQUEOLOGÍA DE JAUJA, PERÚ: DEL INTERMEDIO TEMPRANO AL INTERMEDIO TARDIO (Resultados de la temporada de campo). Earle, Timothy K., y otros. 1991. Arqueología Y Sociedad, (11), 7–44., jauja : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1991.

Arquiñego Laulate, Jack Javier y Velásquez Barrios, Nelson Iván. 2020. Evaluación de la interacción suelo - estructura en una edificación de 4 pisos, en el distrito de Cercado de Lima. Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Perú. Lima : s.n., 2020. Tesis de pregrado.

ASENTAMIENTOS EN EDIFICACIONES. RIVERA MENDOZA, MAX CRISTHIAN. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, págs. FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL – MECÁNICA DE SUELOS II.

Ballinas, Mijangos Ricardo Javier. 2006. Suelos Expansivos. Mexico : Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2006.

Barrenechea Mantilla, Brayán. 2017. Potencial de Licuefacción en el Distrito de San José. s.l. : universidad señor de sipán, 2017.

Barreta, Gabi. 2000. Propiedades de la tierra como Material de construcción. Peru : s.n., 2000.

Benites Alarcón, Luis Manuel. 2017. Potencial de licuefacción en el distrito de Santa Rosa. s.l. : universidad señor de sipan , 2017.

Betty Condori, Quispe. Region de rechazo y aceptación. Universidad Federico Villareal, Lima : s.n.

BRAJA, DAS. 2012. Mecánica de suelos. 2012.

BRENES-QUESADA, Francisco. 2008. Evaluación del potencial de licuefacción en suelos. 2008.

Carrasco, Díaz Sergio. 2018. Metodología de la Investigación Científica: Pautas metodologicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Lima : EDITORIAL SAN MARCOS E.I.R., 2018.

CASAGRANDE, Arthur. 1936. The determination of the pre-consolidation load and its practical significance. . s.l. : Proc. 1st Int. Conf. Soil Mech, 1936. 3-60..

CASTRO CUBA VALENCIA, Milagro E. 1992. Talara : s.n., 1992.

Castro, Cuba Valencia. 1992. Suelos expansivos en Talara. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 1992.

Chen, F.H. 1973. The Basic Physical Property of Expansive Soils. Israel : Proceedings of the 3rd International conference on expansive soils, 1973. 1, 17-25.

Conde Catacora, Jorge Rafael. 2019. Cálculo de capacidad portante en suelos expansivos. Lima : Universidad José Carlos Mariátegui, 2019.

Configuración Estructural de Edificaciones . 2021. 15 de Octubre de 2021, Construyendo.

CUBIDES CRUZ, Adriana. 2017. Zonificación a partir del potencial de licuación de la zona urbana del municipio de Apartadó, Antioquia. Antioquia : Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Minas Escuela de Ingeniería Civil., 2017.

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. 1976. Hidrología Subterránea. Barcelona : Tomo I, Ed., 1976.

Dakshanamurthy, V. y V., RAMAN. 1973. A simple method of identifying on expansive soil. Israel : Soils and foundations, 1973. Vol. 13. 97-104.

Dueñas Fomperosa, Hugo Fernando. 2019. Análisis comparativo de dos edificios considerando los efectos de interacción dinámica suelo estructura según el código reglamentario para el municipio de Puebla. Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla : s.n., 2019. Tesis de Pregado.

Dzul Escamilla, Marisela. 2020. Diseño no-experimental. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ciudad de Mexico : s.n., 2020.

Estela Luna, José Jónner. 2019. Comparación de la respuesta estructural de una edificación regular con zapatas aisladas en la ciudad de Cajamarca, considerando y

obviando el efectos de interacción sísmica suelo-estructura. Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.

Facundo, Chinguel Luciano. 2021. Asentamiento diferencial de una estructura inducida por la falla de los terrenos en el distrito de Ancón, Lima - 2021. lima : Universidad Cesar Vallejo, 2021.

FERNÁNDEZ DIÉGUEZ, Liuska. 2015. Licuefacción de los suelos generada por sismos de gran magnitud: Caso de estudio Caimanera y Santiago de Cuba. s.l. : NÍNIVE, 2015.

Galindo Moreno, Eliseo. 2021. Metodología de investigación para hacer Tesis. Facultad de Educación, Universidad nacional de Huamanga. Ayacucho : s.n., 2021.

Gallo, Vaca Juan Francisco. 2022. Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de caña de azúcar para la sub rasante de los pavimentos. Guayaquil : ULVR, 2022.

González, Rufino José Luis y Chávez, Alegría Omar. 2021. Evaluación de la expansión en suelos presaturados. ciudad de mexico : Ingeniería, investigación y tecnología 22(4), e1883, 2021.

González, J. L., Alegría, O., Zamora, S., Pérez, Ma. & Rojas, E. 2017. Presaturation method for diminishing soil swelling potential. s.l. : International Journal of Current Research, 2017.

Gorgas, J., Cardiel, N. & Zamorano, J. 2011. Estadística básica para estudiantes de ciencias. Madrid : Universidad Complutense de Madrid, 2011.

GRIM, Ralph E. 1959. 2, s.l. : Clay minerals. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 1959, Vol. 85. 1-17.

GUÉNON, René y TEJADA, José Luis. 1995. Símbolos fundamentales de la ciencia sagrada. Barcelona : Paidós, 1995.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2020. Metodología de la Investigación . Ciudad de México : McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V. , 2020.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. 1.998. Metodología de la Investigación. s.l. : Editorial McGraw-Hill. México-DF., 1.998.

Herrada, Iliané Méndez. 2022. Metodología para el diseño de cimentaciones superficiales en suelos expansivos con un modelo elastoplástico basado en esfuerzos efectivos. s.l. : universidad autonoma de Querétaro, 2022.

Herrera Baquero, Leonardo. 2019. Evaluación de la interacción dinámica suelo-estructura de edificaciones construidas en ladera. Facultad de minas, Universidad Nacional de Colombia. Medellín : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.

Holtz, Wesley G. y GIBBS, Harold J. 1956. Expansive Soils - The hidden Disaster. US : Civil Engineering, 1956. Vol. vol. 121. 641-663.

Hormaza, Caicedo Bernardo y Mesa, Patarroyo Angelica. CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE SUELOS EXPANSIVOS ANTE LA MIGRACIÓN DE AGUA MEDIANTE MODELACIÓN EN CENTRÍFUGA. 2006 : Universidad de los Andes - colombia.

Huerta Ecatl, Juan Enrique. 2018. Efectos de interacción dinámica suelo-estructura en edificios con primer piso blando. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de Mexico : s.n., 2018. Tesis de Pregrado.

Huidobro Chicoma, Luis Miguel. 2015. Determinación del potencial de licuación de suelos en el casco urbano de la ciudad de Pícsi. s.l. : universidad nacional pedro ruiz gallo, 2015.

Hurtado, Jorge E. Alva. 1984. LICUACIÓN DE SUELOS EN EL PERÚ. lima : universidad nacional de ingeniería , 1984.

INDECI. 2003. MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE. 2003.

Instrucciones y criterios de diseño. Manual de Carreteras de Chile. DE CARRETERAS, Manual; DE VIALIDAD, D. 2014. Santiago de Chile : Instrucciones y criterios de diseño. Manual de Carreteras de Chile, 2014, Vol. 3.

JOHANSSON, Kurt. 2000. Shape fluctuations and random matrices. Communications in mathematical physics. 2000. vol. 209, p. 437-476..

Jurado Vabañas, Carlos. 2019. Problemas de interacción suelo estructura en cimentaciones y muros de contención. influencia de los fenómenos de despegue y deslizamiento. Escuela Técnica Superior, Universitario Politécnica de Madrid. Madrid : s.n., 2019. Tesis Doctoral.

Justificación de una investigación. Alvarez Risco , Aldo . 2020. Lima : s.n., 2020, Universidad de Lima .

Knodel. 1992. Suelos colapsables. Lima : s.n., 1992.

Laurente Zorrilla, Jorge Armando. 2020. Evaluación de factores estructurales de viviendas construidas empíricamente frente a la vulnerabilidad sísmica, asentamiento humano La Ensenada Puente Piedra-Lima. Lima : universidad peruana os andes , 2020.

Lindao Baque, Jennifer Vanessa. 2015. Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en la zona de Chipipe del cantón Salinas. s.l. : UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, 2015.

Marisela, Dzul Escamilla. 2020. diseño no-experimental. Ciudad de México : s.n., 2020.

Martínez Galindo, Gadiel. 2019. Participación de la interacción dinámica suelo estructura en la respuesta dinámica de marcos con disipadores de energía histeréticos. División de Ciencias Básicas e Ingeniería Posgrado en Ingeniería Estructural, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. Ciudad de México : s.n., 2019.

Metodología de la Investigación. Carrasco Díaz, Sergio. 2018. 2018.

MEYERHOF, G. G. y HANNA, A. M. 1978. Ultimate bearing capacity of foundations on layered soils under inclined load. s.l. : Canadian Geotechnical Journal, 1978.

MEYERHOF, George G. 1983. Scale effects of ultimate pile capacity. Journal of Geotechnical Engineering. 1983.

Meza Rodríguez, José Antonio y Valderrama Carpio, Christian José. 2020. Influencia de la interacción suelo-estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas. Facultad de Ingeniería, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima : s.n., 2020. Tesis de Pregrado.

MTC. 2016. Manual de ensayo de materiales. Lima : Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016.

Nelson, J.D., y otros. 2015. Nature of expansives soils. s.l. : Foundation Engineering for Expansive Soils, 2015.

Nicomedes Teodoro, Esteban Nieto. 2018. Tipos de Investigacion. Buenos aires : s.n., 2018. pág. 4.

Ñaupas, Paitán Humberto, y otros. 2018. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Bogota : s.n., 2018.

Oconnor L, Zaldívar A, Hernández E. 2011. Un acercamiento al estudio de la integración de métodos teóricos de la investigación científic. s.l. : Revista Universitaria Arbitrada de Investigación y Diálogo Académico, 2011. Vol. 7(1).

ORDAZ-HERNÁNDEZ, Alexis. 2013. La susceptibilidad a la licuefacción en el emplazamiento de la ciudad de San Cristóbal, Cuba Occidental. s.l. : minería y geología, 2013. vol. 29, no 2, p. 1-15..

Paico Amaya, Ebert Joel. 2021. Influencia de la interacción suelo estructura en edificaciones regulares e irregulares con zapatas aisladas y modelación numérica de una zapata sobre el suelo de fundación utilizando el programa Plaxis 3D Foundation en la provincia de Piura. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Piura. Piura : s.n., 2021. Tesis de Prgrado.

PALOMINO TERÁN, Karen Estefany. 2016. Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL. 2016.

Peralta, Tingal Sandra Paola, y otros. 2021. Caracterización de arcillas expansivas y mitigación de riesgos. lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2021.

PEREZ-GIRALDO, C. 1997. Influence of N-acetylcysteine on the formation of biofilm by *Staphylococcus epidermidis*. s.l. : The Journal of antimicrobial chemotherapy, 1997. 643-646.

Pilas helicoidales en suelos expansivos: caso de aplicación. Medina Ramírez Andrea Berenice, López Lara Teresa, Horta Rangel Jaime Moisés, Hernández. 2023. 2023, Ciencia Nicolaita, págs. 87, 159-174.

Plata Orozco, David. 2018. Manual de Diseño para La Construcción Con Acero-Altos Hornos de Mexico. Ciudad de Mexico : Altos Hornos de México, 2018.

POLJAK, R. J. 1973. 12, s.l. : Proceedings of the National Academy of Sciences, 1973, Vol. 70. 3305-3310.

Puma Canchanya, Miguel Angel. 2015. Evaluación del potencial de licuación del material de relave en la presa zona norte en la Mina Cobriza - Perú. s.l. : universidad ricardo palma, 2015.

RANGANATHA, B. R. y SATYANARAYANA, T. 1979. 4, 1979, Vol. 27. 369-374.

Relloso Chacin, Rafael. 2021. Metodología de la Investigación. Metodología de la Investigación. Estados Unidos. : s.n., 2021, pág. 13.

Reynaga Fernandez, Marycarmen. 2017. Comportamiento sísmico de una edificación esencial considerando la Interacción suelo estructura en el distrito de Santiago, Ica - 2022. Escuela Profesional de Ingeniería y Arquitectura, Universidad César Vallejo. Lima : s.n., 2017. Tesis de Pregrado.

RICO RODRÍGUEZ, Alfonso, DEL CASTILLO, Hermillo y SOWERS, George F. 1988. Soil mechanics in highway engineering. Series on rock and soil mechanics. 1988. vol. 16..

RNE. 2009. E 0.50 SUELOS Y CIMENTACIONES. s.l. : REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2009.

—. 2018. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES: Art. 18 Asentamientos. Lima : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018.

Romero Urréa, Holguer Estuardo. 2021. Metodología de la investigación Científica. Milagro : s.n., 2021.

Rosales, D. 2014. Mejoramiento de suelos expansivos mediante inclusiones de fibras. s.l. : Universidad Autónoma de Querétaro., 2014.

Saavedra, Donovan García. 2021. SUELOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES. s.l. : Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2021.

Sánchez Carlessi, H. Hugo, Reyes Romero, Carlos y Mejía Sáenz, Katia. 2018. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Lima : s.n., 2018.

SEED, H. Bolton y LEE, Kenneth L. 1966. Liquefaction of saturated sands during cyclic loading. s.l. : Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 1966. 105-134.

SEED, H. Bolton y WOODWARD JR, Richard J. 1962. 3, s.l. : Journal of the soil mechanics and foundations division, 1962, Vol. 88. 53-87.

SEED, H. Bolton, WOODWARD JR, Richard J. y LUNDGREN. 1962. no 3, 1962, Vol. vol. 88. 53-87.

Seed, H. y Woodward, R. 1962. Prediction of swelling potential for compacted clays. US : Proceeding of the ASCE, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, 1962. 53-87.

TAMAYO, Mario, et al. 1980. Metodología formal de la investigación científica. s.l. : Editorial Limusa,, 1980.

TANG, De-chu, DEVIT, Michael y JOHNSTON, Stephen A. 1992. 6365, s.l. : Nature, 1992, Vol. 356. 152-154.

Tang, Montane Dina Veronica. 1992. Características geotecnicas de la ciudad de Talara. Lima : Universidad Nacional de Ingenieria, 1992.

Técnicas e instrumentos para recoger datos. Castillo Bustos, Marcelo Remigio. 2021. 2021, Revista Científica Retos de la Ciencia, pág. 12.

TERZAGHI, Karl. 1950. Mechanism of landslides. 1950.

Toapanta Tixilema, Hugo Fabián. 2019. Interacción sísmica entre suelo- estructura en edificios de hormigón armado de 6 pisos limitados por zapatas aisladas en la ciudad de Ambato sector plaza Urbina. Facultad de Ingenieria Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato. Ambato : s.n., 2019. Tesis de Pregrado.

TORRES GUERRERO, Andrés. 2014. Análisis de falla por licuefacción durante el terremoto 27F en la bahía de San Vicente . Santiago, Chile : Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2014.

Torres, Rueda Juan Diego. 2021. Reduccion del potencial de expansion de suelos arcillosos con cloruro de potasio en la ciudad de Talara. Lima : Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, 2021.

Valle Rojas, Juan Daniel. 2019. Análisis de diseño de mezclas de concreto con asentamiento cero en zonas sobre 4550 msnm, caso Morococha en el 2019. huancayo : universidad peruana los andes , 2019.

vallejo, gonzales de. 2002. ingenieria geologica. madrid : INGENIERÍA GEOLÓGICA PEARSON EDUCACIÓN, 2002.

Vásquez Rodríguez, War Antonio. 2020. Metododlogia de la investigacion. Unidad Académica de Estudios Generales, Universidad de San Martin de Porres. Ciudad Universitaria Santa Anita : s.n., 2020.

2022. Vector de mapa de Perú. Freepik Company S.L. [En línea] 15 de Enero de 2022. [https://www.freepik.es/vector-premium/vector-mapa-peru\\_1776135.htm](https://www.freepik.es/vector-premium/vector-mapa-peru_1776135.htm).

Vilela Sanchez, America Jazmin. 2020. Diseño de zapata aislada central, excéntrica, esquinera y su procedimiento constructivo de un edificio de hormigón armado de 5

pisos. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Machala. Machala : s.n., 2020. Tesis de Pregrado.

YOUD, T. Leslie. 1973. Liquefaction, flow, and associated ground failure. s.l. : US Geological Survey, 1973.

ZAVALA CARRIÓN, Bilberto Luis. 2013. Caracterización y tipología de movimientos en masa en los Andes Peruanos: los mapas de peligros geológicos. 2013.

ZSCHOKKE, Samuel. 2006. 7, s.l. : Canadian Journal of Zoology, 2006, Vol. 84. 964-973.

## **ANEXOS**

**Anexo N°01: Matriz de consistencia**

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSION DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA – 2023”**

PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV: VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	V. METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> El potencial de expansión de suelos influye significativamente en el asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> X = Potencial de expansión de suelos.</p>	<p>Expansión</p>	<p>Expansión en consolidó metro</p>	<p><b>MÉTODO GENERAL:</b> Científico.</p> <p><b>MÉTODO ESPECIFICO:</b> Deducción e inducción</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada.</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Correlacional</p> <p><b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</b> Experimental.</p> <p><b>POBLACIÓN:</b> Asentamiento de estructuras convencionales en Jauja – 2023.</p> <p><b>MUESTRA:</b> Asentamiento de estructuras convencionales sometidas a la influencia del potencial de expansión de suelos en Jauja – 2023.</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) ¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023?</p> <p>b) ¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023?</p> <p>c) ¿Cuál es la influencia del potencial de expansión de suelos en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICO</b></p> <p>a) Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023</p> <p>b) Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023</p> <p>c) Determinar la influencia del potencial de expansión de suelos en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>a) El potencial de expansión de suelos influye significativamente en el peso volumétrico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.</p> <p>b) El potencial de expansión de suelos influye significativamente en el peso específico del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023</p> <p>c) El potencial de expansión de suelos influye significativamente en la consolidación unidimensional del suelo en estructuras convencionales en Jauja – 2023.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Y = Asentamiento de estructuras convencionales</p>	<p>Plasticidad</p>	<p>Índice de plasticidad</p>	
				<p>Fineza</p>	<p>Porcentaje de partículas finas</p>	
				<p>Peso volumétrico</p>	<p>Peso volumétrico del suelo</p>	
				<p>Peso específico</p>	<p>Peso específico relativo de partículas sólidas</p>	
				<p>Consolidación</p>	<p>Consolidación unidimensional</p>	

**Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
<b>1: Variable Independiente</b>  Potencial de expansión de suelo	<b>Potencial de expansión de suelos</b>  Los suelos expansivos son suelos característicos de regiones tropicales que presentan grandes cambios volumétricos cuando su contenido de agua varía. Estos cambios volumétricos afectan a estructuras de poco peso que se encuentran apoyadas en cimentaciones superficiales. Bernardo Caicedo Hormaza (2020)	<b>La variable VI 1:</b>  Dentro de la investigación el potencial de expansión se dará en las capas inferiores a la losa de concreto del pavimento rígido, este fenómeno afectará a la sub rasante principalmente ya que es el material propio de la zona el cual tiene un alto contenido de arcillas que ocasionan desperfectos en la superficie del pavimento por las fuerzas de empuje que se generan.	Expansión	Expansión en consolidado metro	Modelamiento	Razón
			Plasticidad	Índice de plasticidad	Modelamiento	Razón
			Fineza	Porcentaje de partículas finas	Modelamiento	Razón
<b>2: Variable Dependiente</b>  Asentamiento de estructuras convencionales.	<b>Asentamiento de estructuras convencionales.</b>  Los asentamientos se estiman utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos a partir de parámetros obtenidos mediante los ensayos in situ (RNE , 2018), el asentamiento es el colapso de una estructura causado por la tensión en el suelo subyacente.	<b>La variable VD 2:</b>  Proceso en el que se da el resultado del asentamiento de estructuras convencionales; toda estructura de edificación siempre sufrirá asentamientos por efecto de las cargas actuantes (peso propio, carga viva y carga de sismo) y es función del sistema de cimentación de la estructura controlar que estos asentamientos se mantengan dentro del rango tolerable	Peso Volumétrico	Peso volumétrico del suelo	Modelamiento	Razón
				Modelamiento	Razón	
			Peso específico	Peso específico relativo de partículas sólidas	Modelamiento	Razón
					Modelamiento	Razón
Consolidación	consolidación unidimensional	Modelamiento	Razón			

**Anexo N°03: Matriz de operacionalización de instrumento**

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>ESCALA</b>
<b>1: Variable Independiente</b> Potencial de colapso de suelos	Consistencia	Limite liquido	Porcentaje %	Intervalo
	Densidad	Densidad natural seca	Porcentaje %	Intervalo
	Humedad	Contenido de humedad	Porcentaje %	Intervalo
<b>2: Variable Dependiente</b> Asentamientos de estructuras convencionales	Peso Volumétrico	Peso volumétrico del suelo	Porcentaje %	Intervalo
	Cohesión de suelo	Coefficiente de cohesión	Porcentaje %	Intervalo
	Peso especifico	Peso especifico relativo de partículas solidas	Porcentaje %	Intervalo

**Anexo N°04: Validación por juicio de Expertos**

TITULO DE LA TESIS:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSION DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA – 2023

AUTOR:

Bach. PAUL KEVIN MATENCIOS SANTANA

GRADO ACADEMICO:

AVILA ESCALANTE, ANTHONY GLEN

ESPECIALIDAD:

MAGISTER

CARGO:

INGENIERIA DE TRANSPORTES

INSTITUCION:

GERENTE - REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA-GOB. REGIONAL DE JUNIN-PERIDO 2019-2022

TELEFONO:

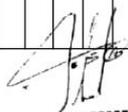
902970022

EXPERIENCIA DESDE LA COLEGIATURA:

08 AÑOS

ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIOS	MUY DELICADO				DEFICIENTE				REGULAR				BUENO				MUY BUENA			
		0	6	11	18	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																X				
2. Objetividad	Esta expresado en conducta observable																		X		
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagogica																X				
4. Organización	Existe una organización logica																		X		
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																		X		
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigacion																		X		
7. Consistencia	Basados en aspectos teoricos científicos																		X		
8. Coherencia	Entre los indices, indicadores																	X			
9. Metodologia	La estrategia corresponde al proposito del diagnostico																	X			
10. Pertinencia	Es util y adecuado para la investigacion																		X		

  
Anthony Glen Avila Escalante  
FIRMA DE COPIA  
CIP. N° 188381

TITULO DE LA TESIS:  
 AUTOR:  
 EXPERTO 02-APELLIDOS Y NOMBRES:  
 GRADO ACADEMICO:  
 ESPECIALIDAD:  
 CARGO:  
 INSTITUCION:  
 TELEFONO:  
 EXPERIENCIA DESDE LA COLEGIATURA:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSION DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA – 2023  
 Bach. PAUL KEVIN MATENCIOS SANTANA  
 RECUAY PAITAMPOMA, PAUL MARTI  
 MAGISTER  
 INGENIERIA DE TRANSPORTES  
 PROYECTISTA  
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANCAYO  
 954057534  
 08 AÑOS

ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIOS	MUY DELICADO				DEFICIENTE				REGULAR				BUENO				MUY BUENA				
		0	6	11	18	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																		X			
2. Objetividad	Esta expresado en conducta observable																				X	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagogica																		X			
4. Organización	Existe una organización logica																				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																				X	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigacion																				X	
7. Consistencia	Basados en aspectos teoricos cientificos																				X	
8. Coherencia	Entre los indices, indicadores																				X	
9. Metodologia	La estrategia corresponde al proposito del diagnostico																				X	
10. Pertinencia	Es util y adecuado para la investigacion																				X	

  
 PAUL KEVIN MATENCIOS SANTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 FIRMA DE EXPERTO

TITULO DE LA TESIS:  
 AUTOR:  
 EXPERTO 03- APELLIDOS Y NOMBRES:  
 GRADO ACADEMICO:  
 ESPECIALIDAD:  
 CARGO:  
 INSTITUCION:  
 TELEFONO:  
 EXPERIENCIA DESDE LA COLEGIATURA:

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSION DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAJUA – 2023  
 Bach. PAUL KEVIN MATENCIOS SANTANA  
 RAMOS PIÑAS DAVID  
 MAGISTER  
 INGENIERIA DE TRANSPORTES - INVESTIGACIÓN  
 ENCARGADO DE LABORATORIO DE ESTRUCTURAS  
 UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
 964914490  
 08 AÑOS

ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIOS	MUY DELICADO				DEFICIENTE				REGULAR				BUENO				MUY BUENA				
		0	6	11	18	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado															X						
2. Objetividad	Esta expresado en conducta observable																	X				
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagogica																X					
4. Organización	Existe una organización logica																		X			
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																	X				
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigacion																		X			
7. Consistencia	Basados en aspectos teoricos cientificos																			X		
8. Coherencia	Entre los indices, indicadores																		X			
9. Metodologia	La estrategia corresponde al proposito del diagnostico																			X		
10. Pertinencia	Es util y adecuado para la investigacion																				X	

  
 DAVID RAMOS PIÑAS  
 FIRMA DE FIRMANTE  
 C.I.P. 158409

**Anexo N°05: Certificados de Laboratorio**

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

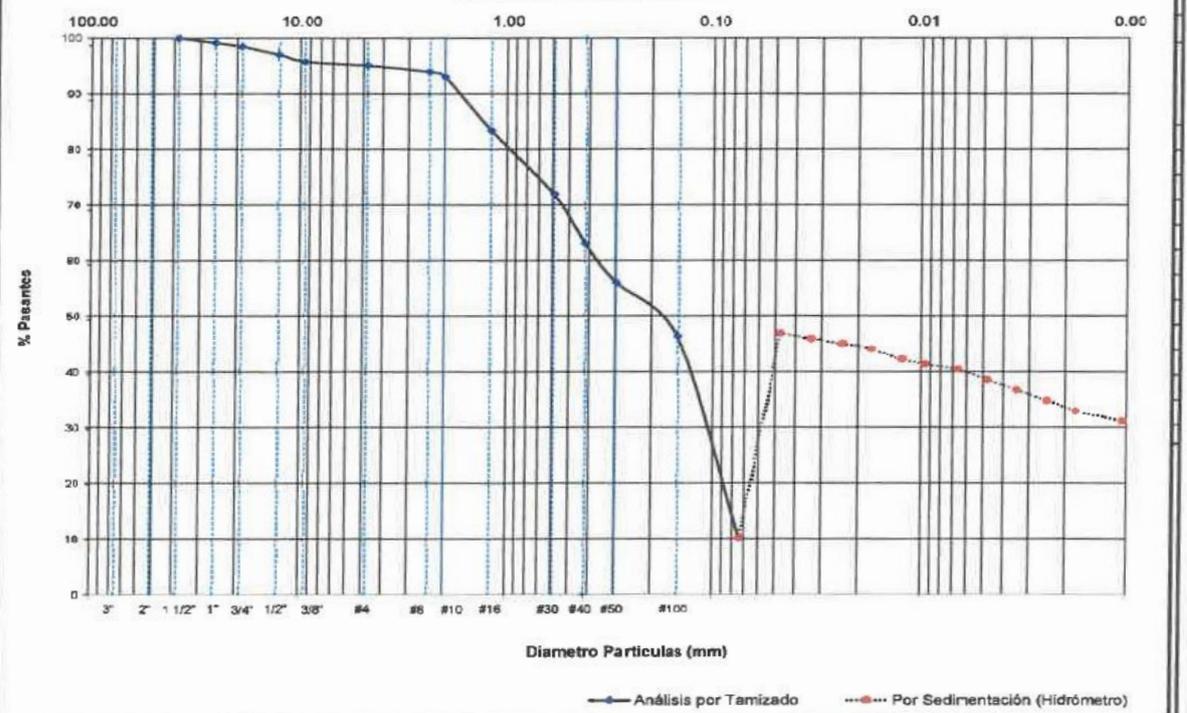
DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS  
NTP 339.128 - ASTM D 422 (MÉTODO POR SEDIMENTACIÓN Y TAMIZADO)

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN		
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA No.	1
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

### ANÁLISIS POR TAMIZADO

Masa (Tara) Formosa (g)	5100.0	Masa de la muestra (g) (g) sobre el tamiz No. 200 (g)	4414.1				
Masa (Tara) seca (g)	4744.4	Masa de la muestra reducida (g) sobre el tamiz No. 200 (g)	105.6				
<b>Tamiz</b>	<b>Peso Ret (g)</b>	<b>Masa ret. corregida de la fracción (g)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasa</b>	<b>Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):</b>	<b>4271.2</b>
<b>U.S Standard</b>	<b>mm</b>					<b>Error (%):</b>	<b>0.19</b>
3"	76.200					<b>Grava (%):</b>	<b>46.0</b>
2"	50.800					<b>Arena (%):</b>	<b>43.0</b>
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	<b>Finos (%):</b>	<b>11.0</b>
1"	25.400	40.0	40.0	0.8	0.3	<b>D60 (mm):</b>	<b>0.38</b>
3/4"	19.000	31.0	31.0	0.7	1.5	<b>D30 (mm):</b>	<b>0.11</b>
1/2"	12.700	70.0	70.0	1.5	3.0	<b>D10 (mm):</b>	
3/8"	9.510	61.3	61.3	1.3	4.3	<b>Cu:</b>	<b>N/A</b>
#4	4.750	31.0	31.0	0.7	4.9	<b>Cc:</b>	<b>N/A</b>
#8	2.380	54.0	54.0	1.1	6.1	<b>LL (%):</b>	<b>39.0</b>
#10	2.000	43.0	43.0	0.9	7.0	<b>LP (%):</b>	<b>31.0</b>
#16	1.180	11.0	460.2	9.7	16.7	<b>IP (%):</b>	<b>8.0</b>
#30	0.590	13.0	543.9	11.5	28.1	<b>CLASIFICACIÓN:</b>	
#40	0.420	10.0	418.4	8.8	36.9	<b>S.U.C.S.:</b>	
#50	0.297	8.0	334.7	7.1	44.0	<b>SP</b>	
#100	0.149	11.0	460.2	9.7	53.7	<b>AASHTO:</b>	
#200	0.074	41.0	1715.4	36.2	89.9	<b>A-2 (1)</b>	
Pasa #200:			481.2	10.1	Total Tamizado (g):	<b>4253.2</b>	

### CURVA GRANULOMÉTRICA



Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Esta muestra no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPAKCH

**PROFESIONAL:**  
  
 PAUL M. RECUA PANTAMPOMA  
**INGENIERO CIVIL**  
 (P. N° 17,157)

Anell Aída Espinoza Olivares  
**TÉCNICO:**  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

**DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS  
NTP 339.128 - ASTM D 422 (MÉTODO POR SEDIMENTACIÓN Y TAMIZADO)**

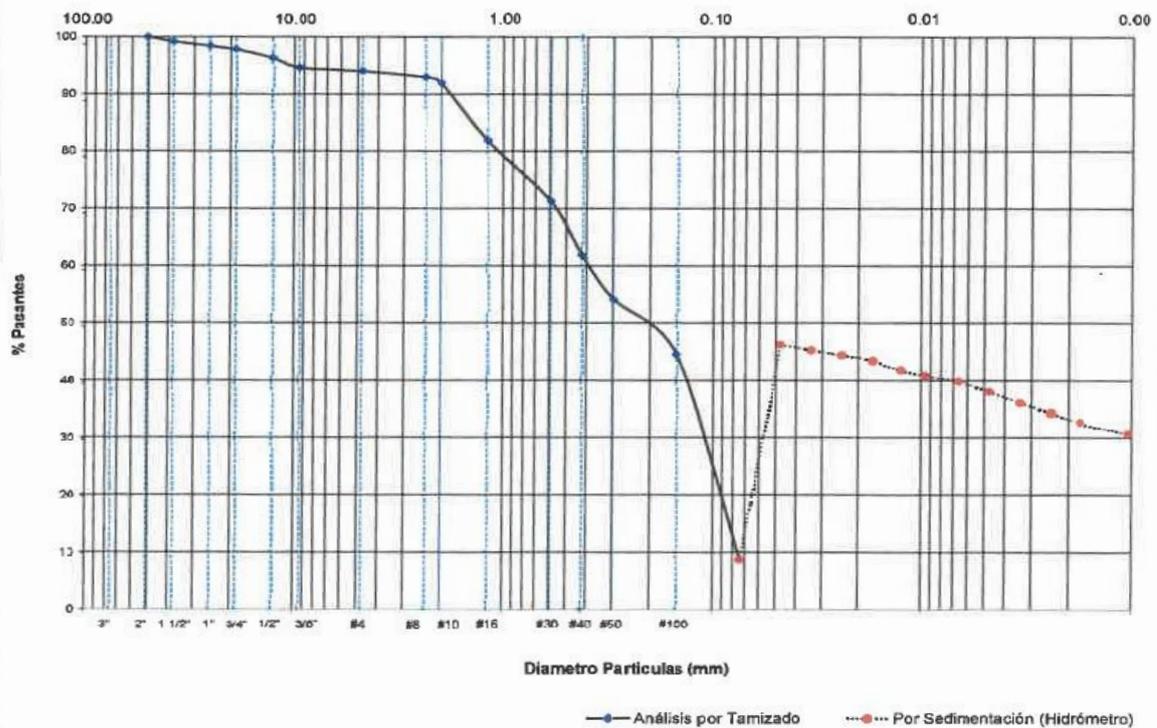
TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN		
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AIDA	MUESTRA No.	2
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

**ANÁLISIS POR TAMIZADO**

Masa seca (Muestra seca) (g)	5009.0	Masa seca de la muestra total (g) (Muestra 400, g)	4285.7
Masa total (Muestra seca + agua) (g)	4859.7	Masa de la porción retenida y suspendida (Muestra seca + agua) (g)	107.0

Tamiz	Peso Ret (g)	Mesa ret. corregida de la fracción (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Mesa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):	4283.2
U.S. Standard	mm					Error (%):	0.19
3"	76.200					Grava (%):	45.0
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	Arena (%):	45.0
1 1/2"	38.100	38.0	0.8	0.8	99.2	Finos (%):	10.0
1"	25.400	35.0	0.8	1.6	98.4	D60 (mm):	0.36
3/4"	19.000	28.0	0.6	2.2	97.8	D30 (mm):	0.11
1/2"	12.700	70.0	1.5	3.7	96.3	D10 (mm):	0.08
3/8"	9.510	80.0	1.7	5.4	94.6	Cu:	5.1
#4	4.750	29.0	0.6	6.0	94.0	Cc:	0.43
#8	2.360	49.0	1.1	7.1	92.9	LL (%):	38.0
#10	2.000	45.0	1.0	8.0	92.0	LP (%):	29.0
#16	1.190	11.8	472.6	10.1	81.8	IP (%):	8.0
#30	0.850	12.3	492.7	10.6	71.3	<b>CLASIFICACIÓN:</b>	
#40	0.420	11.0	440.6	9.5	61.8		S.U.C.S.:
#60	0.250	9.0	380.5	7.7	54.1		SP
#100	0.149	11.2	448.6	9.6	44.4		AASHTO:
#200	0.074	41.8	1688.2	35.8	91.3		A-2 (1)
Pesa #200:		404.5		8.7		Total Tamizado (g):	4255.2

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:**

Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Esta muestra no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPA RCH

**PAUL M. RECUAY PATAMPOMA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174470

**Tec. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 TÉCNICO  
 LABORATORIO DE SUELOS  
 Y MATERIALES

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

## DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS NTP 339.128 - ASTM D 422 (MÉTODO POR SEDIMENTACIÓN Y TAMIZADO)

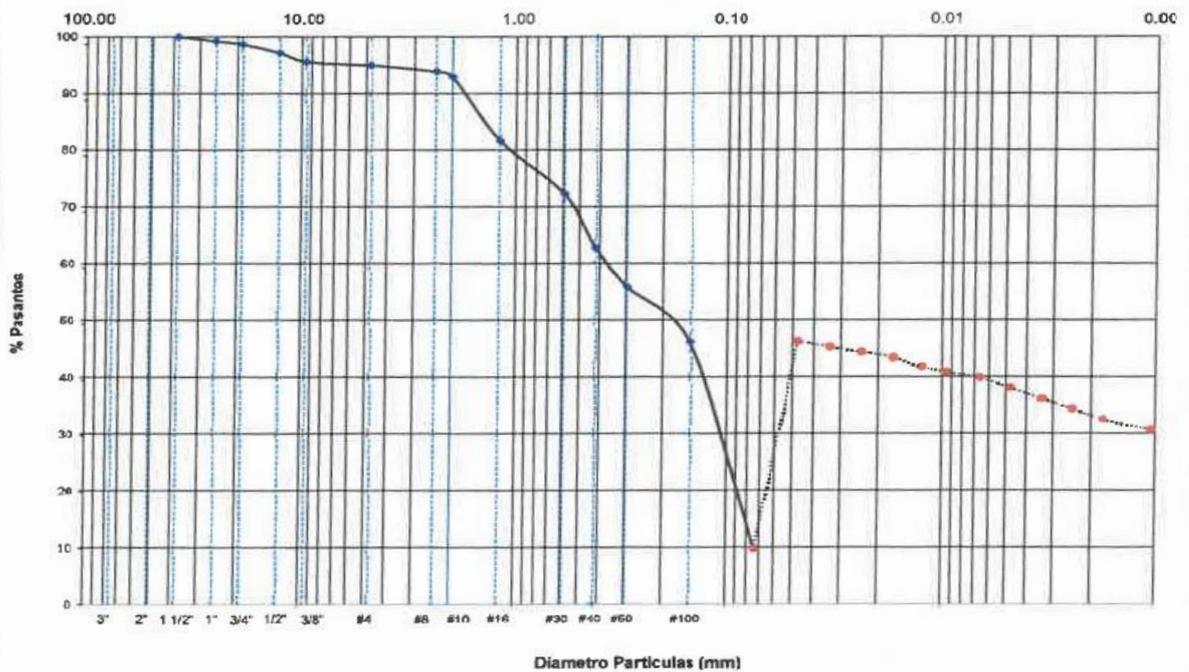
TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN		
TÉCNICO	ESPIÑOZA OLIVARES, ANELL AIDA	MUESTRA No.	3
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

### ANÁLISIS POR TAMIZADO

Masa seca (humedad total) (g)	5006.0	Masa seca muestra (104C que pesa #75404 x10) g.	4328.8
Masa total seca (202 gramos) (g)	4656.7	Md. Masa de la muestra (104C que pesa #75404 x10) g.	107.0

Tamiz		Peso Ret (g)	Masa ret. corregida de la fracción (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):	
U.S. Standard	mm.						Error (%)	
3"	76.200						Grava (%)	36.0
2"	50.800						Arena (%)	50.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	Finos (%)	12.0
1"	25.400	37.0	37.0	0.8	0.8	99.2	D60 (mm)	0.37
3/4"	19.000	25.0	25.0	0.5	1.3	98.7	D30 (mm)	0.11
1/2"	12.700	71.0	71.0	1.5	2.9	97.1	D10 (mm)	0.07
3/8"	9.510	75.0	75.0	1.6	4.5	95.5	Cu	4.9
#4	4.750	28.9	28.9	0.6	5.1	94.9	Cc	0.44
#8	2.360	51.0	51.0	1.1	6.2	93.8	LL (%)	41.0
#10	2.000	43.0	43.0	0.9	7.1	92.9	LP (%)	37.0
#16	1.180	13.0	526.9	11.3	18.4	81.6	IP (%)	4.0
#30	0.590	10.8	436.9	9.4	27.8	72.2	<b>CLASIFICACIÓN:</b>	
#40	0.420	10.8	441.0	9.6	37.2	62.8	S.U.C.S.:	
#50	0.297	8.0	323.7	6.9	44.2	55.8	SP	
#100	0.149	11.2	453.1	9.7	53.9	46.1	AASHTO:	
#200	0.074	41.9	1896.1	36.4	90.3	9.7	<b>A-2 (1)</b>	
Pasa #200:			453.1	9.7	Total Tamizado (g):			4206.6

### CURVA GRANULOMÉTRICA



—●— Análisis por Tamizado      - - - - - Por Sedimentación (Hidrómetro)

#### OBSERVACIONES:

Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Esta muestra no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPE RCH

*Paul M. Recuay Patanpoma*  
PAUL M. RECUAY PATANPOMA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 174470

*Anell Aida Espinoza Olivares*  
Téc. Anell Aida Espinoza Olivares  
TÉCNICO:  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

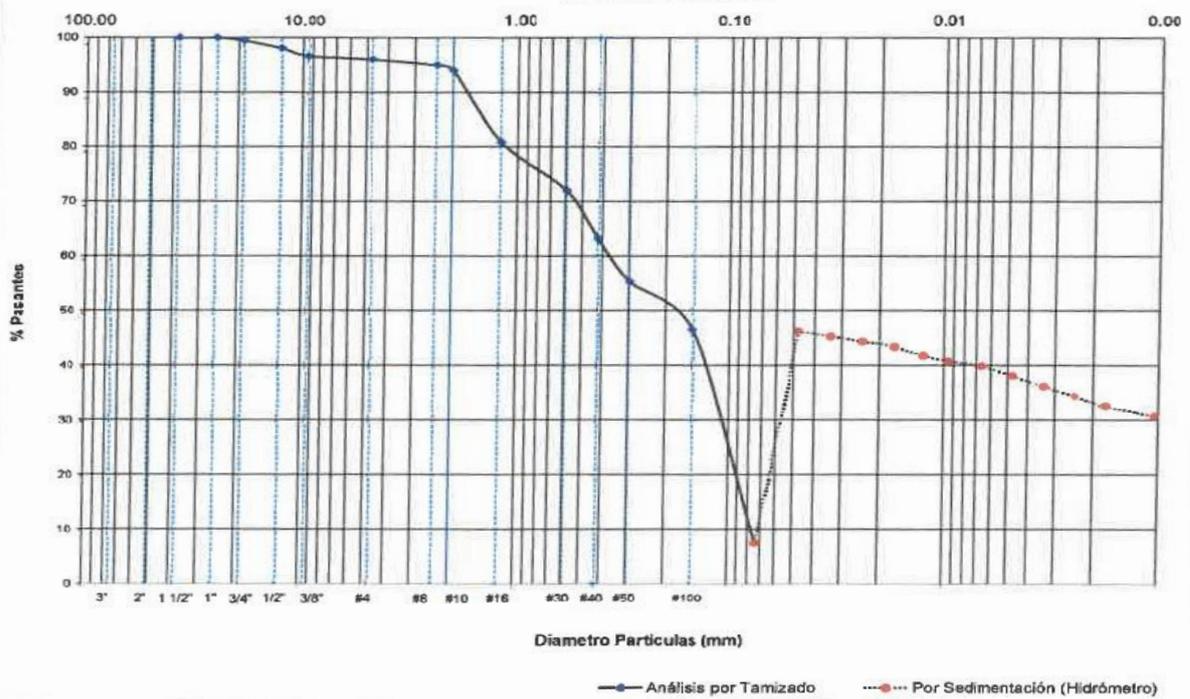
**DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS  
NTP 339.128 - ASTM D 422 (MÉTODO POR SEDIMENTACIÓN Y TAMIZADO)**

TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023*		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN		
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA No.	4
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

**ANÁLISIS POR TAMIZADO**

Masa total húmeda total (g):		4878.0	M1: Masa de la muestra total que pasó el tamiz #20 (g):		4353.3			
Masa total seca calcinada (g):		4830.9	M2: Masa de la muestra seca calcinada que pasó el tamiz #20 (g):		107.0			
Tamiz		Peso Ret (g)	Masa ret. corregida de la fracción (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):	4293.0
U.S. Standard	mm						Error (%)	0.19
3"	76.200						Grava (%)	52.0
2"	50.800						Arena (%)	34.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	Finos (%)	14.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	D60 (mm)	0.37
3/4"	19.000	24.0	24.0	0.5	0.5	99.5	D30 (mm)	0.11
1/2"	12.700	66.0	66.0	1.4	1.9	98.1	D10 (mm)	0.08
3/8"	9.510	69.0	69.0	1.5	3.4	96.6	Cu:	>4
#4	4.750	26.0	26.0	0.5	4.0	96.0	Cc:	0.43
#6	2.500	48.0	48.0	1.0	5.0	95.0	LL (%)	24.0
#10	2.000	44.0	44.0	1.0	6.0	94.0	LP (%)	19.0
#16	1.190	16.0	610.4	13.2	19.2	80.8	IP (%)	5.0
#30	0.600	10.1	411.0	8.9	28.9	72.0	<b>CLASIFICACIÓN:</b>	
#40	0.420	10.0	406.9	8.8	36.8	63.2	S.U.C.S.:	
#60	0.250	0.0	396.2	7.9	44.7	55.3	SW	
#100	0.150	10.0	406.9	8.6	53.5	46.5	AASHTO:	
#200	0.075	44.4	1806.7	39.0	92.5	7.5	A-1 (1)	
Pasa #200:		345.9		7.5	Total Tamizado (g):		4285.0	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:**

Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Esta muestra no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPAH CH


**PAUL M. DE CUAY PAITAMPOMA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174470


**Anell Áida Espinoza Olivares**  
 TÉCNICO  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS  
NTP 539.126 - ASTM D 422 (MÉTODO POR SEDIMENTACIÓN Y TAMIZADO)

