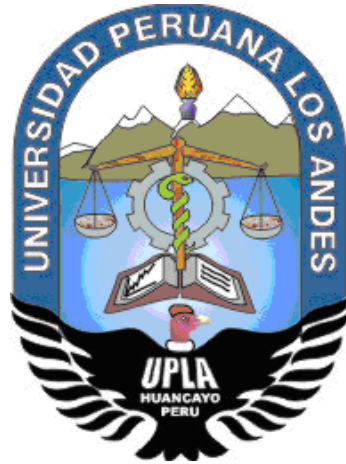


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EFFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE  
SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. Yoselin Ninanya Sánchez.**

**Línea de investigación Institucional:**

Transporte y urbanismo.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2021**

Mg. Ing. Janet Yéssica Andía Arias  
**Asesora Metodológica**

Ing. Javier Reynoso Oscanoa  
**Asesor Temático**

### **Dedicatoria**

- A mis padres por su apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

Yoselin Ninanya Sánchez.

### **Agradecimiento**

- A la Universidad Peruana Los Andes, por la dedicación para el desarrollo del curso de titulación.

Yoselin Ninanya Sánchez.



## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Casio Aurelio Torres López.  
Presidente

---

Mg Córdoba Zorrilla Nataly Lucia.  
Jurado

---

Jurado. Mg Porras Olarte Rando.  
Jurado

---

Jurado. Mg Ordoñez Camposano Vladimir.  
Jurado

---

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.  
Secretario docente

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>17</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>17</b>
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación y sistematización del problema	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Justificación	20
1.3.1. Práctica o social	20
1.3.2. Metodológica	20
1.4. Delimitaciones	21
1.4.1. Espacial	21
1.4.2. Temporal	22
1.4.3. Económica	22
1.5. Limitaciones	22
1.5.1. Económica	22
1.5.2. De información	22
1.6. Objetivos	22
1.6.1. Objetivo general	23
1.6.2. Objetivos específicos	23
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>24</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
2.1. Antecedentes	24
2.1.1. Antecedentes internacionales	24

2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.2. Marco conceptual	27
2.2.1. Generalidades de la diatomita	27
2.2.2. Suelo	31
2.2.3. Estabilización de suelos para subrasante	36
2.2.4. Propiedades físicas del suelo	39
2.2.5. Propiedades mecánicas del suelo	43
2.2.6. Subrasante	47
2.3. Definición de términos	51
2.4. Hipótesis	52
2.4.1. Hipótesis general	52
2.4.2. Hipótesis específicas	52
2.5. Variables	52
2.5.1. Definición conceptual de la variable	52
2.5.2. Definición operacional de la variable	53
2.5.3. Operacionalización de la variable	53
<b>CAPITULO III</b>	<b>54</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>54</b>
3.1. Método de investigación	54
3.2. Tipo de investigación	54
3.3. Nivel de investigación	55
3.4. Diseño de investigación	55
3.5. Población y muestra	56
3.5.1. Población	56
3.5.2. Muestra	56
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	56
3.6.1. Técnicas	56
3.6.2. Instrumentos	80
3.7. Procesamiento de la información	80
3.8. Técnicas y análisis de datos	81
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>82</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>82</b>
4.1. Efecto de la diatomita en las propiedades físicas de suelos finos	82

4.1.1. Granulometría	82
4.1.2. Limite líquido	84
4.1.3. Límite plástico	86
4.1.4. Índice de plasticidad	88
4.2. Efectos de la diatomita en las propiedades mecánicas de suelos finos	90
4.2.1. Proctor	90
4.2.2. Expansión	95
4.2.3. Índice de soporte del suelo	97
4.3. Prueba de hipótesis	100
4.3.1. Hipótesis específica A	100
4.3.2. Hipótesis específica B	102
4.3.3. Prueba de hipótesis general	103
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>104</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>104</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>109</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>110</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO N° 02: ENSAYOS EN LABORATORIO</b>	<b>117</b>
<b>ANEXO N° 03: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN</b>	<b>149</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la diatomita en diferentes países del mundo.	30
Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de las partículas.	32
Tabla 3. Número de calicatas para exploración.	38
Tabla 4. Clasificación de suelos según índice de grupo.	42
Tabla 5. Categoría de subrasante.	44
Tabla 6. Operacionalización de las variables.	53
Tabla 7. Diseño de la investigación.	55
Tabla 8. Muestreo del suelo.	56
Tabla 9. Cantidad de muestras de ensayo para el ensayo de granulometría.	62
Tabla 10. Relación de tamices para el ensayo de granulometría.	62
Tabla 11. Cantidad de suelo necesario para el ensayo del contenido de humedad.	64
Tabla 12. Rango aceptable para los valores del límite plástico.	70
Tabla 13. Puntos de anotación de datos en el ensayo de CBR.	79
Tabla 14. Variación de la granulometría con concentraciones de diatomita.	82
Tabla 15. Variación de la clasificación de suelo con diferentes concentraciones de diatomita.	83
Tabla 16. Variación del límite líquido con diferentes concentraciones de diatomita.	84
Tabla 17. Variación del límite plástico con diferentes concentraciones de diatomita.	86
Tabla 18. Variación del índice de plasticidad con diferentes concentraciones de diatomita.	89
Tabla 19. Contenido de humedad y densidad del suelo en diferentes concentraciones.	91
Tabla 20. Contenido de humedad y densidad del suelo en diferentes concentraciones.	92
Tabla 21. Variación de la máxima densidad seca del suelo con diferentes proporciones de diatomita.	94
Tabla 22. Variación de la máxima densidad seca del suelo con diferentes proporciones de diatomita.	96

Tabla 23. Variación del índice de CBR al 95 % de la máxima densidad seca del suelo.	97
Tabla 24. Variación del índice de CBR al 100 % de la máxima densidad seca del suelo.	99
Tabla 25. Interpretación de valor R de Pearson.	100
Tabla 25. Prueba de hipótesis específica A.	101
Tabla 25. Prueba de hipótesis específica B.	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista de la zona de estudio.	18
Figura 2. Vista de las fallas de la vía en la zona de estudio.	18
Figura 3. Calicata en la zona de estudio en la que observa la presencia del tipo de suelo fino.	19
Figura 4. Ubicación nacional de la zona de estudio.	21
Figura 5. Ubicación distrital de la zona de trabajo.	22
Figura 6. Tipos de frústulas de diatomeas.	28
Figura 7. Yacimientos de diatomita en el Perú.	29
Figura 8. Suelo arcilloso.	33
Figura 9. Minerales que constituyen la arcilla.	33
Figura 10. Identificación de las arcillas mediante la carta de plasticidad.	34
Figura 11. Máquina para determinar el CBR.	45
Figura 12. Curva de compactación.	46
Figura 13. Tipos de curva de compactación.	47
Figura 14. Esquema de los esfuerzos en la subrasante.	51
Figura 15. Procesamiento de la diatomita.	58
Figura 16. Recolección de muestras de campo.	60
Figura 17. Cuarteo de la muestra de suelo recolectada en campo.	60
Figura 18. Proceso de tamizaje en laboratorio.	63
Figura 19. Aparato manual para límite líquido.	66
Figura 20. Estado del suelo antes y después de la prueba de Casagrande.	67
Figura 21. Vista de la muestra de suelo para la determinación del límite líquido.	68
Figura 22. Preparación de la copa de Casagrande para la determinación del límite líquido.	68
Figura 23. Preparación de muestras para determinar el límite plástico.	71
Figura 24. Ejecución del ensayo del límite plástico.	71
Figura 25. Molde para el ensayo de CBR de 4 pulgadas de diámetro.	73
Figura 26. Molde para el ensayo de CBR de 4 pulgadas de diámetro.	73
Figura 27. Primera capa de compactación en el ensayo de Proctor.	75