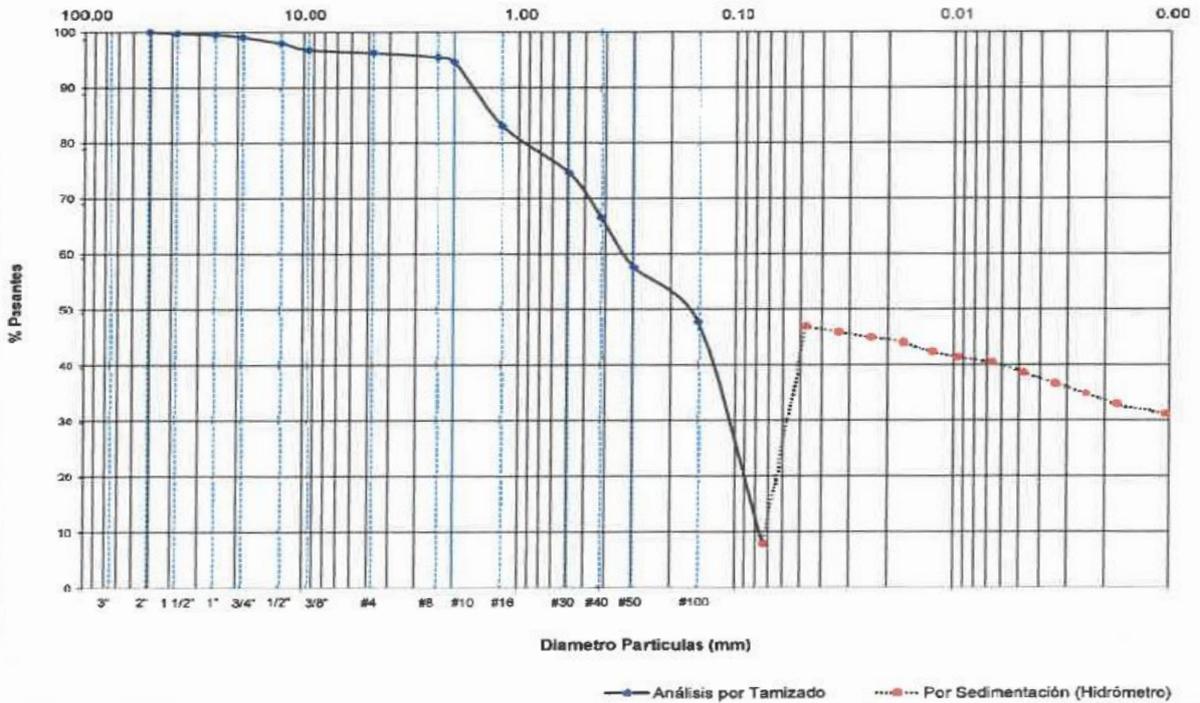
TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN		
TÉCNICO	ESPIÑOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA No.	5
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

## ANÁLISIS POR TAMIZADO

Masa total humedad total (g)	4978.0	M1: Masa de la muestra seca que pasa al tamiz #20 (g)	4379.9
Masa total agua absorbida (g)	4630.9	M2: Masa de la muestra seca, obtenida del tamiz #20 (g)	105.5

Tamiz		Peso Ret (g)	Masa ret. corregida de la fracción (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):	4277.7
U.S. Standard	mm						Error (%)	0.19
3"	76.200						Grava (%):	41.0
2"	50.800			0.0	0.0	100.0	Arena (%):	40.0
1 1/2"	38.100	11.0	11.0	0.2	0.2	99.8	Fino (%):	19.0
1"	25.400	10.4	10.4	0.2	0.5	99.5	D80 (mm):	0.33
3/4"	19.000	21.0	21.0	0.5	0.9	99.1	D30 (mm):	0.11
1/2"	12.700	51.0	51.0	1.1	2.0	98.0	D10 (mm):	0.08
3/8"	9.510	56.0	56.0	1.2	3.2	96.8	Cu:	>4
#4	4.750	23.7	23.7	0.5	3.7	96.3	Cc:	0.48
#8	2.380	38.0	38.0	0.8	4.6	95.4	LL (%):	28.9
#10	2.000	39.9	39.9	0.9	5.4	94.6	LP (%):	26.0
#16	1.180	12.9	535.8	11.6	17.0	83.0	IP (%):	2.9
#30	0.590	8.4	390.2	8.4	25.4	74.6	<b>CLASIFICACIÓN:</b>	
#40	0.420	8.0	372.6	8.1	33.5	66.5	S.U.C.S.:	
#50	0.297	10.0	415.2	9.0	42.4	57.6	SW	
#100	0.149	11.0	458.7	9.9	52.3	47.7	AASHTO:	
#200	0.074	44.5	1847.4	38.9	82.2	7.8	A-5 (2)	
Pasa #200:			351.2	7.8	Total Tamizado (g):		4269.7	

## CURVA GRANULOMÉTRICA



### OBSERVACIONES:

Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Esta muestra no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de IPECARCHI

*Paul M. Re Cuay*  
PAUL M. RE CUAY PATAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 174470

*Anell Áida Espinoza Olivares*  
Tec. Anell Áida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA EN SUELOS  
IPECARCHI



**DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS**  
NTP 339.128 - ASTM D 422 (MÉTODO POR SEDIMENTACIÓN Y TAMIZADO)

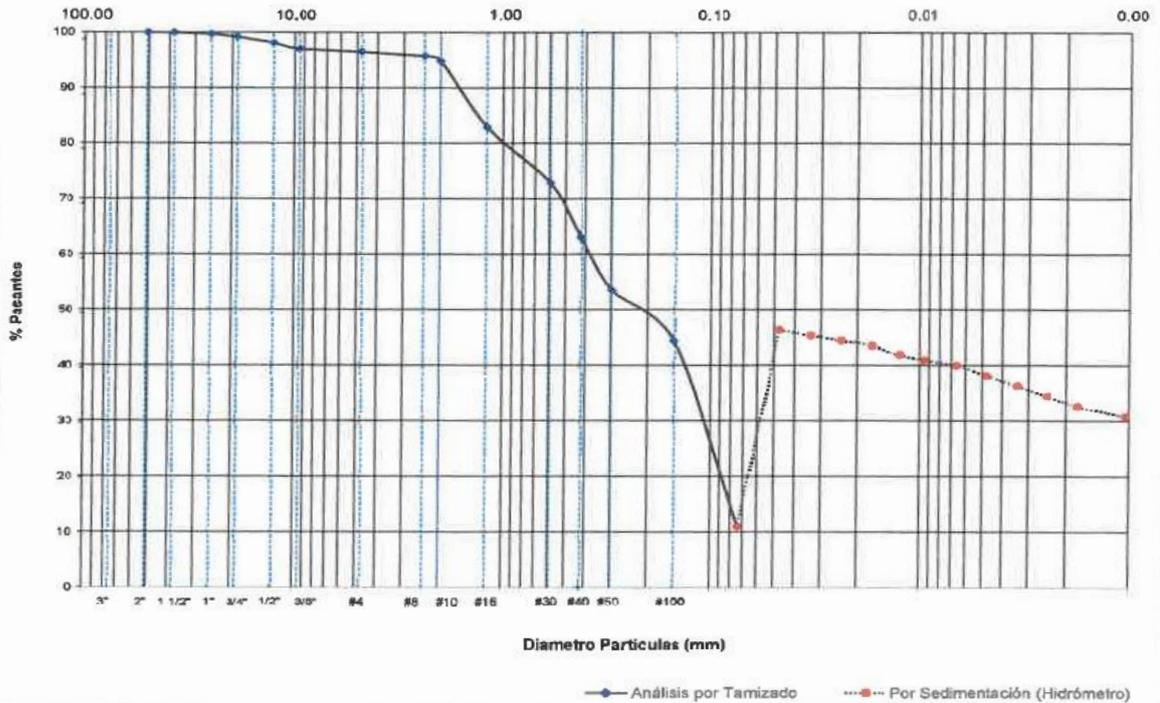
TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023*		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN		
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA No.	7
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

**ANÁLISIS POR TAMIZADO**

Masa 200# lavada (g):	6302.0	M1: Masa de la muestra que pasa el tamiz #200 (g):	4677.8
Masa 200# seca (g):	4932.3	M2: Masa de la porción (seca) que queda retenida en el tamiz #200 (g):	106.7

Tamiz		Peso Ret (g)	Masa ret. corregida de la fracción (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):	4401.1
U.S. Standard	mm						Error (%)	0.18
3"	75.200						Grava (%)	43.9
2"	50.800			0.0	0.0	100.0	Arena (%)	39.0
1 1/2"	38.100	2.0	2.0	0.0	0.0	100.0	Finos (%)	18.0
1"	25.400	13.0	13.0	0.3	0.3	99.7	D60 (mm)	0.36
3/4"	19.000	25.1	25.1	0.5	0.8	99.2	D30 (mm)	0.11
1/2"	12.700	53.0	53.0	1.1	1.9	98.1	D10 (mm)	
3/8"	9.510	54.3	54.3	1.1	3.0	97.0	Cu:	N/A
#4	4.750	25.0	25.0	0.5	3.5	96.5	Cc:	N/A
#6	2.380	39.8	39.8	0.8	4.3	95.7	LL (%)	31.0
#10	2.000	42.3	42.3	0.9	5.2	94.8	LP (%)	25.0
#16	1.190	13.5	591.9	12.0	17.2	82.8	IP (%)	6.0
#30	0.590	11.3	495.4	10.0	27.2	72.8	CLASIFICACIÓN:	
#40	0.420	11.0	482.2	9.8	37.0	63.0	S.U.C.S.:	
#50	0.297	10.7	459.1	9.5	46.5	53.5	SW	
#100	0.149	10.3	451.6	9.2	55.6	44.4	AASHTO:	
#200	0.074	37.6	1646.4	33.4	89.1	10.9	A-2 (3)	
Pasa #200:			5392	10.9	Total Tamizado (g):		4393.1	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:**

Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Esta muestra no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPARCH.

  
**PAUL M. RECUAY PATTAMPOMA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174470

  
**Anell Aída Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES



**INGEPARCH**  
INGENIEROS ESPECIALISTAS EN SUELOS  
ROCAS Y PAVIMENTO  
RUC 20606451611



**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

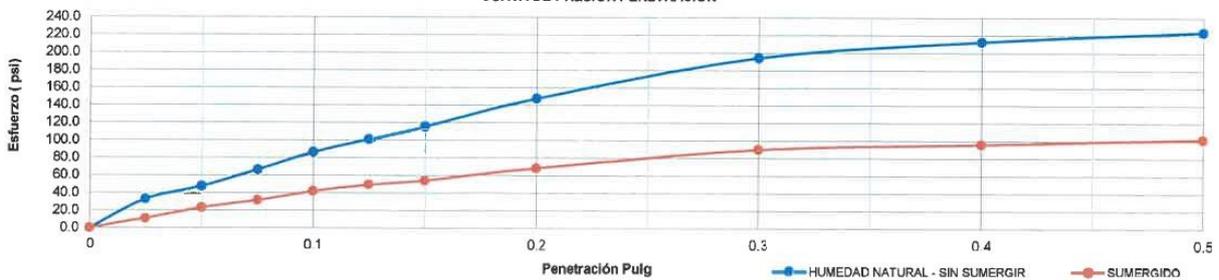
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	ALTA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	7
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	37	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2171.3	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	602.4	561.3
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2442.2	MASA TARA + SUELO SECO, g	415.8	419.4
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6572.1	MASA TARA, g	53.0	61.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4400.8	MASA SUELO HÚMEDO, g	549.4	500.3
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.802	MASA SUELO SECO, g	362.8	358.4
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.190	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	51.4	39.6

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
(mm)	(p/g)	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas	
		KN	lb	psi	KN	lb	psi		
0.64	0.025	0.436	98	32.7	0.145	33	10.9	Inicial (.001")	0.02
1.27	0.050	0.634	143	47.6	0.311	70	23.3	24H - 1 Día (.001")	0.028
1.91	0.075	0.884	199	66.2	0.421	95	31.5	48H - 2 Días (.001")	0.02
2.54	0.100	1.152	259	86.3	0.558	125	41.8	72H - 3 Días (.001")	0.021
3.18	0.125	1.348	303	101.0	0.659	143	49.4	96H - 4 Días (.001")	0.031
3.81	0.150	1.542	347	115.5	0.720	162	54.0	Expansión Total, %	0.201
5.08	0.200	1.969	443	147.5	0.910	205	68.2	<b>CBR CORREGIDO</b>	
7.62	0.300	2.590	582	194.1	1.200	270	89.9	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR: 7.0
10.16	0.400	2.836	636	212.5	1.280	288	95.9	0,2" (%)	FINAL (SUMERGIDO): 5.6
12.16	0.500	2.986	671	223.8	1.361	306	102.0		

**CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN**



OBSERVACIONES:

*Paul Matencios Santana*  
PAUL M. MATENCIOS SANTANA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL CIP N° 174470

*Anell Áida Espinoza Olivares*  
Tec. Anell Áida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA TÉCNICO EN  
Y MATERIALES



**INGEPARCH**  
INGENIEROS ESPECIALISTAS EN SUELOS  
ROCAS Y PAVIMENTO  
RUC 20606451611



**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

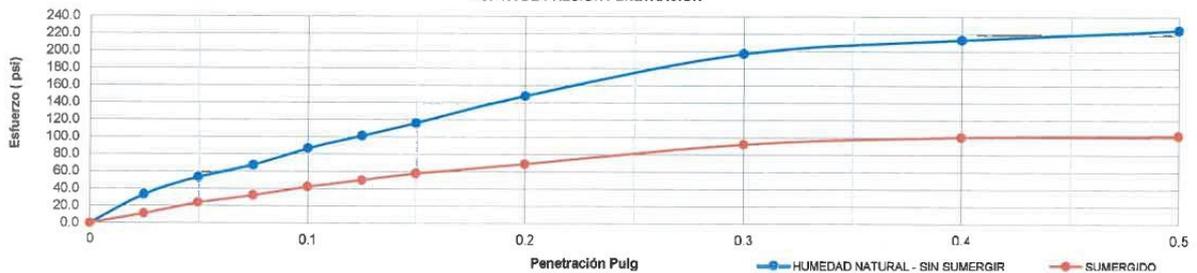
<b>TESIS</b>	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
<b>TESISTA</b>	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	<b>POTENCIAL DE COLAPSO</b>	ALTA
<b>TÉCNICO</b>	ESPIÑOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	<b>MUESTRA N°</b>	8
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	PROVINCIA DE JAUJA	<b>FECHA</b>	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
<b>ID. MOLDE:</b>	38	<b>ID. TARA</b>	A1	B1
<b>MASA DEL MOLDE, g:</b>	2164.5	<b>MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g</b>	600.4	560.6
<b>VOLUMEN MOLDE, cm<sup>3</sup>:</b>	2439.4	<b>MASA TARA + SUELO SECO, g</b>	410.5	419.0
<b>MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g</b>	6565.3	<b>MASA TARA, g</b>	50.0	59.0
<b>MASA SUELO HÚMEDO, g</b>	4400.8	<b>MASA SUELO HÚMEDO, g</b>	550.4	501.6
<b>DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm<sup>3</sup></b>	1.804	<b>MASA SUELO SECO, g</b>	360.5	360.0
<b>DENSIDAD SUELO SECO, g/cm<sup>3</sup></b>	1.182	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD, %</b>	62.7	39.3

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.441	99	33.0	0.148	33	11.1	24H - 1 Día (.001")	0.021	
1.27	0.050	0.711	160	53.3	0.315	71	23.6	48H - 2 Días (.001")	0.024	
1.91	0.075	0.897	202	67.2	0.429	96	32.1	72H - 3 Días (.001")	0.02	
2.54	0.100	1.157	260	86.7	0.562	126	42.1	96H - 4 Días (.001")	0.03	
3.18	0.125	1.352	304	101.3	0.664	149	49.8	Expansión Total, %	0.190	
3.81	0.150	1.548	348	116.0	0.770	173	57.7	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.973	444	147.9	0.917	206	68.7	0,1" (%)	<b>HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR</b>	<b>FINAL (SUMERGIDO)</b>
7.62	0.300	2.630	591	197.1	1.230	277	92.2		7.3	5.6
10.16	0.400	2.844	639	213.1	1.340	301	100.4	0,2" (%)	8.0	7.0
12.16	0.500	2.994	673	224.4	1.367	307	102.4			

**CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN**



OBSERVACIONES:

*Paul Matencios*  
PAUL M. REYES MATENCIOS  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL N° 175475

*Anell Aida Espinoza*  
Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
TÉCNICO  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES



**INGEPARCH**  
INGENIEROS ESPECIALISTAS EN SUELOS  
ROCAS Y PAVIMENTO  
RUC 20606451611



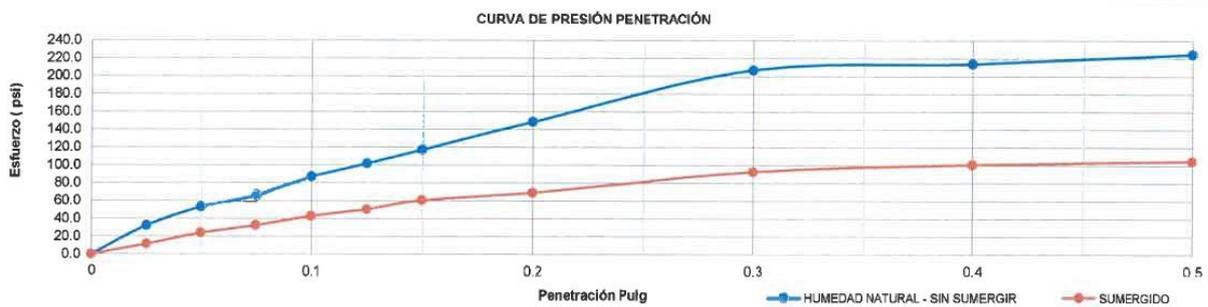
**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

<b>TESIS</b>	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
<b>TESISTA</b>	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	<b>POTENCIAL DE COLAPSO</b>	ALTA
<b>TÉCNICO</b>	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	<b>MUESTRA N°</b>	9
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	PROVINCIA DE JAUJA	<b>FECHA</b>	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	39	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2158.1	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	601.2	561.3
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2434.7	MASA TARA + SUELO SECO, g	411.4	413.2
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6567.2	MASA TARA, g	51.0	55.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4409.1	MASA SUELO HÚMEDO, g	550.2	506.3
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.811	MASA SUELO SECO, g	360.4	358.2
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.186	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	52.7	41.3

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
(mm)	(plg)	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
		KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.431	97	32.3	0.152	34	11.4	24H - 1 Día (.001")	0.024	
1.27	0.050	0.710	160	53.2	0.321	72	24.1	48H - 2 Días (.001")	0.028	
1.91	0.075	0.891	200	66.8	0.434	98	32.6	72H - 3 Días (.001")	0.022	
2.54	0.100	1.162	261	87.1	0.572	129	42.9	96H - 4 Días (.001")	0.032	
3.18	0.125	1.357	305	101.7	0.674	152	50.6	Expansión Total, %	0.188	
3.81	0.150	1.564	352	117.2	0.810	182	60.7	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.983	446	148.6	0.919	207	68.9	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.760	620	206.8	1.239	279	92.8		7.5	6.0
10.16	0.400	2.854	642	213.9	1.349	303	101.1	0,2" (%)	8.2	9.0
12.16	0.500	2.999	674	224.7	1.399	315	104.8			



OBSERVACIONES:

*Paul Matencios*  
PAUL MATENCIOS SANTANA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL N° 174470

*Anell Aida Espinoza*  
Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA TÉCNICO  
Y MATERIALES



# ENGINEER BEAR

suelos, concreto y pavimento

## ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

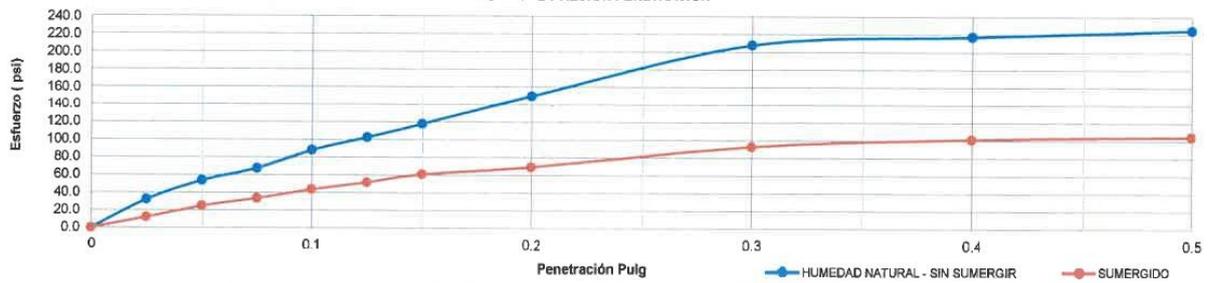
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	ALTA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	10
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	40	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2163.2	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	611.5	569.5
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2439.6	MASA TARA + SUELO SECO, g	419.5	419.4
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6561.9	MASA TARA, g	58.0	61.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4398.7	MASA SUELO HÚMEDO, g	553.5	508.5
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.803	MASA SUELO SECO, g	361.5	358.4
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.178	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	53.1	41.9

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			IMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
(mm)	(plg)	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
		KN	lb.	psi	KN	lb.	psi			
0.64	0.025	0.429	96	32.1	0.162	36	12.1	+	Inicial (.001")	0.031
1.27	0.050	0.715	161	53.6	0.331	74	24.8		24H - 1 Día (.001")	0.029
1.91	0.075	0.899	202	67.4	0.444	100	33.3		48H - 2 Días (.001")	0.025
2.54	0.100	1.177	265	88.2	0.582	131	43.6		72H - 3 Días (.001")	0.031
3.18	0.125	1.367	307	102.4	0.688	155	51.6		96H - 4 Días (.001")	0.037
3.81	0.150	1.574	354	118.0	0.811	182	60.8		Expansión Total, %	0.217
5.08	0.200	1.993	448	149.3	0.921	207	69.0		CBR CORREGIDO	
7.62	0.300	2.771	623	207.6	1.241	279	93.0	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	8.2
10.16	0.400	2.899	652	217.2	1.353	304	101.4	0,2" (%)	FINAL (SUMERGIDO)	6.3
12.16	0.500	2.998	674	224.7	1.397	314	104.7			8.9
										9.0

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

  
 PAUL M. REQUEJÓN PALIAMPOMA  
 INGENIERO CIVIL  
 PROFESIONAL: CIP N° 17447II

  
 Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA TÉCNICO  
 Y MATERIALES

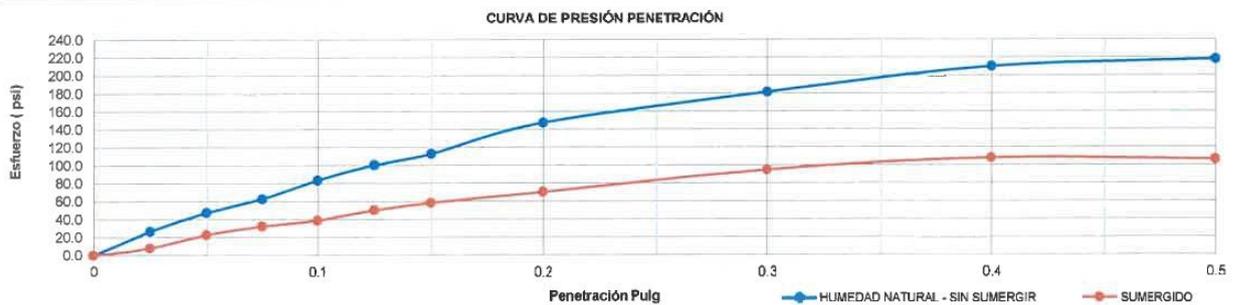
### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	5
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	15	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2387.1	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	612.2	506.4
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2776.6	MASA TARA + SUELO SECO, g	412.3	406.3
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6652.1	MASA TARA, g	57.0	63.5
MASA SUELO HÚMEDO, g	4266.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	555.2	442.9
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.636	MASA SUELO SECO, g	355.3	342.8
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	0.983	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	56.3	29.2