Figura 28. Medición de la expansión del suelo.	79
Figura 29. Preparación de la muestra para el ensayo de CBR.	80
Figura 30. Variación de la granulometría al incrementar diatomita en el suelo.	83
Figura 31. Variación del límite líquido al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.	85
Figura 32. Variación porcentual del límite líquido al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.	86
Figura 33. Variación del límite plástico al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.	87
Figura 34. Variación porcentual del límite plástico al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.	88
Figura 35. Variación del índice de plasticidad al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.	89
Figura 36. Variación porcentual del índice de plasticidad al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.	90
Figura 37. Curvas contenido de humedad – densidad seca.	91
Figura 38. Variación del óptimo contenido de humedad.	92
Figura 39. Variación porcentual del óptimo contenido de humedad.	93
Figura 40. Variación de la máxima densidad seca.	94
Figura 41. Variación porcentual de la máxima densidad seca.	95
Figura 42. Variación de la expansión del suelo compactado con adiciones de diatomita.	96
Figura 43. Variación del índice de CBR al 95 % en el suelo.	98
Figura 45. Variación del índice de CBR al 100 % en el suelo.	99



## RESUMEN

En la presente investigación el problema general fue: ¿Cuál es el efecto de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante?, el objetivo general fue: Evaluar el efecto de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante y la hipótesis general que se verificó fue: La utilización de la diatomita mejora la estabilización de suelos finos para subrasante.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue descriptivo - explicativo y el diseño fue experimental. La población estuvo conformada por 285 kg de suelo obtenida de la vía JU-790 del Anexo de Santo Domingo de Cachi, distrito de Yanacancha – Chupaca – Junín; no se utilizó una técnica de muestreo, sino el censo debido a que se consideró toda la población.

Como conclusión se obtuvo que, la utilización de la diatomita mejora la estabilización de suelos finos para subrasante, pues al considerar el 3 %, 6 %, 9 % y 12 % respecto al peso del suelo se observó mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas.

**Palabras clave:** Diatomita, suelo fino, estabilización, subrasante.

## **ABSTRACT**

In the present research the general problem was: What is the effect of diatomite in the stabilization of fine soils for subgrade, the general objective was: To evaluate the effect of diatomite in the stabilization of fine soils for subgrade and the general hypothesis that was verified was: The use of diatomite improves the stabilization of fine soils for subgrade.

The general research method was scientific, the type of research was applied, the level of research was descriptive-explanatory and the design was experimental. The population consisted of 285 kg of soil obtained from the JU-790 road in the Annex of Santo Domingo de Cachi, district of Yanacancha - Chupaca - Junín; a sampling technique was not used, but rather a census because the entire population was considered.

As a conclusion, it was obtained that the use of diatomite improves the stabilization of fine soils for subgrade, since when considering 3 %, 6 %, 9 % and 12 % with respect to the weight of the soil, improvements in its physical and mechanical properties were observed.

**Keywords:** Diatomite, fine soil, stabilization, subgrade.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: Efectos de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante; surge de una problemática muy común en vías pavimentadas y no pavimentadas, siendo estos los problemas que causan los suelos finos en las subrasantes; es decir que, si no existe un tratamiento adecuado, por lo general, las vías que son construidas sobre este tipo de suelos finos presentan fallas, hundimiento u otras patologías que se traducen en grandes gastos de mantenimiento y reconstrucción. Es en este contexto, la diatomita resulta un material adecuado para mejorar las principales propiedades del suelo fino para subrasante, pues se ha demostrado mediante pruebas de laboratorio que su incorporación en cantidades controladas puede mejorar el índice de plasticidad, la máxima densidad seca y por ende la capacidad de soporte (CBR); es así que, en la presente investigación se consideró como objetivo evaluar el efecto de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante, para lo cual se optó considerar la diatomita en 3 %, 6 %, 9 % y 12 % en relación al peso del suelo fino, para medir las variaciones de la granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR.

Con los resultados obtenidos se pretende mostrar un aditivo alternativo para mejorar las propiedades del suelo fino, además de dar un valor agregado al material que se encuentra en grandes cantidades en el distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca del departamento de Junín.

Para una mejor comprensión, la presente investigación se ha dividido en los siguientes capítulos:

El Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, donde se considera el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema donde se muestra el problema general y los problemas específicos, la justificación tanto práctica y metodológica, las delimitaciones de la investigación

en cuanto a lo espacial, temporal y económica, las limitaciones tanto económicas y de información, finalmente se muestra el objetivo general y objetivos específicos.

El Capítulo II: MARCO TEÓRICO, contiene las antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, el marco conceptual donde se especifica las generalidades de la diatomita, el suelo, la estabilización de suelos para subrasante, las propiedades físicas del suelo, las propiedades mecánicas del suelo y la subrasante, la definición de términos; asimismo, se tiene la hipótesis general y las hipótesis específicas, en cuanto a las variables, se consigna la definición conceptual, definición operacional y la operacionalización de las mismas.

El Capítulo III: METODOLOGÍA, consigna el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: RESULTADOS, donde se muestra lo obtenido en laboratorio tanto para las propiedades físicas y mecánicas del suelo con diatomita, asimismo, se especifica las pruebas de hipótesis específicas y general.

El Capítulo V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, en el cual se realiza la discusión de los resultados obtenidos en la investigación.

Por último, se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos donde se detalla la matriz de consistencia, los certificados de ensayos de laboratorio y los certificados de calibración de los instrumentos.

Bach. Yoselin Ninanya Sánchez.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

A nivel internacional, se consideran a las vías como el principal eje para el desarrollo económico de un país, por lo cual, según Bustamante (2016, p. 17), una carretera debe ser diseñada para soportar cargas ocasionadas por volúmenes de tráfico que circularán por ella, esto significa que la composición del pavimento debe ser diseñado para que los espesores de los materiales que lo conforman, sean óptimos. No obstante, por lo general la subrasante está conformada por suelos de baja capacidad portante, que al recibir las cargas vehiculares perjudican la infraestructura vial.

El Perú no es ajeno a esto, pues debido a su diversidad geomorfológica, existen suelos arcillosos, orgánicos y arenosos, los cuales tienen una alta probabilidad de ocasionar fallas a las estructuras que se construyan sobre ella. Lo mencionado anteriormente, también es un problema frecuente en el departamento de Junín, pues vías como la JU-108 Pariahuanca – Ojaro, sufren deterioros constantes debido a las deficientes propiedades de la subrasante y las constantes lluvias, lo cual involucra un mayor costo en el mantenimiento (Cuadros, 2017, p. 1).

A nivel local y especialmente en las vías del centro poblado Santo domingo de Cachi (ubicado en la vía JU-790), del distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca en el departamento de Junín; actualmente vienen

deteriorándose, debido a que el tipo de suelo que posee es fino. Esto viene perjudicando a los pobladores pues dificulta el normal desarrollo económico especialmente en épocas de lluvia.