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.353	79	26.6	0.103	23	7.7	24H - 1 Día (.001")	0.033	
1.27	0.050	0.632	142	47.4	0.302	66	22.6	48H - 2 Días (.001")	0.031	
1.91	0.075	0.836	168	62.6	0.429	96	32.1	72H - 3 Días (.001")	0.021	
2.54	0.100	1.113	250	83.4	0.517	116	38.7	96H - 4 Días (.001")	0.041	
3.18	0.125	1.338	301	100.3	0.669	150	50.1	Expansión Total, %	0.426	
3.81	0.150	1.506	339	112.9	0.778	175	58.3	<b>CBR CORREGIDO:</b>		
5.08	0.200	1.987	442	147.4	0.937	211	70.2	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.421	544	181.4	1.265	284	94.8		8.3	5.6
10.16	0.400	2.831	630	209.9	1.441	324	108.0	0,2" (%)	8.9	5.9
12.16	0.500	2.936	653	217.8	1.418	319	106.3			



OBSERVACIONES:

**P. J. M. RECCHI PALMAROMA**  
 INGENIERO CIVIL  
 C. P. N.° 174470  
 PROFESIONAL:

**Tec. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA TÉCNICO  
 Y MATERIALES

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.  
RUC: 10473512900

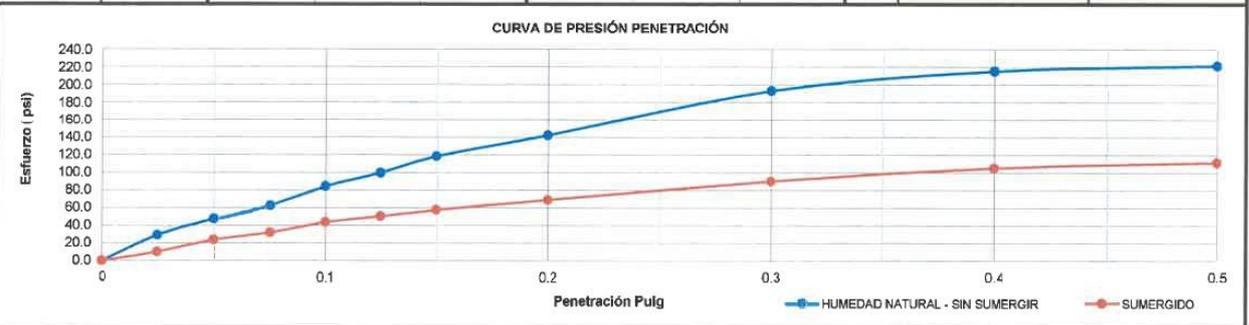
## ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	6
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	16	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2299.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	606.5	504.7
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2832.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	479.2	405.1
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6651.0	MASA TARA, g	55.0	66.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4352.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	551.5	438.7
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.537	MASA SUELO SECO, g	424.2	339.1
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.182	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	30.0	29.4

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN				
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas				
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")			
0.64	0.025	0.388	87	29.1	0.134	30	10.0	24H - 1 Día (.001")	0.032			
1.27	0.050	0.632	142	47.4	0.319	72	23.9	48H - 2 Días (.001")	0.048			
1.91	0.075	0.835	188	62.6	0.426	96	31.9	72H - 3 Días (.001")	0.09			
2.54	0.100	1.126	253	84.4	0.585	132	43.8	96H - 4 Días (.001")	0.087			
3.18	0.125	1.328	299	99.5	0.669	150	50.1	Expansión Total, %	0.426			
3.81	0.150	1.582	356	118.6	0.770	173	57.7	CBR CORREGIDO				
5.08	0.200	1.899	427	142.3	0.919	207	68.9	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	8.7	FINAL (SUMERGIDO)	5.1
7.62	0.300	2.570	578	192.6	1.205	271	90.3		0,2" (%)	9.3	5.1	
10.16	0.400	2.871	645	215.1	1.405	316	105.3					
12.16	0.500	2.952	664	221.2	1.489	335	111.6					



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

--	--

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

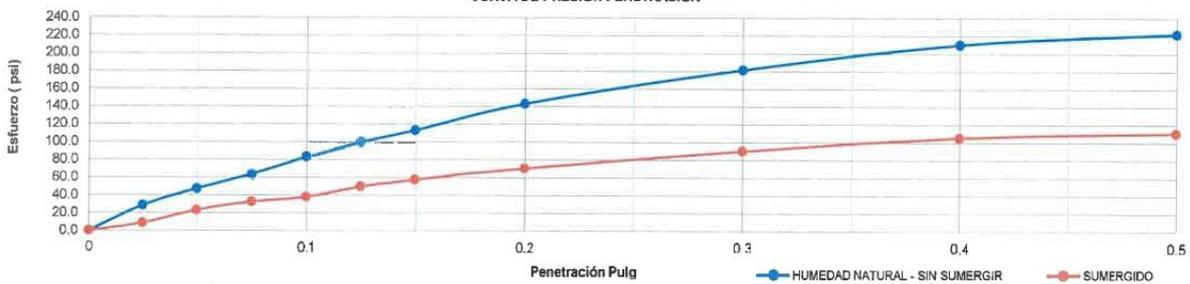
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	7
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	17	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2398.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	611.4	507.2
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2778.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	422.3	401.2
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6659.0	MASA TARA, g	58.0	61.8
MASA SUELO HÚMEDO, g	4261.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	553.4	445.4
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.534	MASA SUELO SECO, g	364.3	339.4
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.010	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	51.9	31.2

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")
0.64	0.025	0.380	85	28.5	0.112	25	8.4	0.019	
1.27	0.050	0.631	142	47.3	0.307	69	23.0	0.039	
1.91	0.075	0.847	190	63.5	0.432	97	32.4	0.032	
2.54	0.100	1.111	250	83.3	0.506	114	37.9	0.02	
3.18	0.125	1.335	300	100.0	0.685	149	49.8	0.049	
3.81	0.150	1.508	339	113.0	0.771	173	57.8	Expansión Total, %	0.417
5.08	0.200	1.911	430	143.2	0.941	212	70.5	CBR CORREGIDO	
7.62	0.300	2.420	544	181.3	1.201	270	90.0		
10.16	0.400	2.802	630	210.0	1.408	317	105.5	0,1" (%)	8.4
12.16	0.500	2.986	667	222.3	1.481	333	111.0	0,2" (%)	9.6
									FINAL (SUMERGIDO)
									4.7
									5.7

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

**PROFESIONAL:** PAUL MATENCIOS SANTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. N° 174470

**Tec. Anell Aída Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA TÉCNICO SUELOS Y MATERIALES

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

## ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

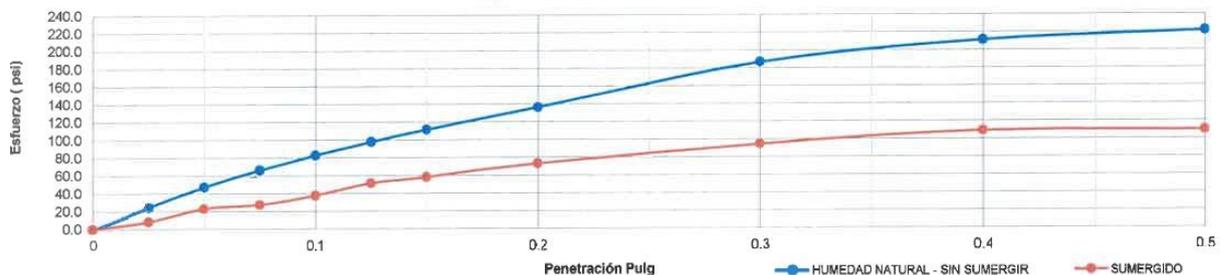
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	8
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	16	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2287.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	605.2	511.3
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2932.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	401.9	421.6
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6354.0	MASA TARA, g	52.0	61.9
MASA SUELO HÚMEDO, g	4067.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	553.2	449.4
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.387	MASA SUELO SECO, g	349.9	359.7
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	0.877	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	58.1	24.9

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
(mm)	(plg)	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
		KN	lb	psi	KN	lb	psi			
0.64	0.025	0.330	74	24.7	0.110	25	8.2	Inicial (.001")	0.023	
1.27	0.050	0.630	142	47.2	0.307	69	23.0	24H - 1 Día (.001")	0.031	
1.91	0.075	0.883	199	66.2	0.364	82	27.3	48H - 2 Días (.001")	0.029	
2.54	0.100	1.104	248	82.7	0.502	113	37.6	72H - 3 Días (.001")	0.024	
3.18	0.125	1.306	294	97.9	0.686	154	51.4	96H - 4 Días (.001")	0.047	
3.81	0.150	1.489	335	111.6	0.773	174	57.9	Expansión Total, %	0.413	
5.08	0.200	1.820	409	136.4	0.973	219	72.9	CBR CORREGIDO		
7.62	0.300	2.490	560	186.6	1.261	283	94.5	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR: 8.1	
10.16	0.400	2.816	633	211.0	1.453	327	108.9	0,2" (%)	FINAL (SUMERGIDO): 5.0	
12.16	0.500	2.957	665	221.6	1.464	329	109.7		9.4	
										5.3

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

*Paul M. Requay*  
PAUL M. REQUAY PAITAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL 171420

*Anell Aida Espinoza Olivares*  
Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

## ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

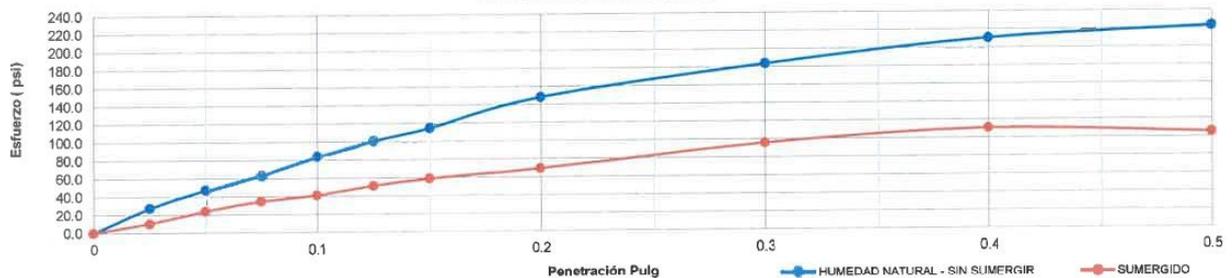
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AIDA	MUESTRA N°	9
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	19	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2354.6	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	617.5	565.5
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2632.6	MASA TARA + SUELO SECO, g	411.4	403.7
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6983.3	MASA TARA, g	54.0	64.7
MASA SUELO HÚMEDO, g	4628.7	MASA SUELO HÚMEDO, g	563.5	500.8
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.634	MASA SUELO SECO, g	357.4	339.0
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.036	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	67.7	47.7

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi	Lecturas		
0.64	0.025	0.364	82	27.3	0.136	3	10.2	Inicial (.001")	0.023	
1.27	0.050	0.629	141	47.1	0.317	7	23.8	24H - 1 Día (.001")	0.035	
1.91	0.075	0.846	193	63.4	0.462	104	34.6	48H - 2 Días (.001")	0.033	
2.54	0.100	1.119	252	83.9	0.546	123	40.9	72H - 3 Días (.001")	0.025	
3.18	0.125	1.346	303	100.9	0.683	154	51.2	96H - 4 Días (.001")	0.039	
3.81	0.150	1.530	344	114.7	0.787	177	59.0	Expansión Total, %	0.421	
5.08	0.200	1.976	444	148.1	0.921	207	69.0	CBR CORREGIDO		
7.62	0.300	2.448	550	183.4	1.275	287	95.5	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)	
10.16	0.400	2.806	631	210.3	1.473	331	110.4	0,1" (%)	8.4	6.3
12.16	0.500	2.973	668	222.8	1.406	315	105.4	0,2" (%)	7.9	5.3

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

PAUL M. REJOAY PALTANPOMA  
 INGENIERO CIVIL  
 PROFESIONAL N° 174471

Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
 TÉCNICO  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

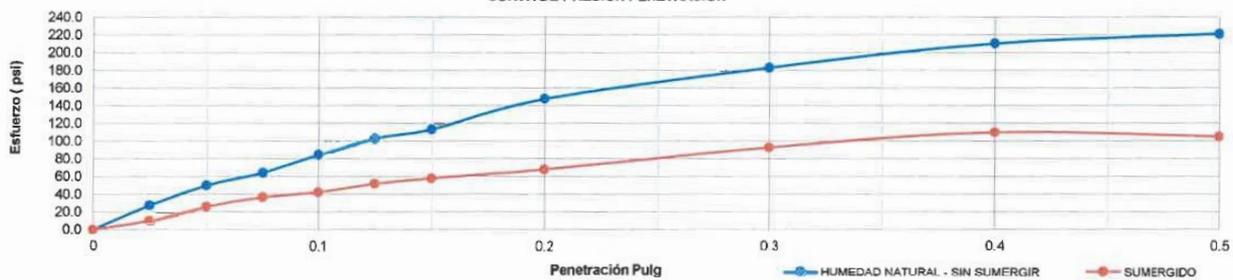
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	10
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	20	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2289.5	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	621.5	559.8
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2784.7	MASA TARA + SUELO SECO, g	410.9	408.3
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6973.6	MASA TARA, g	56.0	63.6
MASA SUELO HÚMEDO, g	4684.1	MASA SUELO HÚMEDO, g	565.5	496.2
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.682	MASA SUELO SECO, g	354.9	344.7
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.056	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	69.3	44.0

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.364	82	27.3	0.135	30	10.1		0.036	
1.27	0.050	0.665	149	49.8	0.347	78	26.0	24H - 1 Día (.001")	0.047	
1.91	0.075	0.853	192	63.9	0.487	106	36.5	48H - 2 Días (.001")	0.059	
2.54	0.100	1.126	254	84.5	0.561	126	42.0	72H - 3 Días (.001")	0.017	
								96H - 4 Días (.001")	0.036	
								Expansión Total, %	0.438	
								CBR CORREGIDO		
								HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)	
3.18	0.125	1.373	309	102.9	0.692	156	51.9	0,1" (%)	8.1	6.0
3.81	0.150	1.509	339	113.1	0.772	174	57.9			
5.08	0.200	1.968	442	147.8	0.902	203	67.6	0,2" (%)		
7.62	0.300	2.439	548	182.8	1.238	278	92.8			
10.16	0.400	2.804	630	210.1	1.465	329	109.8			
12.16	0.500	2.947	663	220.8	1.400	315	104.9			

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

  
 PAUL M. RECA Y PALTA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 174479  
 PROFESIONAL

  
 Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
 TÉCNICO  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

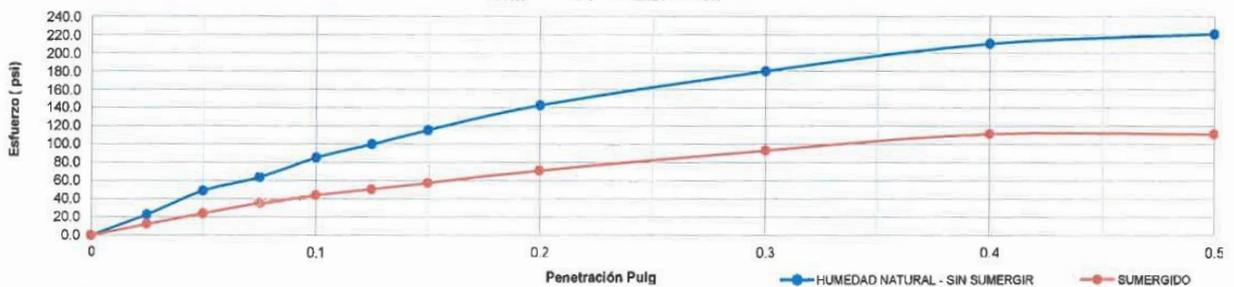
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	1
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	21	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2413.1	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	606.8	551.2
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2735.3	MASA TARA + SUELO SECO, g	429.5	4173.7
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6654.6	MASA TARA, g	55.0	63.1
MASA SUELO HÚMEDO, g	4241.5	MASA SUELO HÚMEDO, g	551.8	488.1
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.548	MASA SUELO SECO, g	374.5	4110.6
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.051	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	47.3	-88.1

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi			Inicial (.001")
0.64	0.025	0.301	68	22.6	0.163	37	12.2	0.015		
1.27	0.050	0.651	145	48.8	0.316	71	23.7	24H - 1 Día (.001")	0.046	
1.91	0.075	0.849	191	63.6	0.474	107	35.5	48H - 2 Días (.001")	0.065	
2.54	0.100	1.136	255	85.1	0.586	132	43.9	72H - 3 Días (.001")	0.022	
3.18	0.125	1.332	299	99.8	0.672	151	50.4	96H - 4 Días (.001")	0.045	
3.81	0.150	1.538	346	115.3	0.763	172	57.2	Expansión Total, %	0.375	
5.08	0.200	1.932	428	142.5	0.947	213	71.0	CBR CORREGIDO		
7.62	0.300	2.402	540	180.0	1.242	279	93.1	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR: 7.9	
10.16	0.400	2.805	631	210.2	1.484	334	111.2	0,2" (%)	FINAL (SUMERGIDO): 5.4	
12.16	0.500	2.946	662	220.8	1.484	334	111.2		8.7	
										6.1

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174470  
 PROFESIONAL:

Tec. Anell Áida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

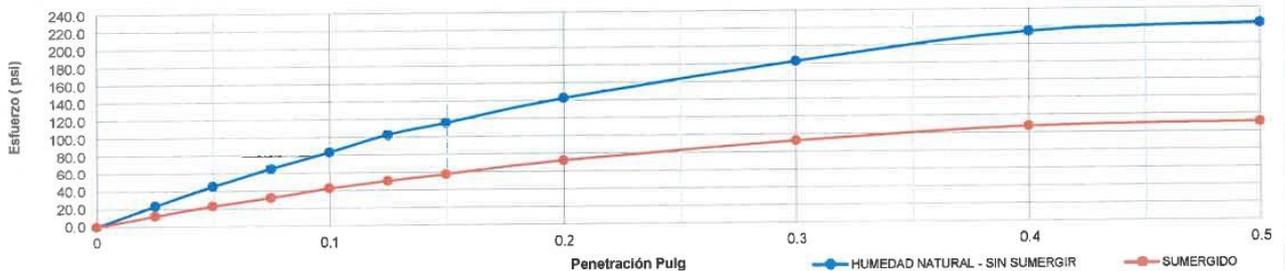
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	2
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR		HUMEDAD DEL SUELO		NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
	ID. MOLDE:		ID. TARA			
	22		A1		B1	
MASA DEL MOLDE, g:	2420.0		MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	603.6	582.5	
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2699.0		MASA TARA + SUELO SECO, g	438.8	401.7	
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6686.0		MASA TARA, g	55.0	61.6	
MASA SUELO HÚMEDO, g	4266.0		MASA SUELO HÚMEDO, g	548.6	521.0	
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.581		MASA SUELO SECO, g	383.8	340.2	
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.106		CONTENIDO DE HUMEDAD, %	42.9	53.1	

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO			
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi			
0.64	0.025	0.314	71	23.5	0.160	36	12.0	Inicial (.001")	0.026	
1.27	0.050	0.605	136	45.3	0.306	69	22.9	24H - 1 Día (.001")	0.04	
1.91	0.075	0.867	195	65.0	0.429	96	32.1	48H - 2 Días (.001")	0.037	
2.54	0.100	1.108	249	83.0	0.567	127	42.6	72H - 3 Días (.001")	0.041	
3.18	0.125	1.373	309	102.9	0.672	151	50.4	96H - 4 Días (.001")	0.044	
3.81	0.150	1.541	346	115.5	0.768	173	57.6	Expansión Total, %	0.377	
5.08	0.200	1.904	428	142.7	0.959	216	71.9	CBR CORREGIDO		
7.62	0.300	2.436	546	182.6	1.234	277	92.5	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)	
10.16	0.400	2.863	644	214.6	1.430	321	107.2	0,1" (%)	8.4	4.6
12.16	0.500	2.972	668	222.7	1.479	332	110.8	0,2" (%)	9.1	4.8

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

**PAUL MATENCIOS SANTANA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174471  
**PROFESIONAL:**

**Tec. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA TÉCNICO  
 Y MATERIALES

## ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

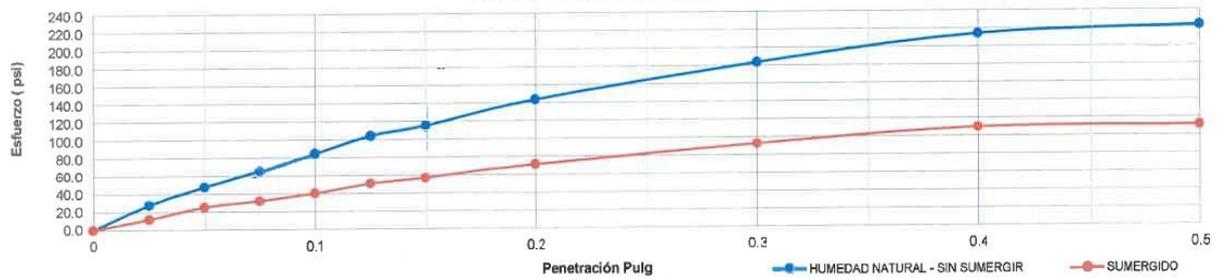
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPIÑOZA OLIVARES, ANELL AIDA	MUESTRA N°	3
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	23	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2438.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	604.1	581.5
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2673.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	437.3	403.5
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6589.0	MASA TARA, g	53.0	61.9
MASA SUELO HÚMEDO, g	4151.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	551.1	519.6
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.553	MASA SUELO SECO, g	384.3	341.6
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.083	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	43.4	52.1

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")
0.64	0.025	0.371	83	27.8	0.159	36	11.9	0.023	
1.27	0.050	0.636	143	47.7	0.337	76	26.3	24H - 1 Día (.001")	0.039
1.91	0.075	0.874	195	65.5	0.425	96	31.8	48H - 2 Días (.001")	0.047
2.54	0.100	1.127	253	84.5	0.536	120	40.2	72H - 3 Días (.001")	0.051
3.18	0.125	1.390	312	104.2	0.682	153	51.1	96H - 4 Días (.001")	0.048
3.81	0.150	1.538	345	116.3	0.760	171	57.0	Expansión Total, %	0.360
5.08	0.200	1.917	431	143.7	0.949	213	71.1	(CBR CORREGIDO)	
7.62	0.300	2.447	550	183.4	1.237	278	92.7		
10.16	0.400	2.858	643	214.2	1.481	328	109.5	0,1" (%)	8,8
12.16	0.500	2.973	668	222.8	1.489	335	111.6	0,2" (%)	9,3
									FINAL (SUMERGIDO)
									5,4
									5,1

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

  
**PROFESIONAL:**

  
**TÉCNICO:**

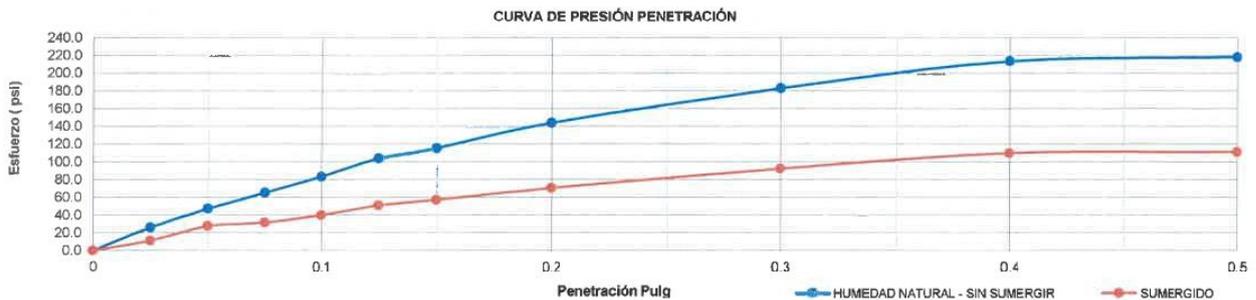
### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	4
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR		HUMEDAD DEL SUELO		NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
	CBR INALTERADO					
ID. MOLDE:		24	ID. TARA		A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:		2426.1	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g		603.7	580.7
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :		2653.7	MASA TARA + SUELO SECO, g		441.0	402.1
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g		6582.0	MASA TARA, g		50.0	60.9
MASA SUELO HÚMEDO, g		4155.9	MASA SUELO HÚMEDO, g		553.7	519.8
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>		1.568	MASA SUELO SECO, g		391.0	341.2
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>		1.106	CONTENIDO DE HUMEDAD, %		41.6	52.3

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		
(mm)	(p/g)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.347	78	26.0	0.148	33	11.1	24H - 1 Día (.001")	0.031	
1.27	0.050	0.629	141	47.1	0.368	83	27.6	48H - 2 Días (.001")	0.049	
1.91	0.075	0.869	195	65.1	0.420	94	31.5	72H - 3 Días (.001")	0.05	
2.54	0.100	1.109	249	83.1	0.533	120	39.9	96H - 4 Días (.001")	0.043	
3.18	0.125	1.386	312	103.9	0.680	153	51.0	Expansión Total, %	0.391	
3.81	0.150	1.540	346	115.4	0.763	172	57.2	CBR CORREGIDO		
5.08	0.200	1.920	432	143.9	0.940	211	70.4	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.439	548	182.8	1.231	277	92.2		9.1	6.0
10.16	0.400	2.847	640	213.3	1.466	330	109.9	0,2" (%)	8.9	6.3
12.16	0.500	2.907	654	217.8	1.482	333	111.1			



OBSERVACIONES:

**PROFESIONAL:**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174470

**Tec. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA TÉCNICO  
 Y MATERIALES

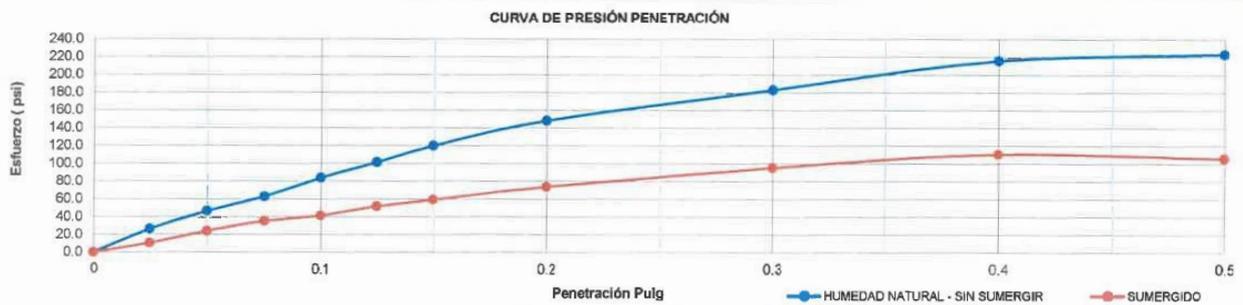
### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AIDA	MUESTRA N°	5
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	25	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2348.1	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	643.6	560.4
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2894.1	MASA TARA + SUELO SECO, g	409.1	400.2
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6899.2	MASA TARA, g	52.0	63.6
MASA SUELO HÚMEDO, g	4551.1	MASA SUELO HÚMEDO, g	591.6	496.8
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.673	MASA SUELO SECO, g	357.1	336.6
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	0.949	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	65.7	47.6

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(pig)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.350	79	26.2	0.140	31	10.5	24H - 1 Día (.001")	0.034	
1.27	0.050	0.619	139	46.4	0.319	72	23.9	48H - 2 Días (.001")	0.036	
1.91	0.075	0.836	189	62.6	0.470	106	36.2	72H - 3 Días (.001")	0.023	
2.54	0.100	1.118	251	83.8	0.550	124	41.2	96H - 4 Días (.001")	0.042	
3.18	0.125	1.351	304	101.2	0.690	155	51.7	Expansión Total, %	0.369	
3.81	0.150	1.600	360	119.9	0.789	177	59.1	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.977	444	148.1	0.980	220	73.4	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.440	549	182.8	1.272	286	95.3		7.9	6.0
10.16	0.400	2.878	647	215.7	1.475	332	110.6	0,2" (%)	6.7	5.2
12.16	0.500	2.977	666	223.1	1.409	317	106.6			



OBSERVACIONES:

  
 PAUL M. RECA Y PATAPIPIYA  
 INGENIERO CIVIL  
 PROFESIONAL CIP N° 174470

  
 Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES TÉCNICOS

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

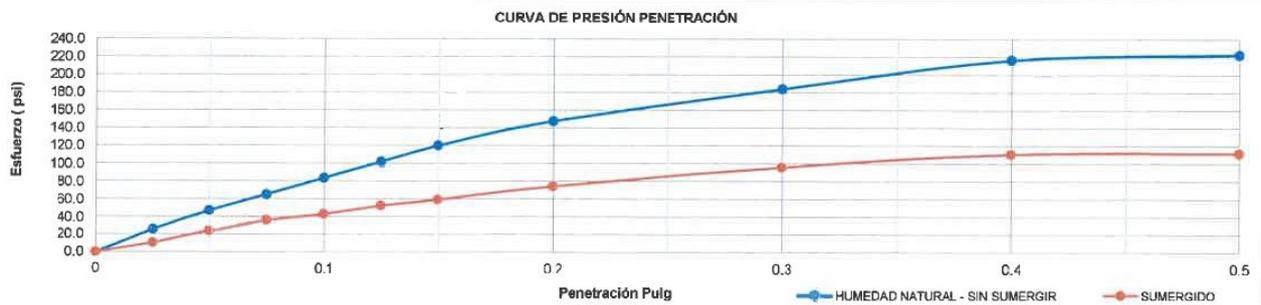
## ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	5
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	26	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2339.4	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	639.6	561.1
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2879.4	MASA TARA + SUELO SECO, g	407.5	402.1
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6885.5	MASA TARA, g	50.0	62.5
MASA SUELO HÚMEDO, g	4546.1	MASA SUELO HÚMEDO, g	589.6	498.6
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.579	MASA SUELO SECO, g	357.5	339.6
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	0.957	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	64.9	46.8

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
(mm)	(plg)	LECTURAS KN	ESFUERZO lb	ESFUERZO psi	LECTURAS KN	ESFUERZO lb	ESFUERZO psi	LECTURAS	INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN
0.64	0.025	0.341	77	25.6	0.137	31	10.3	Inicial (.001")	0.013
1.27	0.050	0.623	140	46.7	0.320	72	24.0	24H - 1 Día (.001")	0.038
1.91	0.075	0.864	194	64.7	0.480	108	36.0	48H - 2 Días (.001")	0.041
2.54	0.100	1.112	250	83.3	0.570	128	42.7	72H - 3 Días (.001")	0.027
3.18	0.125	1.358	305	101.8	0.698	157	52.3	96H - 4 Días (.001")	0.04
3.81	0.150	1.599	359	119.8	0.788	177	59.1	Expansión Total, %	0.377
5.08	0.200	1.967	442	147.4	0.990	223	74.2	CBR CORREGIDO	
7.62	0.300	2.451	551	183.7	1.277	287	96.7	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR: 7.9
10.16	0.400	2.887	649	216.3	1.476	332	110.6	0,2" (%)	FINAL (SUMERGIDO): 6.0
12.16	0.500	2.968	667	222.4	1.490	335	111.7		6.7
									5.2



OBSERVACIONES:

PAUL KEVIN MATENCIOS SANTANA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL N° 174170

Tec. Anell Aída Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

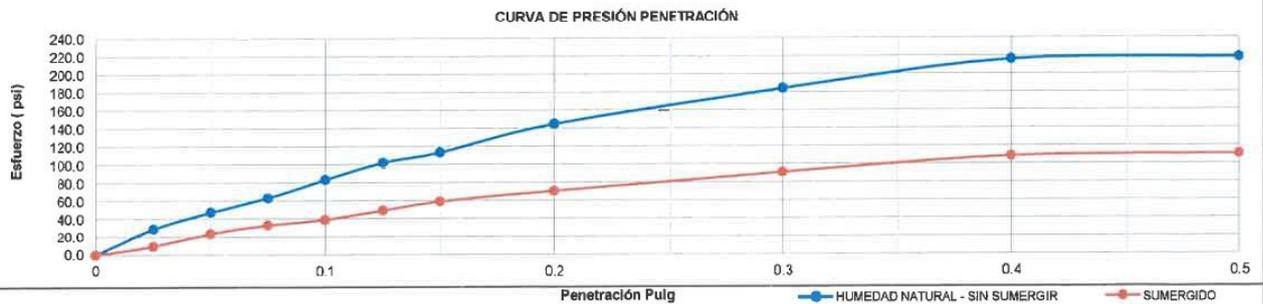
### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	7
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR		HUMEDAD DEL SUELO		NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
	LECTURAS	ESFUERZO	LECTURAS	ESFUERZO		
ID. MOLDE:	27		ID. TARA	A1		B1
MASA DEL MOLDE, g:	2199.0		MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	614.2		502.8
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2763.0		MASA TARA + SUELO SECO, g	429.3		406.9
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6598.0		MASA TARA, g	55.0		62.9
MASA SUELO HÚMEDO, g	4399.0		MASA SUELO HÚMEDO, g	559.2		439.9
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.592		MASA SUELO SECO, g	374.3		344.0
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.066		CONTENIDO DE HUMEDAD, %	49.4		27.9

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN			
		LECTURAS	ESFUERZO		LECTURAS	ESFUERZO					
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi	LECTURAS			
0.64	0.025	0.381	86	28.6	0.126	28	9.4	Inicial (.001")	0.026		
1.27	0.050	0.627	141	47.0	0.311	70	23.3	24H - 1 Día (.001")	0.04		
1.91	0.075	0.838	188	62.8	0.437	96	32.7	48H - 2 Días (.001")	0.0321		
2.54	0.100	1.109	249	83.1	0.516	116	38.7	72H - 3 Días (.001")	0.023		
3.18	0.125	1.361	306	102.0	0.652	147	48.9	96H - 4 Días (.001")	0.044		
3.81	0.150	1.510	339	113.2	0.783	176	68.7	Expansión Total, %	0.334		
5.08	0.200	1.931	434	144.7	0.938	211	70.3	<b>CBR CORREGIDO</b>			
7.62	0.300	2.454	552	183.9	1.211	272	90.7	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)	
10.16	0.400	2.881	648	215.9	1.445	325	108.3		9.8	5.7	
12.16	0.500	2.908	654	217.9	1.475	332	110.5		0,2" (%)	9.9	6.0



OBSERVACIONES:

INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 17447(1)  
 PROFESIONAL:

Tec. Anell Áida Espinoza Olivares  
 TÉCNICO:  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

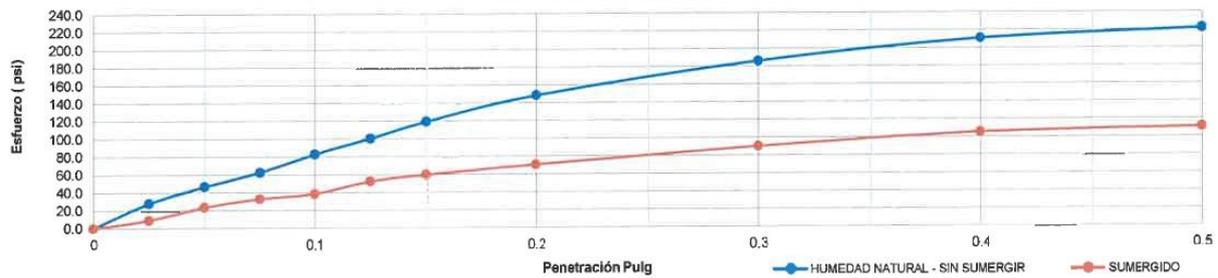
TESIS	*ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023*		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	8
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	28	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2276.2	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	617.4	501.2
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	277.6	MASA TARA + SUELO SECO, g	433.2	407.2
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6665.2	MASA TARA, g	52.0	64.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4389.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	565.4	437.2
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	15.811	MASA SUELO SECO, g	381.2	343.2
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	10.660	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	48.3	27.4

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN				
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas				
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")			
0.64	0.025	0.372	84	27.9	0.118	27	8.9	24H - 1 Día (.001")	0.035			
1.27	0.050	0.620	139	46.5	0.312	70	23.4	48H - 2 Días (.001")	0.032			
1.91	0.075	0.831	187	62.3	0.437	96	32.7	72H - 3 Días (.001")	0.022			
2.54	0.100	1.107	249	83.0	0.511	115	38.3	96H - 4 Días (.001")	0.046			
3.18	0.125	1.339	301	100.3	0.700	157	52.5	Expansión Total, %	0.339			
3.81	0.150	1.590	357	119.1	0.799	180	59.9	CBR CORREGIDO				
5.08	0.200	1.977	444	148.1	0.941	212	70.5	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	8.7	FINAL (SUMERGIDO)	4.9
7.62	0.300	2.480	558	185.8	1.200	270	89.9		0,2" (%)	8.5	5.4	
10.16	0.400	2.810	632	210.6	1.404	316	105.2					
12.16	0.500	2.959	665	221.7	1.480	333	110.9					

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

  
**PROFESIONAL:**

  
**LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES**

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.  
RUC: 10473512900

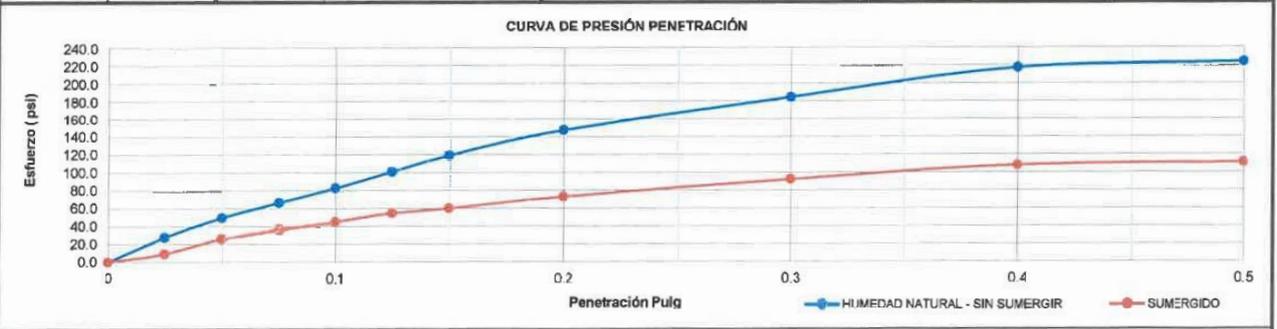
## ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPIÑOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	9
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	29	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2300.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	617.2	506.3
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	277.7	MASA TARA + SUELO SECO, g	430.1	408.3
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6350.1	MASA TARA, g	50.0	63.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4050.1	MASA SUELO HÚMEDO, g	567.2	443.3
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	14.587	MASA SUELO SECO, g	380.1	345.3
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	9.775	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	49.2	28.4

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi			Inicial (.001")
0.64	0.025	0.369	83	27.7	0.122	27	9.1	24H - 1 Día (.001")	0.033	
1.27	0.050	0.661	149	49.5	0.347	78	26.0	48H - 2 Días (.001")	0.035	
1.91	0.075	0.885	199	66.4	0.490	110	36.7	72H - 3 Días (.001")	0.042	
2.54	0.100	1.103	248	82.7	0.599	135	44.9	96H - 4 Días (.001")	0.039	
3.18	0.125	1.348	303	101.0	0.730	164	54.7	Expansión Total, %	0.348	
3.81	0.150	1.591	353	119.2	0.800	180	59.9	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.968	442	147.5	0.970	218	72.7	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.456	553	184.2	1.232	277	92.3		9.0	5.1
10.16	0.400	2.900	652	217.3	1.440	324	107.9	0,2" (%)	7.9	5.7
12.16	0.500	2.997	672	223.8	1.481	333	111.0			



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

<p>PROFESIONAL: CIP N° 174470</p>	<p>Tec. Anell Aída Espinoza Olivares LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES</p>
-----------------------------------	---

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

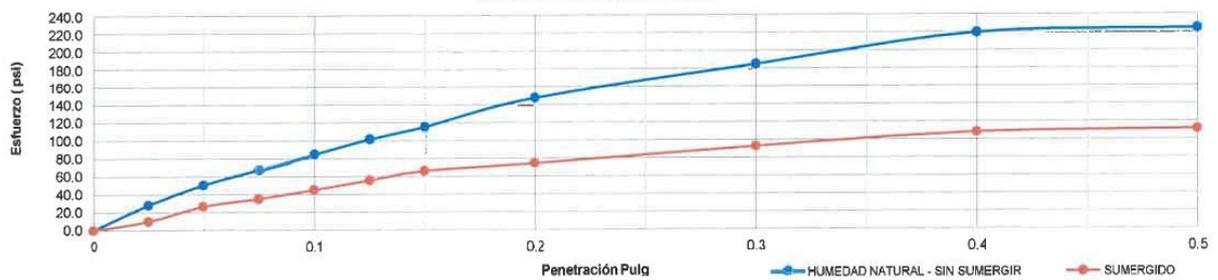
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MODERADA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	10
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	30	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2299.9	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	615.7	504.6
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	271.5	MASA TARA + SUELO SECO, g	433.2	407.6
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6349.2	MASA TARA, g	51.5	61.7
MASA SUELO HÚMEDO, g	4049.3	MASA SUELO HÚMEDO, g	564.2	442.9
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	14.916	MASA SUELO SECO, g	381.7	345.9
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	10.090	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	47.8	28.0

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psf		
0.64	0.025	0.374	84	28.0	0.131	29	9.8	24H - 1 Día (.001")	0.034
1.27	0.050	0.673	151	50.4	0.352	79	26.4	48H - 2 Días (.001")	0.036
1.91	0.075	0.899	202	67.4	0.467	105	36.0	72H - 3 Días (.001")	0.046
2.54	0.100	1.132	254	84.8	0.598	134	44.8	96H - 4 Días (.001")	0.035
3.18	0.125	1.356	305	101.6	0.739	166	55.4	Expansión Total, %	0.376
3.81	0.150	1.538	346	116.3	0.880	198	65.9	<b>CBR CORREGIDO</b>	
5.08	0.200	1.970	443	147.6	0.991	223	74.3		
7.62	0.300	2.463	554	184.6	1.239	279	92.8	0,1" (%)	8.0
10.16	0.400	2.930	659	219.6	1.441	324	108.0		6.4
12.16	0.500	2.991	672	224.1	1.487	334	111.4	0,2" (%)	8.4
									6.8

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

<p style="text-align: center;">INGENIERO CIVIL C.P. N° 174470</p>	<p style="text-align: center;">LABORATORISTA TÉCNICO Y MATERIALES</p>
---	---

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

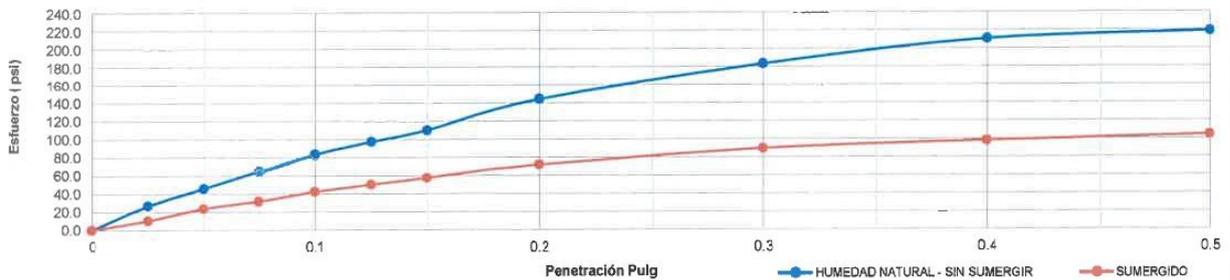
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIDS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	ALTA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	1
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	31	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2399.1	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	608.7	576.3
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2883.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	417.5	417.7
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6609.0	MASA TARA, g	54.0	61.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4209.9	MASA SUELO HÚMEDO, g	554.7	515.3
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.669	MASA SUELO SECO, g	363.5	356.7
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.028	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	62.6	44.6

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")
0.64	0.025	0.380	81	27.0	0.138	31	10.3	0.021	
1.27	0.050	0.611	137	45.8	0.317	71	23.8	0.034	
1.91	0.075	0.867	195	65.0	0.426	96	31.9	0.036	
2.54	0.100	1.115	251	83.6	0.565	127	42.3	0.059	
3.18	0.125	1.299	292	97.3	0.669	150	50.1	0.047	
3.81	0.150	1.469	330	110.1	0.769	173	57.6	<b>CBR CORREGIDO</b>	
5.08	0.200	1.929	434	144.6	0.957	215	71.7	0.1"	8.0
7.62	0.300	2.441	549	182.9	1.196	269	89.6	(%)	4.0
10.16	0.400	2.807	631	210.3	1.308	294	98.0	0.2"	9.5
12.16	0.500	2.920	656	218.8	1.390	312	104.2	(%)	4.2

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 173371

PROFESIONAL:

Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

TÉCNICO:

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

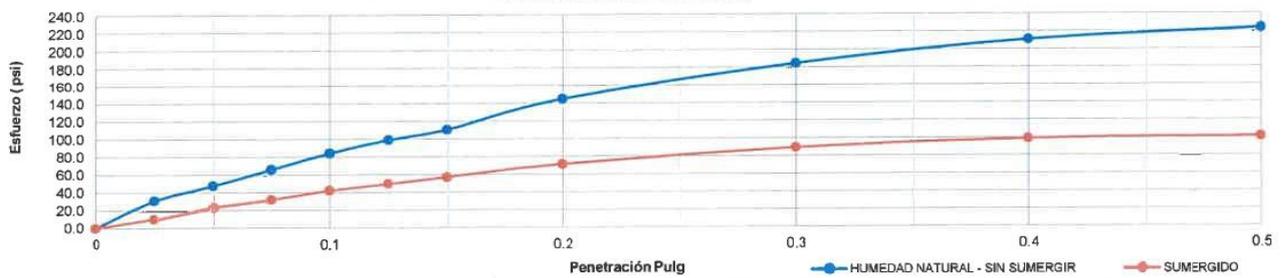
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	ALTA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	2
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	32	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2278.4	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	607.7	573.1
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2452.1	MASA TARA + SUELO SECO, g	415.2	418.8
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6599.9	MASA TARA, g	57.0	64.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4321.5	MASA SUELO HÚMEDO, g	550.7	509.1
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.762	MASA SUELO SECO, g	358.2	354.8
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.146	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	63.7	43.6