Las deficiencias mencionadas se han originado principalmente a causa del incremento del tráfico; sin embargo, también se puede mencionar de manera secundaria que, los factores climáticos y la falta de mantenimiento rutinario y periódico, aceleran este deterioro, tal como se muestran en las siguientes figuras.



Figura 1. Vista de la zona de estudio.



Figura 2. Vista de las fallas de la vía en la zona de estudio.



Figura 3. Calicata en la zona de estudio en la que observa la presencia del tipo de suelo fino.

La presencia de estos suelos con deficientes propiedades físicas y mecánicas, han generado baches, ahuellamientos, hundimientos, erosiones y zonas de atascamiento; por lo que, de mantenerse estas condiciones, las vías del centro poblado Santo Domingo de Cachi, sufrirán daños cuyos costos de reparación y mantenimiento tendrán que ser elevados, además que el tránsito será de manera restringida, lo cual perjudicaría a la economía de sus pobladores.

Ante lo descrito, se ha observado que el uso de la diatomita resulta ser un elemento importante para mejorar las propiedades del suelo; pues es una roca sedimentaria silíceas de la cual se encuentra yacimientos en el distrito de Yanacancha. Esto coadyuvaría a estabilizar subrasantes que presenten baja capacidad portante, evitándose así fallas en la vía y grandes costos de mantenimiento. Por tales motivos, la presente investigación evaluó las propiedades físicas (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) y mecánicas (CBR y proctor) de la vía principal del centro poblado Santo Domingo de Cachi con la incorporación de diatomita en porcentajes de 3, 6, 9 y 12 % respecto su peso seco.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera la diatomita estabiliza las principales propiedades físicas de suelos finos para subrasante?
- b) ¿Qué efecto tiene la diatomita estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica o social**

La presente investigación buscó mejorar las propiedades de la subrasante de la vía principal del centro poblado Santo Domingo de Cachi mediante la aplicación de la diatomita, pues debido al incremento de tráfico vehicular y las deficientes propiedades del suelo, esta vía presenta fallas y baches que afectan su transitabilidad; incrementado sus costos de mantenimiento.

También se destaca que el uso de la diatomita en suelos finos logra incrementar el CBR del suelo, lo cual disminuirá las patologías que se presentan actualmente, aumentando el tiempo del mantenimiento periódico de la vía y disminuyendo los costos de su mantenimiento rutinario.

### **1.3.2. Metodológica**

En esta investigación se desarrolló una metodología que permitió conocer el proceso correcto para la adición de la diatomita en el suelo con deficientes propiedades mecánicas y físicas, con el fin de



que este suelo tratado pueda utilizarse como subrasante; además, que se estimó el porcentaje óptimo para su aplicación, lo cual podrá ser utilizado en otras investigaciones que pretendan mejorar las propiedades físicas y mecánicas de suelo de baja capacidad de soporte por medio de la utilización de diatomita, tomando como referencia lo obtenido, además que puedan realizar variaciones porcentuales distintas a lo planteado.

## 1.4. Delimitaciones

### 1.4.1. Espacial

La presente investigación se llevó a cabo en el centro poblado de Santo Domingo de Cachi que pertenece al distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca y departamento de Junín; específicamente en la vía JU-790 progresiva 06+100. Es importante mencionar que el desarrollo de la tesis fue a nivel de laboratorio en la provincia de Huancayo.

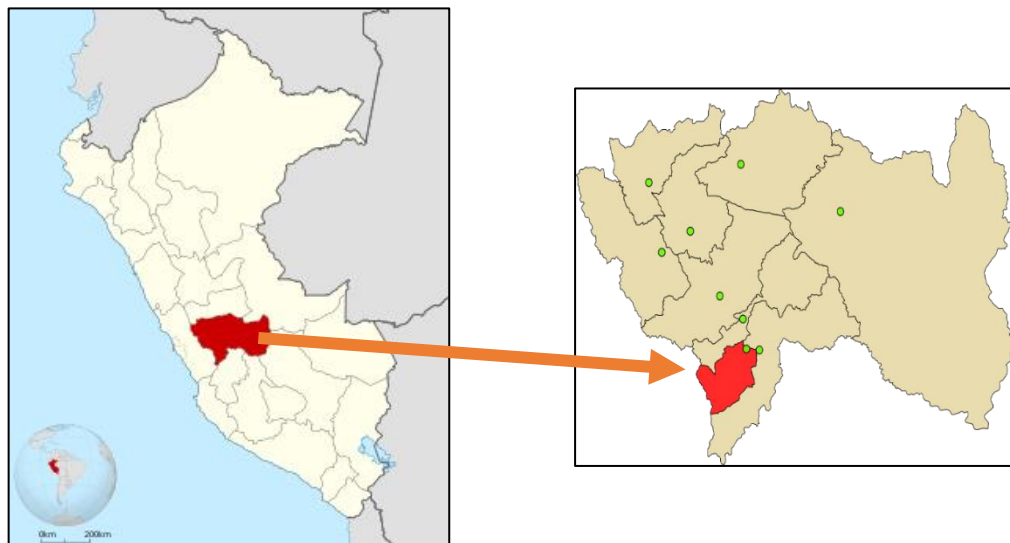


Figura 4. Ubicación nacional de la zona de estudio.

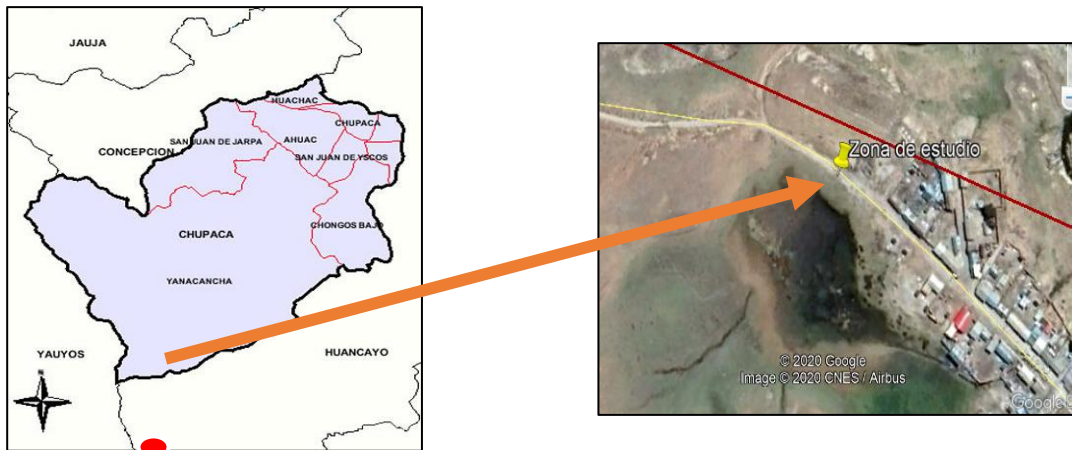


Figura 5. Ubicación distrital de la zona de trabajo.

### 1.4.2. Temporal

El desarrollo de la presente investigación fue durante los meses de junio a setiembre del año 2020.

### 1.4.3. Económica

Los gastos del desarrollo de la investigación fueron asumidos en su totalidad por la investigadora.

## 1.5. Limitaciones

### 1.5.1. Económica

La limitación económica de la presente investigación radica principalmente en que no se ha podido realizar tramos de prueba, debido que el costo de alquiler de equipos y herramientas fue mayor a lo planificado.