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			IMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi	Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.410	92	30.7	0.136	31	10.2	0.02	
1.27	0.050	0.632	142	47.4	0.315	71	23.6	24H - 1 Día (.001")	0.037
1.91	0.075	0.877	197	65.7	0.423	95	31.7	48H - 2 Dias (.001")	0.031
2.54	0.100	1.124	253	84.2	0.561	126	42.0	72H - 3 Dias (.001")	0.051
3.18	0.125	1.320	297	98.9	0.659	148	49.4	96H - 4 Dias (.001")	0.044
3.81	0.150	1.476	332	110.6	0.760	171	57.0	Expansión Total, %	0.345
5.08	0.200	1.935	435	145.0	0.950	214	71.2	<b>CBR CORREGIDO</b>	
7.62	0.300	2.458	553	184.2	1.191	268	89.2	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	8.2
10.16	0.400	2.810	632	210.6	1.318	296	98.8	FINAL (SUMERGIDO)	4.7
12.16	0.500	2.980	670	223.3	1.350	303	101.2	0,1" (%)	9.1
								0,2" (%)	5.0

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

**PROFESIONAL:**  
 Ing. A. REGUAY PATRICIA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174470

**TÉCNICO:**  
 Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

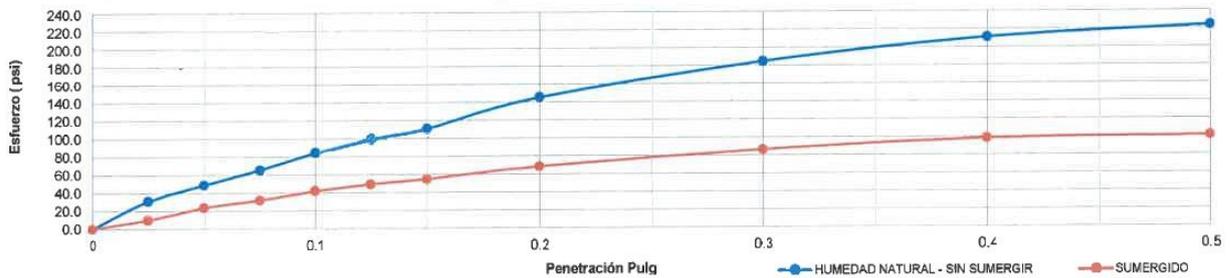
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	ALTA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AIDA	MUESTRA N°	3
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	33	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2283.5	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	606.4	571.7
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2451.8	MASA TARA + SUELO SECO, g	414.9	416.6
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6587.5	MASA TARA, g	54.0	62.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4304.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	552.4	509.7
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.756	MASA SUELO SECO, g	380.9	354.6
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.147	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	53.1	43.7

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		
0.64	0.026	0.414	93	31.0	0.131	29	9.8	Inicial (.001")	0.025
1.27	0.050	0.647	145	48.5	0.312	70	23.4	24H - 1 Día (.001")	0.039
1.91	0.075	0.871	196	65.3	0.423	95	31.7	48H - 2 Días (.001")	0.038
2.54	0.100	1.126	253	84.4	0.562	126	42.1	72H - 3 Días (.001")	0.053
3.18	0.125	1.329	299	99.6	0.655	147	49.1	96H - 4 Días (.001")	0.048
3.81	0.150	1.481	333	111.0	0.730	164	54.7	Expansión Total, %	0.197
5.08	0.200	1.940	436	145.4	0.910	205	68.2	CBR CORREGIDO	
7.62	0.300	2.481	553	184.4	1.150	259	86.2	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	8.0
10.16	0.400	2.814	633	210.9	1.312	295	98.3	FINAL (SUMERGIDO)	4.0
12.16	0.500	2.997	672	223.8	1.348	303	101.0	0,1" (%)	
								0,2" (%)	8.7
									4.9

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

--	--



**INGEPARCH**  
INGENIEROS ESPECIALISTAS EN SUELOS,  
ROCAS Y PAVIMENTO  
RUC 20606451611



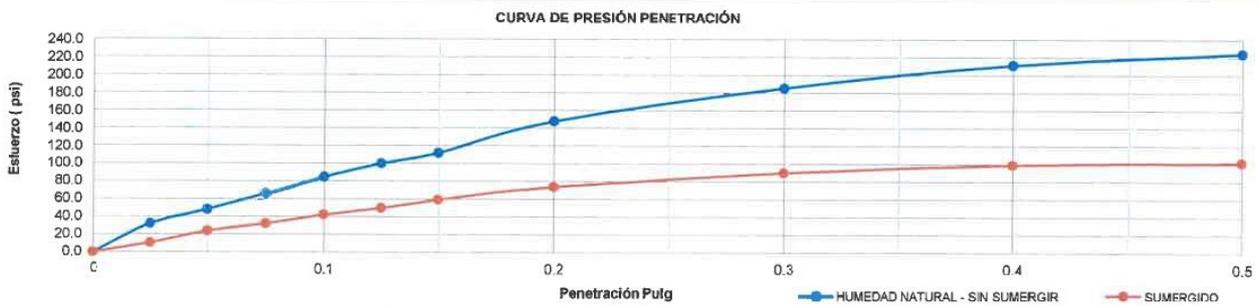
**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	ALTA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	4
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	34	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2199.8	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	605.4	570.2
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2456.3	MASA TARA + SUELO SECO, g	416.1	415.2
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6594.2	MASA TARA, g	53.1	61.6
MASA SUELO HÚMEDO, g	4394.4	MASA SUELO HÚMEDO, g	552.3	508.6
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.789	MASA SUELO SECO, g	363.0	353.6
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.176	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	52.1	43.8

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
(mm)	(plg)	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
		KN	lb	psi	KN	lb	psi			Inicial (.001")
0.64	0.025	0.427	96	32.0	0.137	31	10.3		0.02	
1.27	0.050	0.639	144	47.9	0.318	71	23.8		24H - 1 Día (.001")	
1.91	0.075	0.881	198	66.0	0.429	96	32.1		48H - 2 Días (.001")	
2.54	0.100	1.130	254	84.7	0.561	126	42.0		72H - 3 Días (.001")	
3.18	0.125	1.333	300	99.9	0.662	149	49.6		96H - 4 Días (.001")	
3.81	0.150	1.493	336	111.9	0.790	178	69.2		Expansión Total, %	
5.08	0.200	1.970	443	147.6	0.980	220	73.4		0.194	
7.62	0.300	2.470	555	185.1	1.200	270	89.9		CBR CORREGIDO	
10.16	0.400	2.818	654	211.2	1.320	297	98.9	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
12.16	0.500	2.989	672	224.0	1.354	304	101.5	0,2" (%)	7.9	4.3
									8.1	4.8



OBSERVACIONES:

*Paul M. Requay Palta*  
PAUL M. REQUAY PALTA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL

*Anell Áida Espinoza Olivares*  
Tec. Anell Áida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES  
TÉCNICO



**INGEPARCH**  
INGENIEROS ESPECIALISTAS EN SUELOS  
ROCAS Y PAVIMENTO  
RUC 20606451611



**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

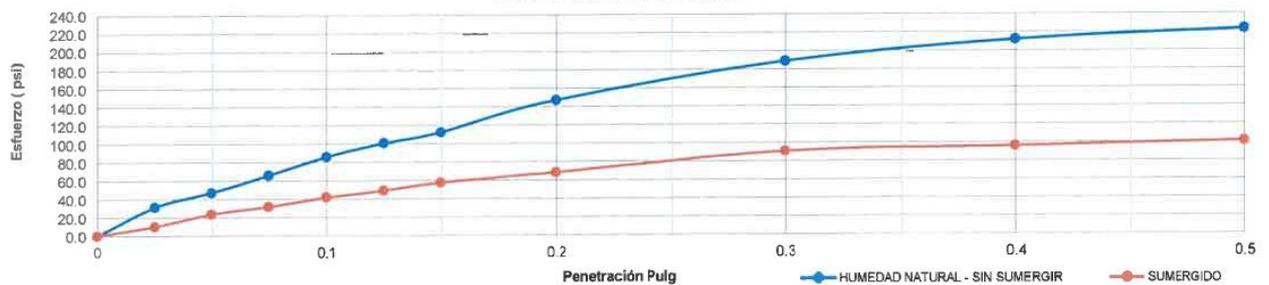
<b>TESIS</b>	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
<b>TESISTA</b>	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	<b>POTENCIAL DE COLAPSO</b>	ALTA
<b>TÉCNICO</b>	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	<b>MUESTRA N°</b>	5
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	PROVINCIA DE JAUJA	<b>FECHA</b>	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	35	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2176.5	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	604.7	569.9
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2449.5	MASA TARA + SUELO SECO, g	417.5	417.4
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6584.2	MASA TARA, g	54.0	61.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	4407.7	MASA SUELO HÚMEDO, g	550.7	508.9
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.799	MASA SUELO SECO, g	363.5	356.4
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.188	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	51.5	42.8

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
(mm)	(plg)	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
		KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicia (.001")	0.023
0.64	0.025	0.419	94	31.4	0.135	30	10.1		24H - 1 Día (.001")	0.027
1.27	0.050	0.628	141	47.1	0.314	71	23.5		48H - 2 Días (.001")	0.026
1.91	0.075	0.878	197	65.8	0.422	95	31.6		72H - 3 Días (.001")	0.039
2.54	0.100	1.147	258	86.0	0.558	125	41.8		96H - 4 Días (.001")	0.031
3.18	0.125	1.341	301	100.5	0.654	147	49.0	Expansión Total, %	0.180	
<b>CBR CORREGIDO</b>										
3.81	0.150	1.500	337	112.4	0.770	173	57.7			
5.08	0.200	1.963	441	147.1	0.910	205	68.2	0,1" (%)	7.1	
7.62	0.300	2.520	567	188.8	1.210	272	90.7			
10.16	0.400	2.829	636	212.0	1.280	288	95.9	0,2" (%)	7.7	
12.16	0.500	2.979	670	223.2	1.349	303	101.1		4.2	

**CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN**



OBSERVACIONES:

*Paul Matencios Santana*  
PAUL M. MATENCIOS SANTANA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL N° 12347

*Anell Aída Espinoza Olivares*  
Tec. Anell Aída Espinoza Olivares  
LABORATORISTA EN SUELOS  
Y MATERIALES



**INGEPARCH**  
INGENIEROS ESPECIALISTAS EN SUELOS  
ROCAS Y PAVIMENTO  
RUC 20606451611



**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

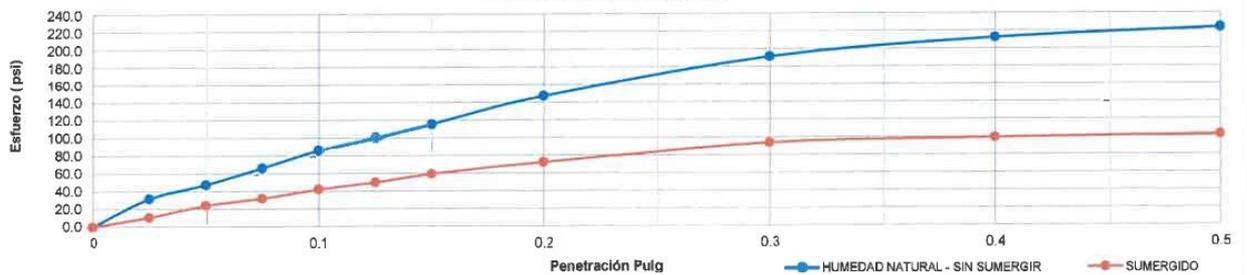
<b>TESIS</b>	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
<b>TESISTA</b>	BACH. MATENCIDS SANTANA, PAUL KEVIN	<b>POTENCIAL DE COLAPSO</b>	ALTA
<b>TÉCNICO</b>	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	<b>MUESTRA N°</b>	6
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	PROVINCIA DE JAUJA	<b>FECHA</b>	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR		HUMEDAD DEL SUELO		NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
	ID. MOLDE:		ID. TARA			
	36		A1		B1	
MASA DEL MOLDE, g:	2169.5		MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	603.5	566.2	
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2439.7		MASA TARA + SUELO SECO, g	416.7	411.3	
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6581.5		MASA TARA, g	56.0	69.0	
MASA SUELO HÚMEDO, g	4412.0		MASA SUELO HÚMEDO, g	547.5	497.2	
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.808		MASA SUELO SECO, g	360.7	342.3	
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.191		CONTENIDO DE HUMEDAD, %	51.8	46.3	

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Inicial (.001")	FINAL (SUMERGIDO)
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		
0.64	0.025	0.422	95	31.6	0.138	31	10.3	0.026	
1.27	0.050	0.630	142	47.2	0.318	71	23.8	0.032	
1.91	0.075	0.881	198	66.0	0.425	96	31.8	0.029	
2.54	0.100	1.149	258	86.1	0.561	126	42.0	0.033	
3.18	0.125	1.343	302	100.6	0.663	149	49.7	0.038	
3.81	0.150	1.540	346	116.4	0.790	178	59.2	0.190	
5.08	0.200	1.965	442	147.3	0.960	216	71.9		0.1*
7.62	0.300	2.550	573	191.1	1.250	281	93.7		7.3
10.16	0.400	2.832	637	212.2	1.320	297	98.9		8.0
12.16	0.500	2.983	671	223.5	1.367	307	102.4		4.6

**CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN**



OBSERVACIONES:

*Paul M. Recua y Palta*  
PAUL M. RECUA Y PALTA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL CIP N° 174470

*Anell Aida Espinoza Olivares*  
Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

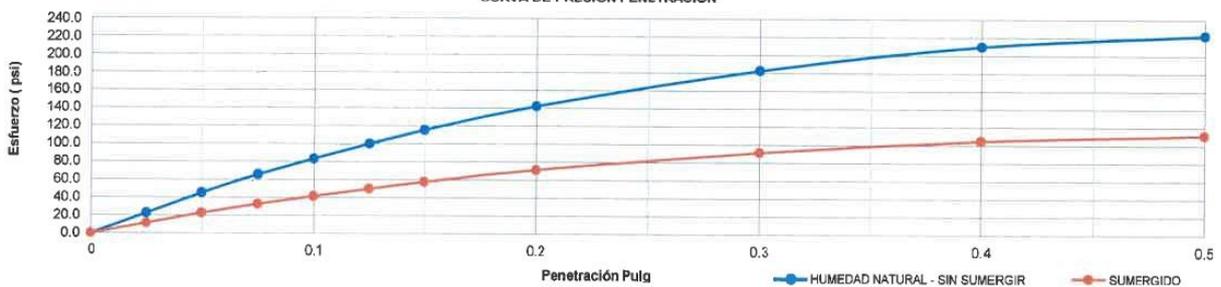
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MUY BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AIDA	MUESTRA N°	1
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	1	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2417.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	610.4	589.6
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2741.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	429.9	403.4
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6685.0	MASA TARA, g	57.0	62.3
MASA SUELO HÚMEDO, g	4268.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	553.4	527.3
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.557	MASA SUELO SECO, g	372.9	341.1
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.049	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	48.4	54.6

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.330	67	22.5	0.150	34	11.2	24H - 1 Día (.001")	0.034	
1.27	0.050	0.695	136	45.3	0.303	68	22.7	48H - 2 Días (.001")	0.035	
1.91	0.075	0.874	196	65.5	0.437	98	32.7	72H - 3 Días (.001")	0.04	
2.54	0.100	1.112	250	83.3	0.556	125	41.7	96H - 4 Días (.001")	0.047	
3.18	0.125	1.334	300	100.0	0.687	150	50.0	Expansión Total, %	0.498	
3.81	0.150	1.540	346	115.4	0.770	173	57.7	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.900	427	142.4	0.950	214	71.2	0,1* (%)	8.3	4.2
7.62	0.300	2.435	547	182.5	1.218	274	91.3		0,2* (%)	9.5
10.16	0.400	2.800	629	209.8	1.400	315	104.9			
12.16	0.500	2.965	667	222.2	1.483	333	111.1			

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

**PROFESIONAL**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 17137

**Tec. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES  
 TÉCNICO

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

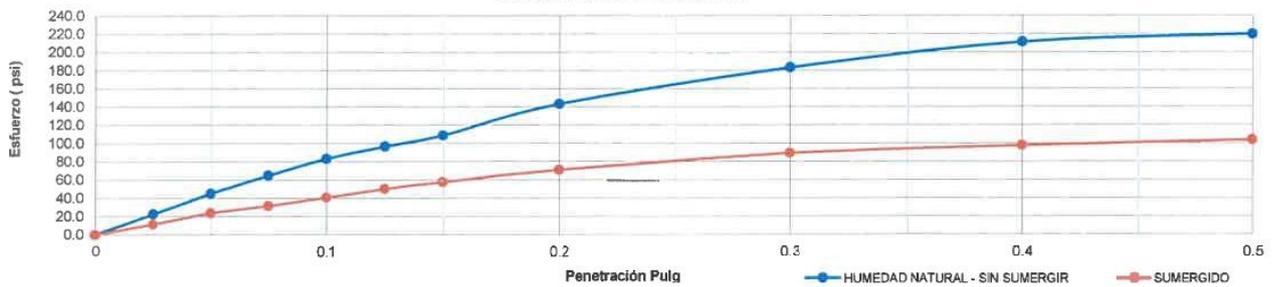
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MUY ALTA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AIDA	MUESTRA N°	2
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO		NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	2	ID. TARA		A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2411.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g		609.4	582.1
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2740.0	MASA TARA + SUELO SECO, g		418.9	413.2
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6683.0	MASA TARA, g		56.0	61.2
MASA SUELO HÚMEDO, g	4272.0	MASA SUELO HÚMEDO, g		553.4	520.9
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.559	MASA SUELO SECO, g		362.9	352.0
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.022	CONTENIDO DE HUMEDAD, %		52.5	48.0

PENETRACIÓN:		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN			
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS	Inicial (.001")	FINAL (SUMERGIDO)	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi				
0.64	0.025	0.300	67	22.5	0.151	34	11.3	24H - 1 Día (.001")	0.032		
1.27	0.050	0.602	135	45.1	0.319	72	23.9	48H - 2 Días (.001")	0.031		
1.91	0.075	0.865	194	64.8	0.421	95	31.5	72H - 3 Días (.001")	0.05		
2.54	0.100	1.110	250	83.2	0.541	122	40.5	96H - 4 Días (.001")	0.046		
3.18	0.125	1.290	290	96.7	0.671	151	50.3	Expansión Total, %	0.490		
3.81	0.150	1.451	326	108.7	0.767	172	57.5	CBR CORREGIDO			
5.08	0.200	1.911	430	143.2	0.942	212	70.6	0,1* (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	8.2	4.1
7.62	0.300	2.441	549	182.9	1.191	268	89.2		FINAL (SUMERGIDO)		
10.16	0.400	2.818	634	211.2	1.301	292	97.5	0,2* (%)		9.2	4.2
12.16	0.500	2.931	659	219.6	1.384	311	103.7				

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

PAUL M. UCAYTATEMPOMA  
 PROFESIONERO CIVIL

Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA EN SUELOS Y MATERIALES  
 TÉCNICO

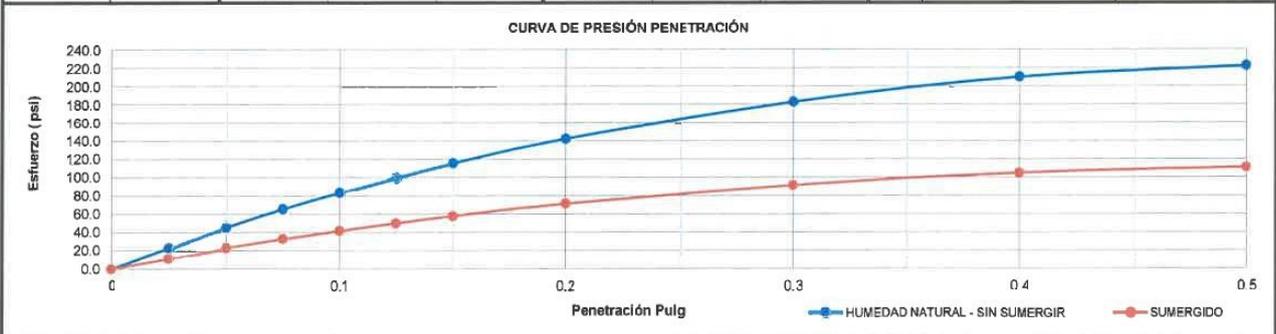
**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSION DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MUY BAJA
TÉCNICO	ESPIÑOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	3
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	3	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2411.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	607.4	521.1
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2749.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	422.3	413.4
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6682.0	MASA TARA, g	53.0	60.4
MASA SUELO HÚMEDO, g	4271.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	554.4	460.7
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.554	MASA SUELO SECO, g	369.3	353.0
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.035	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	50.1	30.5

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.300	67	22.5	0.150	34	11.2	0.022		
1.27	0.050	0.605	136	45.3	0.303	68	22.7	0.037		
1.91	0.075	0.874	196	65.5	0.437	98	32.7	0.038		
2.54	0.100	1.112	250	83.3	0.556	125	41.7	0.02		
3.18	0.125	1.334	300	100.0	0.667	150	50.0	0.044		
3.81	0.150	1.540	346	115.4	0.770	173	57.7	0.334		
5.08	0.200	1.900	427	142.4	0.950	214	71.2			
7.62	0.300	2.435	547	182.5	1.218	274	91.3			
10.16	0.400	2.800	629	209.8	1.400	315	104.9			
12.16	0.500	2.965	667	222.2	1.483	333	111.1			
CBR CORREGIDO										
								HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)	
								0,1" (%)	8.4	5.0
								0,2" (%)	9.3	5.0



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

PAUL M. BECAY PATAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
R.P. N° 171374

Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORIO TÉCNICO DE  
SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

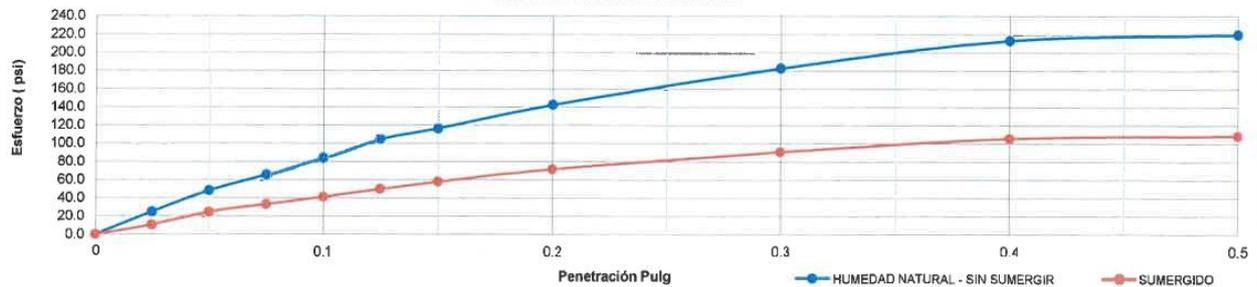
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MUY BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	4
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	4	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2319.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	511.4	522.4
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2738.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	413.1	400.3
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6558.0	MASA TARA, g	54.0	59.9
MASA SUELO HÚMEDO, g	4239.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	557.4	462.5
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.548	MASA SUELO SECO, g	359.1	340.4
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	0.997	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	55.2	35.9

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")
0.64	0.025	0.332	75	24.9	0.40	31	10.5	0.031	
1.27	0.050	0.643	145	48.2	0.330	74	24.7	0.028	
1.91	0.075	0.875	197	65.6	0.443	100	33.2	0.064	
2.54	0.100	1.121	252	84.0	0.551	124	41.3	0.08	
3.18	0.125	1.398	314	104.8	0.666	150	49.9	0.009	
3.81	0.150	1.550	348	116.2	0.772	174	57.9	CBR CORREGIDO	
5.08	0.200	1.901	427	142.5	0.854	214	71.5	0,1" (%)	8.5
7.62	0.300	2.436	548	182.5	1.212	272	90.8		4.0
10.16	0.400	2.844	639	213.1	1.409	317	105.6	0,2" (%)	9.0
12.16	0.500	2.932	659	219.7	1.446	325	108.4		4.1

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

**PAUL M. REVILLA PAITAN POMA**  
 PROFESIONAL CIVIL  
 CIP N° 17.117

**Tec. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES  
 TÉCNICO

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

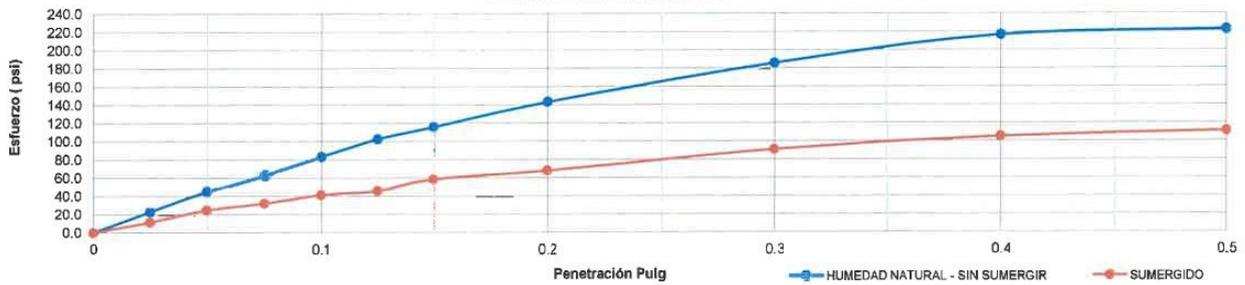
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MUY BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	5
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	5	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2317.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	613.2	531.4
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2679.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	431.3	454.3
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6569.0	MASA TARA, g	51.0	60.1
MASA SUELO HÚMEDO, g	4252.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	562.2	471.3
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.587	MASA SUELO SECO, g	380.3	394.2
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.074	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	47.8	19.6

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.305	69	22.9	0.151	34	11.3	0.036		
1.27	0.050	0.601	135	45.0	0.330	74	24.7	24H - 1 Día (.001")	0.038	
1.91	0.075	0.843	190	63.2	0.425	96	31.8	48H - 2 Días (.001")	0.065	
2.54	0.100	1.109	249	83.1	0.551	124	41.3	72H - 3 Días (.001")	0.09	
3.18	0.125	1.367	307	102.4	0.609	137	45.6	96H - 4 Días (.001")	0.007	
3.81	0.150	1.541	346	115.5	0.778	175	58.3	Expansión Total, %	0.364	
5.08	0.200	1.909	429	143.1	0.902	203	67.6	CBR CORREGIDO		
7.62	0.300	2.476	557	185.5	1.211	272	90.7	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)	
10.16	0.400	2.888	649	216.4	1.401	315	105.0	0,1" (%)	8.3	4.3
12.16	0.500	2.966	667	222.3	1.481	333	111.0	0,2" (%)	9.4	4.4

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

PAUL M. REQUENA PALTA  
 PROFESIONAL  
 CIP N° 17117

Tec. Anell Áida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 TÉCNICO



**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

<b>TESIS</b>	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
<b>TESISTA</b>	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	<b>POTENCIAL DE COLAPSO</b>	MUY BAJA
<b>TÉCNICO</b>	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	<b>MUESTRA N°</b>	6
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	PROVINCIA DE JAUJA	<b>FECHA</b>	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
<b>ID. MOLDE:</b>	6	<b>ID. TARA</b>	A1	B1
<b>MASA DEL MOLDE, g:</b>	2410.0	<b>MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g</b>	601.4	529.2
<b>VOLUMEN MOLDE, cm³:</b>	2737.0	<b>MASA TARA + SUELO SECO, g</b>	409.5	493.5
<b>MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g</b>	6679.0	<b>MASA TARA, g</b>	54.0	68.6
<b>MASA SUELO HÚMEDO, g</b>	4269.0	<b>MASA SUELO HÚMEDO, g</b>	547.4	460.6
<b>DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm³</b>	1.560	<b>MASA SUELO SECO, g</b>	355.5	424.9
<b>DENSIDAD SUELO SECO, g/cm³</b>	1.013	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD, %</b>	54.0	8.4

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN				
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS				
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi			Inicial (.001")		
0.64	0.025	0.309	69	23.2	0.143	32	10.7	24H - 1 Día (.001")	0.047			
1.27	0.050	0.651	146	48.8	0.333	75	25.0	48H - 2 Días (.001")	0.087			
1.91	0.075	0.853	192	63.9	0.473	106	35.4	72H - 3 Días (.001")	0.65			
2.54	0.100	1.121	252	84.0	0.567	127	42.5	96H - 4 Días (.001")	0.083			
3.18	0.125	1.334	300	100.0	0.659	148	49.4	Expansión Total, %	0.377			
3.81	0.150	1.455	327	109.0	0.787	177	59.0	<b>CBR CORREGIDO</b>				
5.09	0.200	1.907	429	142.9	0.944	212	70.7	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	8.0	FINAL (SUMERGIDO)	5.5
7.62	0.300	2.439	548	182.8	1.218	274	91.3		0,2" (%)		9.6	
10.16	0.400	2.800	629	209.8	1.450	326	108.7					
12.16	0.500	2.999	674	224.7	1.476	332	110.6					



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

 PAUL M. REINOS PAITAN O.M.A. PROFESIONAL Civil	 Tec. Anell Aida Espinoza Olivares LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES TÉCNICO:
---	---

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

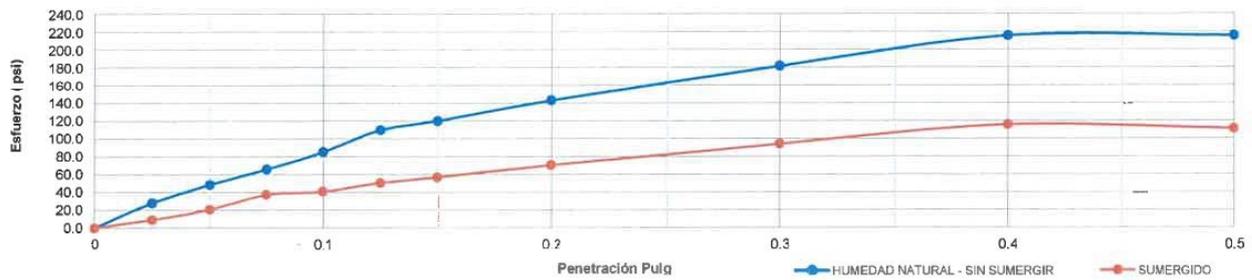
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MUY BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	7
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR		HUMEDAD DEL SUELO		NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
	ID. MOLDE:		ID. TARA			
	7		A1		B1	
MASA DEL MOLDE, g:	2439.0		MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	602.8	527.4	
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2779.0		MASA TARA + SUELO SECO, g	409.3	484.4	
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6656.0		MASA TARA, g	56.0	69.0	
MASA SUELO HÚMEDO, g	4217.0		MASA SUELO HÚMEDO, g	546.8	458.4	
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.517		MASA SUELO SECO, g	353.3	415.4	
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	0.980		CONTENIDO DE HUMEDAD, %	54.8	10.4	

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.372	84	27.9	0.120	27	9.0	24H - 1 Día (.001")	0.045	
1.27	0.050	0.648	146	48.6	0.275	62	20.6	48H - 2 Días (.001")	0.088	
1.91	0.075	0.878	197	65.8	0.497	112	37.2	72H - 3 Días (.001")	0.599	
2.54	0.100	1.136	255	85.1	0.543	122	40.7	96H - 4 Días (.001")	0.088	
3.18	0.125	1.465	329	109.8	0.671	151	50.3	Expansión Total, %	0.381	
3.81	0.150	1.600	360	119.9	0.758	170	56.8	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.907	429	142.9	0.939	211	70.4	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.421	544	181.4	1.254	282	94.0		8.5	5.1
10.16	0.400	2.876	647	215.5	1.542	347	115.6	0,2" (%)	9.4	5.3
12.16	0.500	2.873	646	215.3	1.481	333	111.0			

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

**PAUL MATENCIOS SANTANA**  
 PROFESIONAL  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 17117

**Tec. Anell Aída Espinoza Olivares**  
 TÉCNICO  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

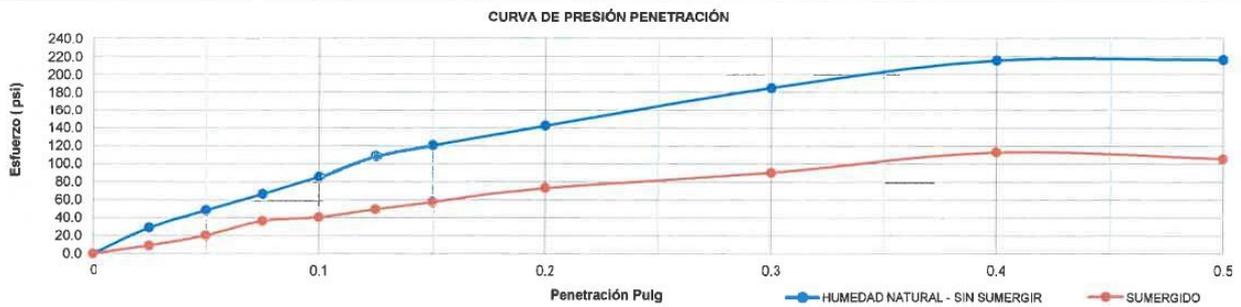
### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MUY BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	8
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	8	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2398.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	606.7	508.3
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2801.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	475.4	407.2
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6064.0	MASA TARA, g	65.0	66.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	3666.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	541.7	440.3
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.309	MASA SUELO SECO, g	410.4	339.2
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	0.992	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	32.0	29.8

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi			Inicial (.001")
0.64	0.025	0.387	87	29.0	0.121	27	9.1	0.908		
1.27	0.050	0.644	145	48.3	0.273	61	20.5	0.055		
1.91	0.075	0.887	199	66.5	0.487	109	36.5	0.061		
2.54	0.100	1.142	257	85.6	0.542	122	40.6	0.509		
3.18	0.125	1.451	326	108.7	0.660	148	49.5	0.094		
3.81	0.150	1.810	362	120.6	0.767	172	57.5	Expansión Total, %	0.377	
5.08	0.200	1.901	427	142.5	0.973	219	72.9	CBR CORREGIDO		
7.62	0.300	2.465	554	184.7	1.204	271	90.2	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
10.16	0.400	2.871	645	215.1	1.509	339	113.1		9.0	6.5
12.16	0.500	2.880	647	215.8	1.409	317	105.6	0,2" (%)	9.4	6.1



OBSERVACIONES:

**PAUL M. RECUAY PATAMPOMA**  
 PROFESIONAL EN INGENIERÍA CIVIL

**Tec. Anel Aída Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

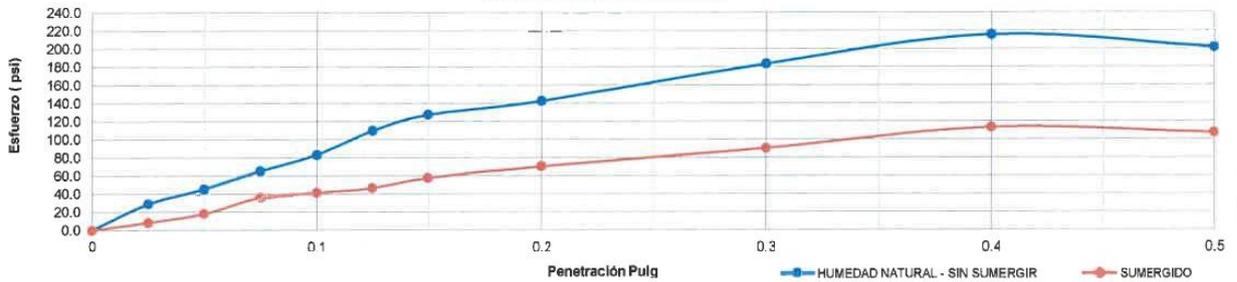
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	MUY BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	9
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	9	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2354.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	601.8	504.4
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2092.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	459.1	479.0
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6075.0	MASA TARA, g	64.0	70.0
MASA SUELO HÚMEDO, g	3721.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	537.8	434.4
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.779	MASA SUELO SECO, g	395.1	409.0
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.307	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	36.1	6.2

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN	
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		
0.64	0.025	0.387	87	29.0	0.112	25	8.4	0.91	
1.27	0.050	0.603	136	45.2	0.239	54	17.9	0.068	24H - 1 Día (.001")
1.91	0.075	0.872	196	65.3	0.481	108	36.0	0.075	48H - 2 Días (.001")
2.54	0.100	1.109	249	83.1	0.552	124	41.4	0.587	72H - 3 Días (.001")
3.18	0.125	1.463	329	109.6	0.616	138	46.2	0.008	96H - 4 Días (.001")
3.81	0.150	1.701	382	127.5	0.766	172	57.4	0.375	Expansión Total, %
5.08	0.200	1.901	427	142.5	0.939	211	70.4	<b>CBR CORREGIDO</b>	
7.62	0.300	2.444	549	183.1	1.203	270	90.1	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR
10.16	0.400	2.876	647	215.5	1.510	339	113.2		FINAL (SUMERGIDO)
12.16	0.500	2.687	604	201.4	1.431	322	107.2	0,2" (%)	8.9
									9.0
									6.7
									6.0

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

PAUL M. RIQUEY PAITANOMA  
 PROFESIONERO CIVIL

Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES  
 TÉCNICO

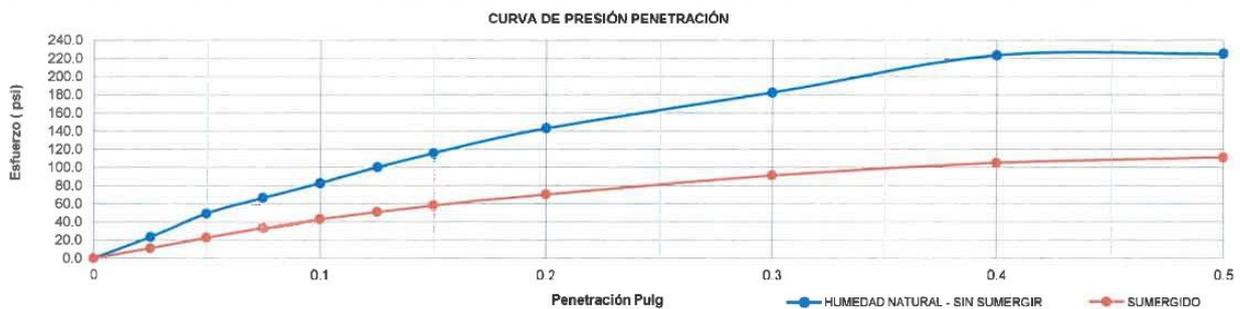
**ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA**

<b>TESIS</b>	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
<b>TESISTA</b>	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	<b>POTENCIAL DE COLPADO</b>	MUY BAJA
<b>TÉCNICO</b>	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	<b>MUESTRA N°</b>	10
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	PROVINCIA DE JAUJA	<b>FECHA</b>	Feb. 2024

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA**

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
<b>ID. MOLDE:</b>	10	<b>ID. TARA</b>	A	B1
<b>MASA DEL MOLDE, g:</b>	2421.0	<b>MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g</b>	608.2	532.8
<b>VOLUMEN MOLDE, cm<sup>3</sup>:</b>	2727.0	<b>MASA TARA + SUELO SECO, g</b>	432.4	421.2
<b>MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g</b>	6579.0	<b>MASA TARA, g</b>	54.0	61.2
<b>MASA SUELO HÚMEDO, g</b>	4158.0	<b>MASA SUELO HÚMEDO, g</b>	554.2	471.6
<b>DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm<sup>3</sup></b>	1.525	<b>MASA SUELO SECO, g</b>	378.4	360.0
<b>DENSIDAD SUELO SECO, g/cm<sup>3</sup></b>	1.041	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD, %</b>	46.5	31.0

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.310	70	23.2	0.143	32	10.7	0.009		
1.27	0.050	0.661	149	49.5	0.301	68	22.6	0.057	24H - 1 Día (.001")	
1.91	0.075	0.887	199	66.5	0.446	100	33.4	0.048	48H - 2 Días (.001")	
2.54	0.100	1.102	248	82.6	0.576	129	43.2	0.034	72H - 3 Días (.001")	
3.18	0.125	1.339	301	100.3	0.678	152	50.8	0.056	96H - 4 Días (.001")	
3.81	0.150	1.542	347	115.6	0.775	174	58.1	0.380	Expansión Total, %	
5.08	0.200	1.908	429	143.0	0.935	210	70.1	<b>CBR CORREGIDO</b>		
7.62	0.300	2.434	547	182.4	1.217	274	91.2	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
10.16	0.400	2.982	670	223.5	1.403	315	105.1		8.4	5.8
12.16	0.500	3.000	674	224.8	1.481	333	111.0	0,2" (%)	9.1	5.6



**OBSERVACIONES:**

**PAUL M. REZO AY PATTAPOMPA**  
 INGENIERO CIVIL  
 PROFESIONAL: 11371

**Tec. Anell Aída Espinoza Olivares**  
 LABORATORIO TÉCNICO: SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

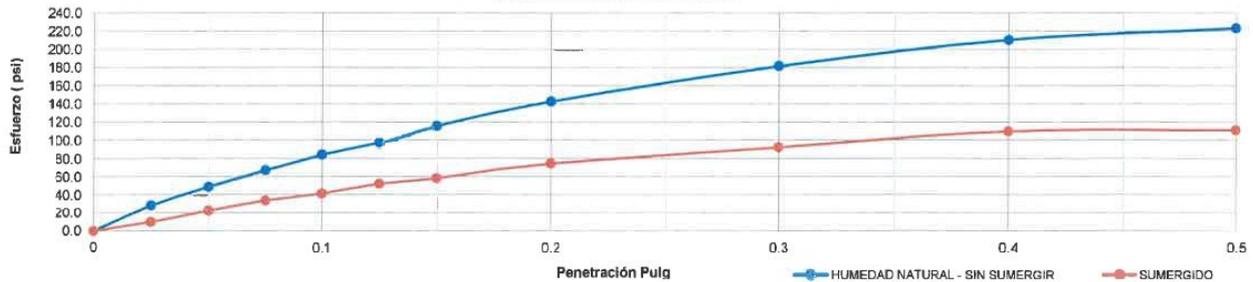
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIO SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	1
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	11	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2412.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	611.4	576.3
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2731.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	431.5	409.5
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6587.0	MASA TARA, g	57.7	63.5
MASA SUELO HÚMEDO, g	4175.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	553.7	512.8
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.529	MASA SUELO SECO, g	373.8	346.0
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.032	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	48.1	48.2

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.371	83	27.8	0.132	30	9.9	0.022		
1.27	0.050	0.648	146	48.6	0.299	67	22.4	24H - 1 Día (.001")	0.031	
1.91	0.075	0.889	200	66.6	0.446	100	33.4	48H - 2 Días (.001")	0.037	
2.54	0.100	1.119	252	83.9	0.548	123	41.1	72H - 3 Días (.001")	0.041	
3.18	0.125	1.299	292	97.3	0.692	156	51.9	96H - 4 Días (.001")	0.045	
3.81	0.150	1.541	346	115.5	0.772	174	57.9	Expansión Total, %	0.415	
5.08	0.200	1.901	427	142.5	0.989	222	74.1	CBR CORREGIDO		
7.62	0.300	2.421	544	181.4	1.230	277	92.2	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)	
10.16	0.400	2.808	631	210.4	1.464	329	109.7	0,1" (%)	8.6	5.1
12.16	0.500	2.976	669	223.0	1.481	333	111.0	0,2" (%)	8.9	5.7

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

**PAUL N. RECUAY PATAMPOMA**  
 INGENIERO CIVIL  
 PROFESIONAL

**Tec. Anell Aída Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA TÉCNICO DE SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

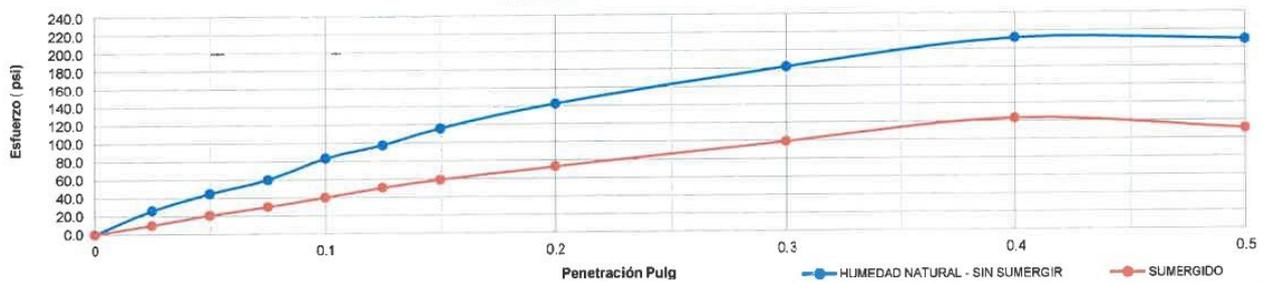
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	MUESTRA N°	2
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	12	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2432.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	612.1	572.2
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2691.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	436.6	401.1
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6565.0	MASA TARA, g	56.6	62.4
MASA SUELO HÚMEDO, g	4133.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	555.5	509.8
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.536	MASA SUELO SECO, g	360.0	338.7
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.051	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	46.2	50.5

PENETRACIÓN:		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.349	76	26.2	0.133	30	10.0	24H - 1 Día (.001")	0.039	
1.27	0.050	0.596	134	44.8	0.278	62	20.8	48H - 2 Días (.001")	0.032	
1.91	0.075	0.798	179	59.8	0.399	90	29.9	72H - 3 Días (.001")	0.044	
2.54	0.100	1.112	250	83.3	0.537	121	40.2	96H - 4 Días (.001")	0.042	
3.18	0.125	1.299	292	97.3	0.674	152	50.5	Expansión Total, %	0.425	
3.81	0.150	1.544	347	115.7	0.786	177	58.9	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.900	427	142.4	0.972	219	72.8	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.422	544	181.5	1.320	297	98.9		8.0	5.8
10.16	0.400	2.830	636	212.1	1.644	370	123.2	0,2" (%)	8.4	5.3
12.16	0.500	2.790	627	209.1	1.480	333	110.9			

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

PAUL M. RECUA PATAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL N° 11791

Tec. Anel Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA TÉCNICO DE SUELOS Y MATERIALES

### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

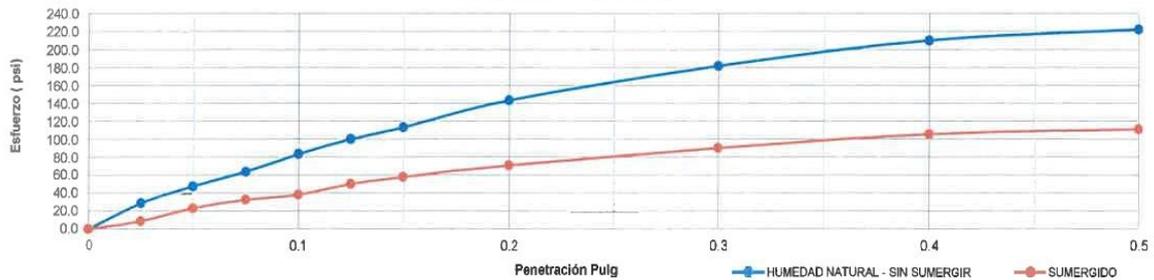
TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	POTENCIAL DE COLAPSO	BAJA
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	MUESTRA N°	3
LOCALIZACIÓN:	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

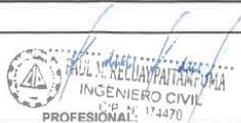
CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	13	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2398.0	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	611.4	507.2
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2776.0	MASA TARA + SUELO SECO, g	422.3	401.2
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6659.0	MASA TARA, g	58.0	61.8
MASA SUELO HÚMEDO, g	4261.0	MASA SUELO HÚMEDO, g	553.4	445.4
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.534	MASA SUELO SECO, g	364.3	339.4
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.010	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	61.9	31.2

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Inicial (.001")	FINAL (SUMERGIDO)	
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi			Lecturas
0.64	0.025	0.380	85	28.5	0.112	25	8.4	0.019	24H - 1 Día (.001")	0.039
1.27	0.050	0.631	142	47.3	0.307	66	23.0	0.032	48H - 2 Días (.001")	0.032
1.91	0.075	0.847	190	63.5	0.432	97	32.4	0.02	72H - 3 Días (.001")	0.02
2.54	0.100	1.111	250	83.3	0.506	114	37.9	0.049	96H - 4 Días (.001")	0.049
3.18	0.125	1.335	300	100.0	0.665	149	49.8	0.417	Expansión Total, %	0.417
3.81	0.150	1.508	339	113.0	0.771	173	57.8	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.911	430	143.2	0.941	212	70.5	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.420	544	181.3	1.201	270	90.0		8.4	4.7
10.16	0.400	2.802	630	210.0	1.408	317	105.5	0,2" (%)	9.6	5.7
12.16	0.500	2.966	667	222.3	1.481	333	111.0		5.7	5.7

CURVA DE PRESIÓN PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

  
 PAUL M. REQUAYPAITAN  
 INGENIERO CIVIL  
 PROFESIONAL: 174470

  
 Tec. Anell Áida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA DE SUELOS Y MATERIALES

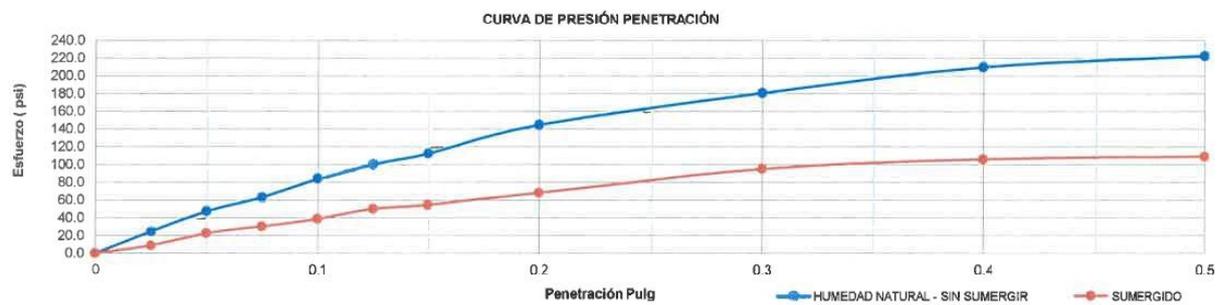
### ENSAYO DE CBR SOBRE MUESTRA ALTERADA

<b>TESIS</b>	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA - 2023"		
<b>TESISTA</b>	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	<b>POTENCIAL DE COLAPSO</b>	BAJA
<b>TÉCNICO</b>	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	<b>MUESTRA N°</b>	4
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	PROVINCIA DE JAUJA	<b>FECHA</b>	Feb. 2024

#### CONDICIÓN DE LA MUESTRA

CBR INALTERADO	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	HUMEDAD DEL SUELO	NATURAL (SIN SUMERGIR)	FINAL (SUMERGIDO)
ID. MOLDE:	14	ID. TARA	A1	B1
MASA DEL MOLDE, g:	2365.1	MASA TARA + SUELO HÚMEDO, g	610.8	503.9
VOLUMEN MOLDE, cm <sup>3</sup> :	2687.3	MASA TARA + SUELO SECO, g	422.5	404.6
MASA MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	6682.0	MASA TARA, g	56.0	60.2
MASA SUELO HÚMEDO, g	4316.9	MASA SUELO HÚMEDO, g	554.8	443.7
DENSIDAD SUELO HÚMEDO, g/cm <sup>3</sup>	1.606	MASA SUELO SECO, g	366.5	344.4
DENSIDAD SUELO SECO, g/cm <sup>3</sup>	1.061	CONTENIDO DE HUMEDAD, %	51.4	28.8

PENETRACIÓN		HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR			SUMERGIDO			INMERSIÓN DE LA MUESTRA - EXPANSIÓN		
		LECTURAS		ESFUERZO	LECTURAS		ESFUERZO	Lecturas		
(mm)	(plg)	KN	lb	psi	KN	lb	psi		Inicial (.001")	
0.64	0.025	0.330	74	24.7	0.118	26	8.8	24H - 1 Día (.001")	0.032	
1.27	0.050	0.632	142	47.4	0.303	68	22.7	48H - 2 Días (.001")	0.03	
1.91	0.075	0.841	189	63.0	0.402	90	30.1	72H - 3 Días (.001")	0.028	
2.54	0.100	1.123	252	84.2	0.516	116	38.7	96H - 4 Días (.001")	0.042	
3.18	0.125	1.341	301	100.5	0.671	151	50.3	Expansión Total, %	0.430	
3.81	0.150	1.501	337	112.5	0.729	164	54.6	<b>CBR CORREGIDO</b>		
5.08	0.200	1.931	434	144.7	0.909	204	68.1	0,1" (%)	HUMEDAD NATURAL - SIN SUMERGIR	FINAL (SUMERGIDO)
7.62	0.300	2.411	542	180.7	1.268	285	95.0		8.3	4.8
10.16	0.400	2.801	630	209.9	1.417	319	106.2	0,2" (%)	9.1	5.8
12.16	0.500	2.969	667	222.5	1.457	328	109.2			



**OBSERVACIONES:**

--	--

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

## DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA -2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	MUESTRA No.	4
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AIDA	PROFUNDIDAD	3.00 ml
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

### PROPIEDADES INDICE DEL SUELO

% LIMITE LIQUIDO:	24	% DE GRAVAS:	52
% LIMITE PLASTICO:	19	% DE ARENAS:	34
% IND. PLASTICIDAD:	5	% DE FINOS:	14
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SW	AASHTO:	A-1 (1)

### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

RECIPIENTE No.	10	12
MASA DEL RECIPIENTE + SUELO SECO, g	50.5	47.7
MASA DEL SUELO SECO, g	44	43

### INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DE LOS SUELOS

CILINDRO GRADUADO	CILINDRO No.1	CILINDRO No.2
LIQUIDO UTILIZADO PARA EL ENSAYO	AGUA DESTILADA	AGUA DESTILADA
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL CILINDRO GRADUADO, ml	100.0	100.0
VOLUMEN DE LA MUESTRA LEIDO EN EL CILINDRO, ml	$V_w$ 16.0	$V_k$ 15.0
INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DEL SUELO, (%)	0.00624	

EXPANSIÓN:

GRADO BAJO

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Este informe no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPARCH

OBSERVACIONES:

  
PAUL N. RECUA PATASPUMA  
INGENIERO CIVIL  
PROFESIONAL P. N° 17347

  
Téc. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

**DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS**

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA -2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	MUESTRA No.	5
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	PROFUNDIDAD	3.00 ml
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

PROPIEDADES INDICE DEL SUELO			
% LIMITE LIQUIDO:	28.9	% DE GRAVAS:	41
% LIMITE PLASTICO:	26	% DE ARENAS:	40
% IND. PLASTICIDAD:	2.9	% DE FINOS:	19
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	<b>SW</b>	AASHTO:	A-5 (2)

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
RECIPIENTE No.	11	17
MASA DEL RECIPIENTE + SUELO SECO, g	51	46
MASA DEL SUELO SECO, g	45	43

INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DE LOS SUELOS		
CILINDRO GRADUADO	CILINDRO No.1	CILINDRO No.2
LIQUIDO UTILIZADO PARA EL ENSAYO	AGUA DESTILADA	AGUA DESTILADA
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL CILINDRO GRADUADO, ml	100.0	100.0
VOLUMEN DE LA MUESTRA LEIDO EN EL CILINDRO, ml	$V_w$	$V_k$
	17.0	14.0
INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DEL SUELO, (%)	0.00768	

EXPANSIÓN:	GRADO BAJO
------------	------------

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Este informe no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPARCH

OBSERVACIONES:

  
**PAUL M. RECUA PATAMPOMA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 17311

  
**Tec. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 TÉCNICO

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

## DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA-2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	MUESTRA No.	6
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL AÍDA	PROFUNDIDAD	3.00 ml
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

### PROPIEDADES INDICE DEL SUELO

% LIMITE LIQUIDO:	33	% DE GRAVAS:	57
% LIMITE PLASTICO:	26	% DE ARENAS:	23
% IND. PLASTICIDAD:	7	% DE FINOS:	20
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SW	AASHTO:	A-2 (3)

### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

RECIPIENTE No.	13	21
MASA DEL RECIPIENTE + SUELO SECO, g	51.5	49
MASA DEL SUELO SECO, g	46	44

### INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DE LOS SUELOS

CILINDRO GRADUADO	CILINDRO No.1	CILINDRO No.2
LIQUIDO UTILIZADO PARA EL ENSAYO	AGUA DESTILADA	AGUA DESTILADA
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL CILINDRO GRADUADO, ml	100.0	100.0
VOLUMEN DE LA MUESTRA LEIDO EN EL CILINDRO, ml	$V_w$	$V_t$
	16.0	14.0
INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DEL SUELO, (%)	0.00672	

EXPANSIÓN:

GRADO BAJO

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Este informe no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPARCH

OBSERVACIONES:

  
PAUL M. RECUA PALTAN  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 11111  
PROFESIONAL:

  
Tec. Anell Aída Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES  
TÉCNICO:

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

## DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA -2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIO SANTANA, PAUL KEVIN	MUESTRA No.	7
TÉCNICO	ESPIÑOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	PROFUNDIDAD	3.10
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

### PROPIEDADES INDICE DEL SUELO

% LIMITE LIQUIDO:	31	% DE GRAVAS:	43
% LIMITE PLASTICO:	25	% DE ARENAS:	39
% IND. PLASTICIDAD:	6	% DE FINOS:	18
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SW	AASHTO:	A-2 (3)

### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

RECIPIENTE No.	17	18
MASA DEL RECIPIENTE + SUELO SECO, g	48.8	47.5
MASA DEL SUELO SECO, g	45	43

### INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DE LOS SUELOS

CILINDRO GRADUADO	CILINDRO No.1	CILINDRO No.2
LIQUIDO UTILIZADO PARA EL ENSAYO	AGUA DESTILADA	AGUA DESTILADA
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL CILINDRO GRADUADO, ml	100.0	100.0
VOLUMEN DE LA MUESTRA LEIDO EN EL CILINDRO, ml	$V_u$ 18.0	$V_k$ 18.0
INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DEL SUELO, (%)	0.00744	

EXPANSIÓN:

GRADO BAJO

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Este informe no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPARCH

OBSERVACIONES:

  
PAUL MATENCIO SANTANA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 17447

PROFESIONAL:

  
Téc. Anell Áida Espinoza Olivares  
LABORATORIO DE SUELOS  
Y MATERIALES  
TÉCNICO:

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

## DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

TESIS	*ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA -2023*		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	MUESTRA No.	8
TÉCNICO	ESPINOZA OLVARES, ANELL ÁIDA	PROFUNDIDAD	2.95
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

### PROPIEDADES INDICE DEL SUELO

% LIMITE LIQUIDO:	33	% DE GRAVAS:	45
% LIMITE PLASTICO:	28	% DE ARENAS:	48
% IND. PLASTICIDAD:	5	% DE FINOS:	7
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SP	AASHTO:	A-3 (2)

### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

RECIPIENTE No.	22	23
MASA DEL RECIPIENTE + SUELO SECO, g	45.4	41
MASA DEL SUELO SECO, g	41	39

### INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DE LOS SUELOS

CILINDRO GRADUADO	CILINDRO No.1	CILINDRO No.2
LIQUIDO UTILIZADO PARA EL ENSAYO	AGUA DESTILADA	AGUA DESTILADA
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL CILINDRO GRADUADO, ml	100.0	100.0
VOLUMEN DE LA MUESTRA LEIDO EN EL CILINDRO, ml	$V_w$ 14.0	$V_k$ 11.0
INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DEL SUELO, (%)	0.00840	

EXPANSIÓN:

GRADO BAJO

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Este informe no es reproducible ni total ni parcial sin la autorizacion de INGEPARCH

OBSERVACIONES:

  
PAUL M. NEUDAT PACHAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 173470

PROFESIONAL:

  
Tec. Anell Áida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES  
TÉCNICO:

**DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS**

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA -2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	MUESTRA No.	9
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	PROFUNDIDAD	2.95
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

PROPIEDADES INDICE DEL SUELO			
% LIMITE LIQUIDO:	37	% DE GRAVAS:	54
% LIMITE PLASTICO:	31	% DE ARENAS:	30
% IND. PLASTICIDAD:	6	% DE FINOS:	16
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SP	AASHTO:	A-2 (1)

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
RECIPIENTE No.	24	26
MASA DEL RECIPIENTE + SUELO SECO, g	47	42
MASA DEL SUELO SECO, g	42	37

INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DE LOS SUELOS		
CILINDRO GRADUADO	CILINDRO No.1	CILINDRO No.2
LIQUIDO UTILIZADO PARA EL ENSAYO	AGUA DESTILADA	AGUA DESTILADA
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL CILINDRO GRADUADO, ml	100.0	100.0
VOLUMEN DE LA MUESTRA LEIDO EN EL CILINDRO, ml	$V_w$ 12.0	$V_k$ 10.0
INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DEL SUELO, (%)	0.00666	

EXPANSIÓN:	GRADO BAJO
------------	------------

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Este informe no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPARCH

OBSERVACIONES:

  
**PAUL M. REQUAY PAITAMPOMA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174470  
 PROFESIONAL:

  
**Tec. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES  
 TÉCNICO:

# EB ENGINEER BEAR

Suelos, concreto y pavimentos.

RUC: 10473512900

## DETERMINACIÓN PARA POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS

TESIS	"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE SUELOS EN EL ASENTAMIENTO DE ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN JAUJA -2023"		
TESISTA	BACH. MATENCIOS SANTANA, PAUL KEVIN	MUESTRA No.	10
TÉCNICO	ESPINOZA OLIVARES, ANELL ÁIDA	PROFUNDIDAD	3.00 ml
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA DE JAUJA	FECHA	Feb-24

PROPIEDADES INDICE DEL SUELO			
% LIMITE LIQUIDO:	29	% DE GRAVAS:	57
% LIMITE PLASTICO:	24	% DE ARENAS:	32
% IND. PLASTICIDAD:	5	% DE FINOS:	11
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:	SP	AASHTO:	A-5 (1)

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
RECIPIENTE No.	26	29
MASA DEL RECIPIENTE + SUELO SECO, g	43	32
MASA DEL SUELO SECO, g	39	34

INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DE LOS SUELOS		
CILINDRO GRADUADO	CILINDRO No.1	CILINDRO No.2
LIQUIDO UTILIZADO PARA EL ENSAYO	AGUA DESTILADA	AGUA DESTILADA
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL CILINDRO GRADUADO, ml	100.0	100.0
VOLUMEN DE LA MUESTRA LEIDO EN EL CILINDRO, ml	$V_w$	$V_s$
	13.0	9.0
INDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DEL SUELO, (%)	0.00752	

EXPANSIÓN:	GRADO BAJO
------------	------------

Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.  
Este informe no es reproducible ni total ni parcial sin la autorización de INGEPARCH

OBSERVACIONES:



PROFESIONAL:

*Anell Aida Espinoza Olivares*  
**Ing. Anell Aida Espinoza Olivares**  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES  
 TÉCNICO

s cilindros.

cuando menos, 24  
cen el equilibrio

indro (Figura 132 -

nte la expresión:

[132.1]

la probeta que

la probeta que

cripción visual).

mas INV E-123,

E-181.

ndros y el valor

  
A. M. RECUAY PATANFONES  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 12345

  
Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

**.OS SUELOS**

n que sufre un  
agua.

eda conservar  
230 ± 9° F).

GRADO DE EXPANSIÓN	CONTENIDO DE COLOIDES (% MENOR DE 0.001 mm)	LÍMITE DE CONTRACCIÓN	ÍNDICE DE CONTRACCIÓN <sup>A</sup>	ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE <sup>B</sup> (%)
Bajo	< 17	> 13	< 15	< 50
Medio	12 – 27	8 – 18	15 – 30	50 – 100
Alto	18 – 37	6 – 12	30 – 60	100 – 200
Muy alto	> 27	< 10	> 60	> 200

g.

que pase el tamiz  
nan dos muestras,

, la muestra debe ser de  
a los 10 g de muestra.

la de 100 ml de

erosene y el otro

expansión en el suelo.

ene.

ve el aire atrapado

*Paul M. Recuay*  
PAUL M. RECUAY PATAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
C.P. N. 11170

*Anell Aida Espinoza*  
Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

## 4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE DE L

### 4.1 Definición

4.1.1 El índice de expansión libre es el aumento de volumen de un suelo sin restricciones externas, cuando se sumerge en agua.

### 4.2 Equipo y materiales

4.2.1 Tamiz – De 425  $\mu\text{m}$  de abertura (No. 40).

4.2.2 Horno – Termostáticamente controlado y que pueda mantener temperaturas constantes y uniformes hasta  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  ( $\pm 0.5^\circ \text{C}$ ).

4.2.3 Probetas graduadas – De 100 ml de capacidad.

4.2.4 Varilla de vidrio – Para agitar las suspensiones de suelo.

4.2.5 Balanza – Con capacidad de 500 g y sensibilidad de 0.01 g.

4.2.6 Agua destilada o desmineralizada.

4.2.7 Kerosene.

### 4.3 Procedimiento

4.3.1 De una porción de suelo completamente mezclado de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40) y recién secado al horno, se toman 10 g de cada una.

*Nota 1: En el caso de suelos altamente expansivos, como la bentonita, solo 5 g o, alternativamente, se deberá usar una probeta de 250 ml para cada muestra.*

4.3.2 Se coloca cada muestra en una probeta graduada de 100 ml de capacidad.

4.3.3 Cuidadosamente, se llena uno de los cilindros con kerosene y el otro con agua destilada, hasta la marca de 100 ml.

*Nota 2: Como el kerosene es un líquido no polar, no producirá ninguna expansión aparente.*

*Nota 3: Se puede usar tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) en lugar de kerosene.*

4.3.4 Mediante agitación con la varilla de vidrio, se remueven las burbujas de aire en los cilindros.

  
PAUL M. REJÓN PAITAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 174470

  
Anelli Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

EN LOS CILINDROS.

- 4.3.5 Se permite el asentamiento de las muestras en ambos cilindros.
- 4.3.6 Se dejan los cilindros en reposo por un lapso de, c horas, para que las muestras de suelo alcancen el volumen volumétrico.
- 4.3.7 Se anota el volumen que alcanza el suelo en cada cilindro (1).

#### 4.4 Cálculos

- 4.4.1 Se determina el índice de expansión libre (IEL) mediante la siguiente fórmula:

$$IEL = \frac{V_w - V_k}{V_k} \times 100$$

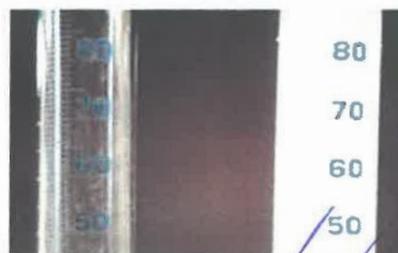
Donde:  $V_w$ : Volumen de la muestra, leído en el cilindro que contiene agua destilada;

$V_k$ : Volumen de la muestra, leído en el cilindro que contiene kerosene.

#### 4.5 Informe

- 4.5.1 El informe debe contener:

- 4.5.1.1 Identificación de la muestra (procedencia, descripción, etc.).
- 4.5.1.2 Granulometría y límites de consistencia (normas INV E-125 y INV E-126).
- 4.5.1.3 Clasificación por las normas INV E-180 e INV E-181.
- 4.5.1.4 Lecturas obtenidas en cada uno de los cilindros y el índice de expansión libre calculado.



  
PAUL M. RECAJ PATAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 73117

  
Tec. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

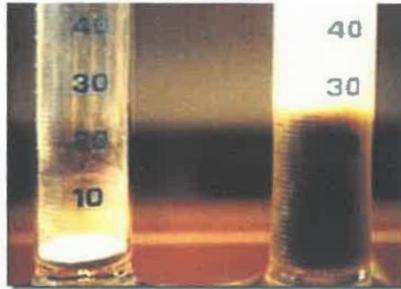


Figura 132 - 1. Volumen final de las muestras en los dos cilindros

## 5 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

PUVVADI V. SIVAPULLAIA, THALLAK G. SITHARAM & KANAKAPURA  
"Modified free swell index for clays", Geotechnical Testing Journal, v  
No. 2, pp 80–85, June 1987

A. SRIDHARAN & K. PRAKASH, "Classification procedures for expans  
Institution of Civil Engineers, 143, pp 235–240, October 2000

IS: 2720 (Part 40) 1977

  
PAUL M. REQUAY PALTAMPOMA  
INGENIERO CIVIL  
C.P. N. 11517

  
Ing. Anell Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

5

---

S. SUBBA RAO,  
GTJODJ, Vol. 10,

sive soils", Proc.



PAUL M. RECUAT PAVIANDORA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 17.447.1



Tec. Anelli Aida Espinoza Olivares  
LABORATORISTA DE SUELOS  
Y MATERIALES

PORCENTAJE DE EXPANSIÓN EN ODÓMETRO (HOLTZ Y GIBBS) <sup>c</sup>	PORCENTAJE DE EXPANSIÓN EN EDÓMETRO (SEED et al.) <sup>d</sup>
< 10	0 - 1.5
10 - 20	1.5 - 5.0
20 - 30	5 - 25
> 30	> 25

  
 PAUL M. RUCAYPA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 174370

  
 Tics. Anell Aida Espinoza Olivares  
 LABORATORISTA DE SUELOS  
 Y MATERIALES

**Anexo N°06: Panel Fotográfico**