### 1.5.2. De información

La limitación de información presentada en el desarrollo de la presente tesis fue la falta de información referente a las propiedades de la diatomita en la estabilización del suelo finos.

## 1.6. Objetivos

### **1.6.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Analizar la estabilización de las principales propiedades físicas de suelos finos por efecto de la diatomita para subrasante.
- b) Determinar el efecto de la diatomita en las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Caamaño (2016) en su investigación “Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente” planteó como **objetivo** principal establecer si el uso de las cenizas obtenidas de las cascarillas de arroz mejora el módulo resiliente de un suelo blando. Para cumplir lo propuesto estableció una **metodología** basada en una investigación experimental que consistió en adicionar cenizas de cascarilla de arroz en proporciones de 2 %, 4 % y 6 % a una muestra patrón; también realizó los siguientes ensayos de laboratorio: granulometría (por tamizado e hidrometría), límites de Atterberg (índice de plasticidad, límite plástico y límite líquido), gravedad específica, el ensayo de compactación mediante la técnica de Proctor modificado para determinar la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad; y finalmente el ensayo de CBR. Los **resultados** que obtuvo demuestran que existe un incremento del CBR en más del 100 % cuando se considera una concentración de ceniza del 4 %, lo que implica que la ceniza se comporta como un material cementante; este mismo comportamiento presenta el módulo de resiliencia, pues

crece hasta una concentración del 4 %, después tiende a disminuir su valor. Como **conclusión**, estableció que la ceniza de cascarilla de arroz resulta ser un material económico, sustentable y de un impacto ambiental positivo. Es preciso señalar que si bien este antecedente no refiere a la diatomita; el alto contenido de sílice en su composición hace que se esperen comportamientos similares, cuando se utilice la diatomita.

Alzate y Duque (2019) en su investigación “Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden” plantearon como **objetivo** establecer si la adición de cemento en proporciones del 7 %, 10 % y 13 % modifican las propiedades de un suelo arcilloso; para ello propusieron una **metodología** basada en una investigación experimental – descriptiva que estuvo conformado por cuatro etapas, la primera consistió en la recolección de muestras de campo, la segunda en la caracterización física y mecánica del material, para ello consideró realizar los ensayos de granulometría, límites de Atterberg (límite líquido, plástico e índice de plasticidad), Proctor modificado y resistencia del suelo según lo establece el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). La tercera etapa consistió en la elaboración de testigos suelo – cemento; para finalmente comparar todos los valores obtenidos con un suelo patrón, y así poder determinar si existe alguna variación significativa y obtener una dosificación óptima. Los **resultados** muestran que al utilizar una proporción de cemento del 13 % se logra mejorar la capacidad del suelo, a pesar que se ha considerado contenidos de humedades naturales del 45 %, 40 % y 40 % para las calicatas 1, 2 y 3 respectivamente. Otro aspecto importante que lograron determinar fue, que el índice de plasticidad no debe superar el 30 % cuando se trabaje con suelo que pasen el tamiz N° 200 en una proporción 3.5 al 5 %. Como **conclusión** establecieron que el incremento de las propiedades del suelo se debe en gran medida a que el cemento es

un material que se adhiere y envuelve las partículas, lo que genera mayor impermeabilidad en el suelo, disminuyendo así los poros del suelo y por ende las variaciones volumétricas. Aunque el material estabilizador no es la diatomita, el procedimiento y los ensayos utilizados serán de gran importancia para guiar la presente tesis.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Baldeón (2019) en su investigación “Análisis del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante” tuvo como **objetivo principal** analizar los resultados de aplicar la arena de sílice para estabilizar la subrasante de la carretera Chupuro – Vista Alegre la cual se ubica en el departamento de Junín; para esto consideraron una **metodología** basada en el método científico, con un nivel descriptivo – explicativo y un diseño cuasi experimental, por lo cual obtuvo muestras de las progresivas 20+940, 21+940 y 21+115; con las que en laboratorio realizó los siguientes ensayos: granulometría, humedad natural, límites de Atterberg, proctor modificado y la capacidad de soporte. Además, combinó la arena de sílice con el material extraído en proporciones del 10, 20, 30, 40, 50 y 60 % respecto al peso de las muestras; a los que también realizó los ensayos ya descritos. Como **resultados** obtuvo que, que el índice de plasticidad del material extraído disminuye a medida que se le incorpore mayor cantidad de la arena de sílice, además que, la máxima densidad seca y la capacidad de soporte (CBR al 95 %) se incrementan de 1.77 g/cm<sup>3</sup> hasta 1.954 g/cm<sup>3</sup>, y de 2.80 % a 15.5 % respectivamente, si se considera un porcentaje del 50 % de arena de sílice. Como **conclusión** estableció que la arena de sílice tiene resultados positivos en la estabilización de subrasantes que tengan baja capacidad portante. También es importante resaltar que este material es muy parecido a la diatomita en su composición, por lo que se espera similares resultados en la presente tesis.

Carrión (2016) en su tesis “Capacidad portante (CBR) de un suelo a ser utilizado como material de base adicionando diatomita, Cajamarca 2016”, planteó como **objetivo principal** establecer, como la diatomita modifica el CBR de un suelo granular que fue utilizado como material de base; por ello consideraron una **metodología** basada en una investigación de nivel explicativa y nivel experimental que consistió en realizar al material extraído, los ensayos que la norma establece: granulometría, límite líquido, límite plástico, abrasión de los ángeles, equivalente de arena, etc. y en especial la capacidad de soporte. Al material extraído los combinó con diatomita en proporciones del 5, 10, 15 y 20 % respecto del peso, para finalmente realizar los mismos ensayos que al material inicial. Los **resultados** que obtuvo demuestran que la granulometría, y los límites de Atterberg no sufrieron una gran variación, debido a que la base está conformada por material granular, sin embargo, si existió un incremento del 25.36 % de la capacidad de soporte de la base. Como **conclusión** obtuvo que la inclusión de diatomita en las bases granulares mejoran significativamente sus propiedades cuando se considera una dosificación del 15 % respecto del peso del suelo.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Generalidades de la diatomita

Es una roca sedimentaria silíceo de grano fino, compuesto principalmente por acumulación de frústulas de organismos unicelulares llamadas diatomeas, las cuales forman una roca permeable y ligera. El hábitat de estos organismos son el agua dulce y las aguas salubres, donde el agua contiene sílice y nutrientes. En estado seco son muy ligeras y tienen la capacidad de absorber y mantener una buena cantidad de líquidos (Urday, 2015, p. 56).

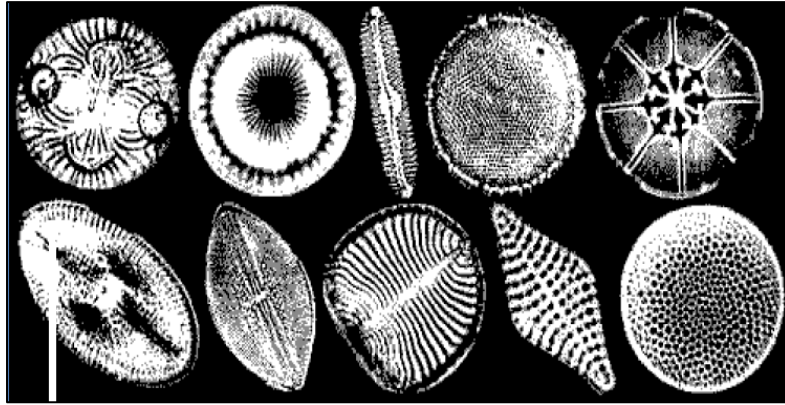


Figura 6. Tipos de frústulas de diatomeas.  
Fuente: Urday (2015).

Según Urday (2015, p. 56), las características y propiedades físicas principales de las diatomitas son:

- Por lo general presentan un color (estado más puro), pudiendo ser también de color rosa (calcinado) o gris (sin calcinar).
- Tienen baja densidad.
- Alta porosidad.
- Poseen capacidad abrasiva suave.
- Contiene un peso específico promedio de  $2 \text{ kg/cm}^3$ .
- Son químicamente inerte.
- Poseen alta resistencia a la temperatura.

#### a. Diatomita en el Perú

En el Perú recién se está comenzando con la explotación de este producto, debido a la falta de conocimientos para su procesamiento, actualmente se extraen por métodos manuales y molienda, utilizado mayormente en el sector del aislante (Urday, 2015, p. 59).



Según Urday (2015, p. 59) se tiene la localización geográfica de cuencas sedimentarias marinas, como también en regiones interandinas. Los depósitos conocidos son:

- Piura: Bayóvar.
- Ica – Pisco: Ocucaje.
- Arequipa: Tarucani, Polobaya y Chiguata.
- Ayacucho: Quicapata, Tambillos y Quinua.
- Junín: Concepción y Yanacancha.

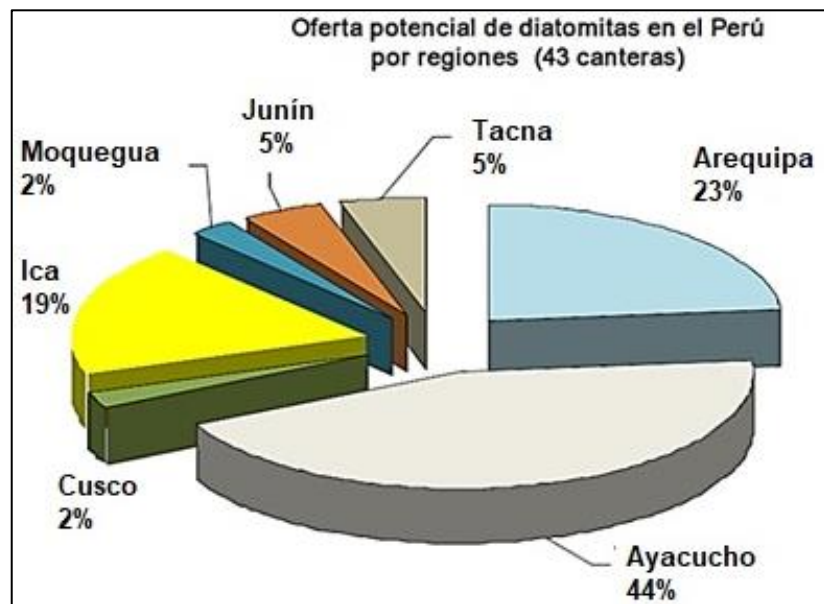


Figura 7. Yacimientos de diatomita en el Perú.  
Fuente: Urday (2015).

#### b. Propiedades de la diatomita

Según Flores (2015, p. 22) las principales propiedades que posee la diatomita son las siguientes:

- Tiene un aspecto macroscópico.
- Si posee alta pureza es de color blanco.
- Posee alta porosidad.

- Su densidad es muy baja.
- Alta capacidad para absorber líquidos.
- Son resistentes a altas temperaturas.
- Posee un peso específico de 2.0 ton/m<sup>3</sup>.
- Su índice de refracción oscila entre 1.4 a 1.6.
- La dureza de acuerdo a Mohs está entre 4.5 a 5.
- El pH es de aproximadamente 7.0.

c. Composición química

Según Flores (2015, p. 23) la diatomita presenta en su composición una alta concentración (68 % - 92 %) de sílice, sin embargo, existe presencia de otros elementos tales como: hierro, calcio, aluminio, titanio, entre otros. Cabe mencionar que, al encontrarse a la intemperie, junto a la diatomita puede encontrarse algunos elementos biogénicos como restos de esponjas, sílice – flagelados, resto de plantas, etc.

Tabla 1. Composición de la diatomita en diferentes países del mundo.

Compuesto	USA	España	México
	Nevada	Albacete	Jalisco
SiO <sub>2</sub>	89.92	88.6	91.2
AlO <sub>3</sub>	2.32	0.62	3.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.84	0.2	0.7
TiO <sub>2</sub>	0.11	0.05	0.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	-	0.05
CaO	0.44	3	0.19
MgO	0.47	0.81	0.42
Na <sub>2</sub> O	0.67	0.5	0.13
K <sub>2</sub> O	0.19	0.39	0.24
PPC	5.4	5.2	3.6
Total	100.37	99.37	99.89

Fuente: Flores (2015).

#### d. Usos y aplicación de la diatomita

Para Flores (2015, p. 24), el uso principal de la diatomita es el de catálisis de varios elementos químicos que se encuentran en la tierra, sin embargo, también actúa como promotor de reacciones en la ruptura de emulsiones, en procesos de asentamiento, entre otros.

Por tales razones Flores (2015, p. 24) menciona que sus principales aplicaciones son:

- Desinfectantes químicos.
- Cartuchos de dinamitas.
- Limpiadores industriales de pisos.
- Empaques y despacho de materiales líquidos.

#### **2.2.2. Suelo**

Los suelos están compuestos por cuatro principales componentes, que son: agua, aire, materia orgánica y mineral. Los componentes orgánicos y minerales están compuestos por pequeñas cantidades de roca y minerales de diferentes clases, como la grava, arena, arena y arcilla (Chicaiza y Oña, 2018).

Para Velásquez (2018, p. 22) el término suelo se puede comprender como una capa delgada sobre la corteza terrestre, la cual se origina de la desintegración física-química de las rocas.

De acuerdo Velásquez (2018, p. 22), esta se puede clasificar en base a la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de las partículas.

Tipo de material	Tamaño de las partículas	
Grava	75 mm - 4.75 mm	
Arena	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media	2.00 mm - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	menor a 0.005 mm

Fuente: Velásquez (2018).

#### a. Suelos finos

Los suelos finos, pueden considerarse a aquellos suelos cuyo diámetro medio de partículas sea menor a 0.075 mm, en los que se encuentre los limos y principalmente las arcillas. Los agentes de descomposición química generan las arcillas, a partir de numerosos minerales, principalmente de los silicatos presentes en las rocas ígneas y metamórficas. Su comportamiento mecánico depende de su estructura y constitución mineralógica en particular (Velásquez, 2018, p. 21).

Generalmente, los suelos cohesivos como las arcillas, tienen una gran superficie específica, por consecuencia, poseen la capacidad de absorber gran cantidad de agua, lo que genera las variaciones de volumen generadas por la variación de la humedad, además, este tipo de suelo se hinchan y se contraen, reduciendo la capacidad portante (Velásquez, 2018, p. 21).

Las arcillas están conformadas principalmente por silicatos de aluminio; además resulta ser pegajoso si están húmedas, y son suaves cuando está secas. El tamaño de sus partículas es de alrededor de 0.005 mm de diámetro, por lo que tiene una consistencia plástica (López & Ortiz, 2018, p. 31).

Las arcillas son suelos impermeables, dado que retiene el paso del aire y el agua, por lo que propicia que este tipo de suelo sean de

fácil estanqueidad, es por tal razón que se necesitan sistemas de drenaje o removerlos al momento de la construcción de estructuras (López & Ortiz, 2018, p. 31).



Figura 8. Suelo arcilloso.  
Fuente: López y Ortiz (2018).

#### – **Minerales que componen las arcillas**

Las arcillas están compuestas básicamente de silicatos de aluminio hidratados, además de silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados. Estos minerales presentan por lo general una estructura cristalina definida, y la disposición de sus átomos es en láminas (Velásquez, 2018, p. 21).

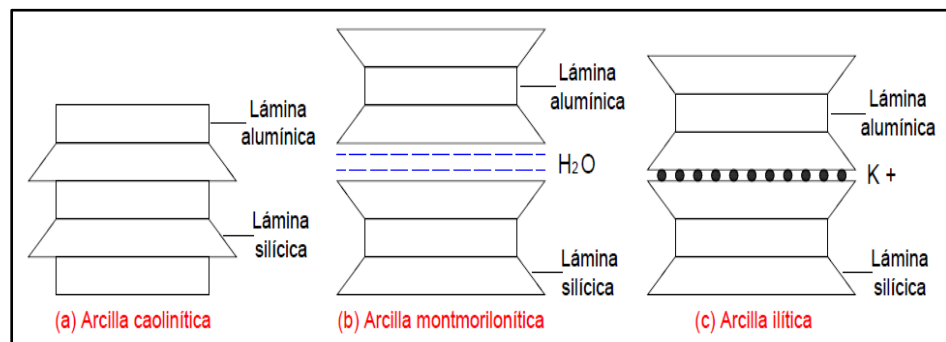


Figura 9. Minerales que constituyen la arcilla.  
Fuente: Velásquez (2018).

Las arcillas, ya sea caolinita, montmorillonita o illita , tienen un comportamiento plástico, es decir, se contraen al secarse, además son compresibles, tal que al aplicarles una carga en su superficie se comprimen lentamente (Velásquez, 2018, p. 22).

#### – Identificación de los minerales de la arcilla

Debido al tamaño de las partículas de las arcillas, no se pueden identificar mediante técnicas mineralógicas ópticas usuales, por lo que se hace uso de los rayos X, los cuales son difractados cuando el material presenta patrones regulares o repetitivos, esto permite determinar qué minerales están presentes y aproximadamente qué cantidad de cada uno de ellos (Velásquez, 2018, p. 22).

Otro método más sencillo según Velásquez (2018, p. 22) fue sugerido por Arthur Casagrande, que también brinda un alcance aproximado de la composición mineralógica de un suelo arcilloso.

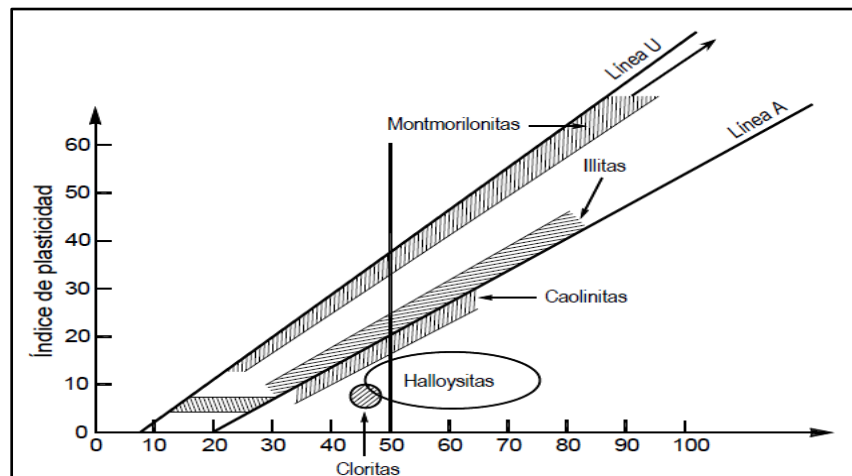


Figura 10. Identificación de las arcillas mediante la carta de plasticidad. Fuente: Velásquez (2018).

Los ensayos de límite plástico y límite líquido, se realizan con una fracción del suelo que pasa el tamiz N° 40 (0.425 mm), esta fracción de suelo puede contener arcillas, limos y algunas arenas finas. Dos arcillas que tienen el mismo índice de plasticidad, no necesariamente presentan un comportamiento similar, ya que

también dependen de sus características mineralógicas y su composición (Velásquez, 2018, p. 23).

b. Suelos granulares o arenosos

Para Cuadros, 2017 (p. 13) los suelos granulares son aquellos que no tienen cohesión, debido al tamaño de las partículas que la componen. Las principales características de este tipo de suelo es su alta resistencia ante cargas y su alta permeabilidad. Su clasificación de manera general es:

- Gravas

Son materiales que tiene su origen a partir de una roca madre fragmentada a causa de agentes atmosféricos. El diámetro promedio de las partículas, según el SUCS (Unified Soil Classification System), es en promedio de 2 mm. Estos materiales pueden ser ubicados en gran cantidad en las riberas de ríos, provenientes de montañas, razón por la cual presentan grandes desgastes de sus aristas (Cuadros, 2017, p. 14).

- Arenas

Son materiales compuestos por granos finos, las cuales son obtenidas de manera natural por agentes externos o mediante procesos mecánicos. Su tamaño varía de 2 mm a 0.05 mm si se considera la clasificación AASTHO (Asociación Americana de oficiales de carreteras estatales y transportes), o de 4.75 mm a 0.075 mm si se toma en cuenta la clasificación SUCS (Cuadros, 2017, p. 14).

Las arenas generalmente pueden ser encontradas en las orillas de ríos, sin embargo, esta tiene la presencia de impurezas. A comparación de las arcillas, estas no son plásticas, por lo que ante

la acción de cargas se comprimen instantáneamente (Cuadros, 2017, p. 14).

### **2.2.3. Estabilización de suelos para subrasante**

La estabilización de los suelos es el proceso por el cual se mejoran las propiedades físicas del suelo mediante procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Este proceso es necesario en suelos de subrasante inadecuado o pobre, los materiales usados pueden ser cemento, cal, asfalto u otros productos (López & Ortiz, 2018, p. 27).

Según López y Ortiz (2018, p. 27) cuando los suelos no presentan las condiciones necesarias para tomar decisiones, como se menciona a continuación:

- Aceptar el material a se usará en los proyectos viales, teniendo en consideración las restricciones respecto a la calidad.
- Descartar el material que no cumpla con los requerimientos del proyecto o no presente las características adecuadas.
- Mejorar las propiedades del material existente, de manera que cumpla con los requisitos deseados.

#### **a. Tipos de estabilización de suelos para subrasante**

Según López y Ortiz (2018, p. 28) los tipos de estabilización son:

- Estabilización por medios mecánicos

Es el proceso de estabilización por compactación, este método es usado cuando la materia prima es el suelo, generalmente cuando se realiza mezclas de suelo con el fin de mejorar las propiedades físicas del suelo (López & Ortiz, 2018, p. 28).



Mediante la compactación se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo, por lo que este método no cambia su estructura ni su composición básica (López & Ortiz, 2018, p. 28).

- Estabilización por combinación de suelo

Es el proceso en el cual se considera la mezcla de dos o más materiales con la finalidad de obtener un material con mejores propiedades, los materiales empleados en la mezcla deben ser preferentemente de materiales de cantera (López & Ortiz, 2018, p. 28).

- Estabilización por medios electrónicos

Este proceso consiste en la estabilización de suelos por los métodos de electroósmosis o mediante pilotes electro metálicos (López & Ortiz, 2018, p. 28).

- Estabilización por medios químicos

Este proceso se realiza mediante la adición de agentes estabilizantes como el cemento, cal, asfalto u otros agentes químicos (López & Ortiz, 2018, p. 28).

El uso de cada uno de los agentes estabilizantes dependerá de las propiedades y la composición de cada tipo de suelo.

- b. Caracterización de la subrasante

Con el fin obtener la caracterización física-mecánica de los materiales que componen la subrasante, se debe llevar a cabo excavaciones con una profundidad mínima de 1.5 m; la cantidad de pozos exploratorios está en función de la Tabla 3, según lo especifica el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2014, p. 27).

Las calicatas deben ubicarse de forma alternada y en toda la longitud de la calzada a distancias similares, según lo especifica el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2014).

En el caso de que la vía estudiada presente longitudes entre 500 y 1 000 m, se deberá considerar la cantidad de calicatas especificadas para un kilómetro; sin embargo, si la longitud de estudio es menor a 500 m, la cantidad de calicatas puede disminuirse a la mitad de lo especificado en la Tabla 3, tal como lo recomienda el Ministerio de Transporte y comunicaciones (MTC, 2014, p. 27).

Cabe resaltar que el número de calicatas dependerá de que el tipo de suelo, topografía y fisiografía del terreno sean relativamente constantes; por lo que si hay variaciones considerables, se debe agregar la cantidad de calicatas programadas, según lo especifica el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2014, p. 27).

Tabla 3. Número de calicatas para exploración.

Tipo de vía	Profundidad (m)	Nº de calicatas
Vías con: IMD >6000 veh/día	1.50 m respecto al nivel de subrasante	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Vías con: 4000< IMD<6000 veh/día	1.50 m respecto al nivel de subrasante	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Vías con: 2001< IMD<4000 veh/día	1.50 m respecto al nivel de subrasante	- 4 calicatas x km.

Fuente: adaptado del manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014).

Continuación de la Tabla 3.

Tipo de vía	Profundidad (m)	Nº de calicatas
Vías con: 400 < IMD < 2000 veh/día	1.50 m respecto al nivel de subrasante	- 3 calicatas x km.
Vías con: 201 < IMD < 400 veh/día	1.50 m respecto al nivel de subrasante	- 2 calicatas x km.
Vías con: 200 > IMD veh/día	1.50 m respecto al nivel de subrasante	- 1 calicatas x km.

Fuente: adaptado del manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014).

Los suelos que estén debajo de la subrasante hasta una profundidad no menor a 0.60 m, deberán ser suelos estables, es decir con CBR mayor a 6%. Si estos suelos tienen un valor menor a lo mencionado, corresponderá estabilizarlos; mediante procedimientos, mecánicos, de reemplazo, elementos químicos, geosintéticos, elevación de la rasante o cambio de trazo; es decir, tomando en cuenta la mejor solución técnica y económica (MTC, 2014, p. 27).

#### 2.2.4. Propiedades físicas del suelo

##### a) Índice de plasticidad

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, además determina el rango de humedad en el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, un índice de plasticidad bajo, indica que, ante un incremento mínimo de la humedad del suelo, lo convierte de estado semisólido a estado líquido, por el contrario, cuando el suelo tiene un índice de plasticidad alto, indica que es necesario una buena cantidad de agua para convertir el suelo de estado semisólido a estado líquido. El índice de plasticidad determina el rango del campo plástico de un suelo (Llamoga, 2017, p. 33).

$$I_p = LL - LP \quad (1)$$

Donde: LL: Límite líquido; LP: Límite plástico.

## b) Límites de consistencia de Atterberg

Límite líquido (LL): De acuerdo a Llamoga (2017, p. 33) es el contenido de humedad en el cual el suelo se comporta como un material plástico, para determinar su valor se realiza un procedimiento normalizado en un laboratorio, que consiste en mezclar el suelo con agua, de manera que pueda ser moldeada, después se deposita en la cuchara de Casagrande para someterla a una serie de golpes contra la base del equipo, hasta que la abertura previamente realizada se cierre en una longitud de 12 mm (1/2").

$$LL = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad (2)$$

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

Límite plástico (LP): Según Llamoga (2017, p. 34), es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo – agua se encuentra en estado plástico, el procedimiento normalizado para su desarrollo consiste en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo con un diámetro aproximado de 3 mm, el amasado de la mezcla suelo y agua se realiza entre los dedos y una superficie inerte (vidrio).

$$LP = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100 \quad (3)$$

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.

Límite de contracción (Lc): Este límite se presenta cuando una pérdida de humedad no ocasiona un cambio de volumen, también es considerado como el contenido de humedad entre los estados de

consistencia semisólido y sólido. El procedimiento consiste en secar una porción de suelo a una temperatura de 105 °C, teniendo en cuenta la humedad inicial y el volumen inicial, para determinar la humedad perdida (Llamoga, 2017, p. 34).

$$Lc = W - \frac{(V_h - V_s)D_w}{P_s} \times 100 \quad (4)$$

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.

c) Clasificación de suelos

- Clasificación AASHTO

Para Llamoga (2017, p. 35), mediante esta clasificación, los suelos se dividen en dos grupos, el primero grupo lo componen los suelos granulares mientras que en el otro grupo se encuentran los suelos finos. Los grupos se representan mediante letras mayúsculas y números que van del A - 1 al A - 8, de los cuales, del A - 1 al A - 7 lo componen los suelos granulares, que se dividen en un total de doce subgrupos, los suelos que contienen gran cantidad de materia orgánica se clasifican como A - 8.

**Suelos granulares:** Según Llamoga (2017, p. 35) son los suelos que tienen 35 % o menos, del material fino pasante de la malla N° 200. Este tipo de suelo está conformado por los grupos A - 1 (A -1a, A - 2b); A - 2 (A - 2 - 4, A - 2 - 5, A - 2 - 6, A - 2 - 7) y A - 3.

**Suelos finos:** De acuerdo a Llamoga (2017, p. 37) son los suelos que contienen más del 35 % del material pasante de la malla N° 200. Los grupos considerados en este tipo de suelo son A - 4, A - 5, A - 6, y A - 7.

La clasificación de un suelo depende básicamente del límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino pasante de la malla N ° 200. El índice de grupo de los suelos granulares varía de 0 a 4, para los suelos limosos varía de 8 a 12 y para los suelos arcillosos varía de 11 a 20 o más Llamoga (2017, p. 37).

Tabla 4. Clasificación de suelos según índice de grupo.

Índice de grupo	Suelo de subrasante
IG>9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC,2013).

#### - Clasificación SUCS

Esta clasificación, según menciona Llamoga (2017), divide los suelos en: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos.

Los suelos de grano fino y grueso se diferencian mediante el tamizado por la malla N° 200, si más del 50 % son retenidas en dicha malla, son suelos de grano grueso, pero si más del 50 % son pasantes en dicha malla son suelos de grano fino. Los grupos se simbolizan con letras mayúsculas, compuestas por un prefijo y un sufijo, los prefijos indican el nombre del grupo del suelo principal, mientras que el sufijo indica las subdivisiones de dicho grupo (Llamoga, 2017, p. 39).

**Suelos gruesos:** Estos suelos se dividen en gravas y arenas, se diferencian mediante el tamizado de la malla N° 4, si más del 50 % es retenido en dicho tamiz pertenecerá al grupo de las gravas, si en caso el porcentaje es menor pertenecerá al grupo de las arenas (Llamoga, 2017, p. 39).

**Suelos finos:** Este tipo de suelo se dividen en tres grupos principales: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (CL) y limos y arcillas orgánicas (O). Estos grupos a la vez se subdividen mediante el límite líquido, si el límite líquido es menor al 50 % se añade al símbolo general la letra L, si es mayor al 50 % se añade la letra H (Llamoga, 2017, p. 41).

### **2.2.5. Propiedades mecánicas del suelo**

#### a) California bearing ratio (CBR)

De acuerdo a Velásquez (2018, p. 31) es un índice semiempírico de las propiedades de resistencia y deformación que posee un suelo; este valor se interrelaciona con los pavimentos, tanto así que es necesario para establecer su espesor.

También es dable mencionar que para otros investigadores es un método muy conservador, pues el hecho de saturar la muestra, modifica significativamente la resistencia, aunque es una manera de asegurar el peor de los casos en el que se pueda encontrar una vía (Velásquez, 2018, p. 31).

Para López y Ortiz (2018, p. 32) el valor del CBR es la carga unitaria correspondiente a 0.1" o 0.2" de penetración, expresado en porcentajes, este ensayo define el número de la relación de soporte, que no es constante, ya que depende de las condiciones a las que se realizó el ensayo.

El número de CBR es calculado mediante la relación de la carga unitaria que es necesaria para realizar una profundidad de penetración del pistón dentro de la muestra compactada, teniendo en cuenta el contenido de humedad y densidad obtenidas de la carga unitaria patrón requerida para obtener una misma profundidad de

penetración en una muestra estándar del mismo material (López & Ortiz, 2018, p. 33).

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC (2014, p. 35), el valor de CBR es muy importante en los pavimentos, ya que define las características físicas del suelo de la subrasante sobre la cual se colocará su estructura.

Tabla 5. Categoría de subrasante.

Categoría de la subrasante	CBR
S0: Subrasante inadecuada	$CBR < 3 \%$
S1: Subrasante insuficiente	$3 \% \leq CBR < 6 \%$
S2: Subrasante regular	$6 \% \leq CBR < 10 \%$
S3: Subrasante buena	$10 \% \leq CBR < 20 \%$
S4: Subrasante muy buena	$20 \% \leq CBR < 30 \%$
S5: Subrasante excelente	$CBR \geq 30 \%$

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC (2014, p. 35) .

Para determinar este parámetro es necesario seguir las indicaciones establecidas en el ensayo normalizado MTC E 132. Para ello se debe seguir el siguiente procedimiento, una vez se tenga establecido el tipo de suelo, con cualquiera de las metodologías conocidas (SUCS o AASHTO), se procede a determinar el perfil estratigráfico del suelo; con ello se procede a realizar el ensayo Proctor para establecer su máxima densidad seca a un óptimo contenido de humedad. Con estos valores se elaboran muestras, las cuales son sumergidas en agua por un periodo de 24 horas como mínimo; para finalmente someterlas a una carga puntual (López & Ortiz, 2018, p. 33).

De acuerdo a López y Ortiz, 2018 (p. 33) el ensayo se realiza con un instrumento previamente calibrado, en el que se va tomando lecturas de las deformaciones que se originan a medida que se incrementa la fuerza de penetración. El instrumento utilizado se muestra en la siguiente figura.





Figura 11. Máquina para determinar el CBR.  
Fuente: López y Ortiz (2018).

#### b) Compacidad del suelo

La compacidad de un suelo es un proceso para consolidar el suelo mediante la eliminación del aire, mediante un proceso mecánico que consiste en la aplicación de energía. Este procedimiento mejora varias características del suelo como la relación de vacíos, su densidad y por ende su capacidad de soporte (Chicaiza y Oña, 2018).

La compacidad según Chicaiza y Oña (2018) es muy sensible a la variación de humedad y al tipo de suelo, razón por la cual, es imprescindible su estudio en laboratorios especializados, con los cuales se pueda determinar el óptimo contenido de humedad.

- Proctor modificado

Para determinar el óptimo contenido de humedad con que se obtenga una máxima densidad, se ha ideado el ensayo propuesto por Proctor; este consiste en compactar el suelo, en un molde de aproximadamente  $964 \text{ cm}^3$ , de diferentes contenidos de humedad; con un martillo de 4.5 kg de acero; el cual es soltado a una distancia de 46 cm. Este martillo impacta al suelo con 25 golpes que es fraccionado en cinco capas, tal como recomienda la norma ASTM D 1557 (Chicaiza & Oña, 2018, p. 83).

Según Chicaiza y Oña (2018, p. 83), el fin de este ensayo es determinar la densidad seca del material en relación al contenido de humedad; formándose así una curva como la mostrada en la Figura 12.

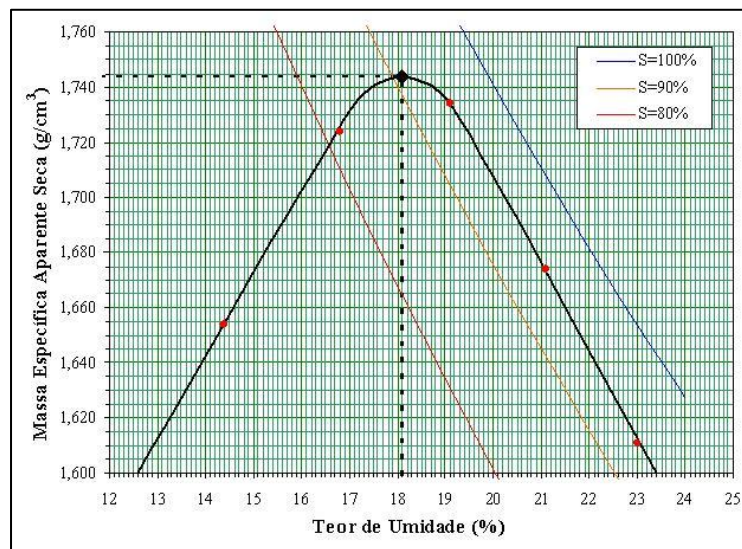


Figura 12. Curva de compactación.  
Fuente: Chicaiza y Oña (2018).

La importancia de este ensayo radica en que, una vez se determine la máxima densidad seca de un suelo con un óptimo contenido de agua, se asegura que la capacidad de soporte sea el máximo que el suelo alcanza (Chicaiza & Oña, 2018, p. 84).

Cabe mencionar que esta curva de compactación varía de acuerdo al tipo de suelo, siendo que según Braja (2015), este se clasifica en:

**Tipo A.** Posee un solo pico y el LL esta entre 30 – 70.

**Tipo B.** Posee un pico y medio y el LL es menor a 30.

**Tipo C.** Posee dos picos y el LL es menor a 30.

**Tipo D.** Son las más raras, porque no poseen un pico definido. El LL es mayor a 70.

La representación de cada tipo de curva descrita se muestra a continuación:

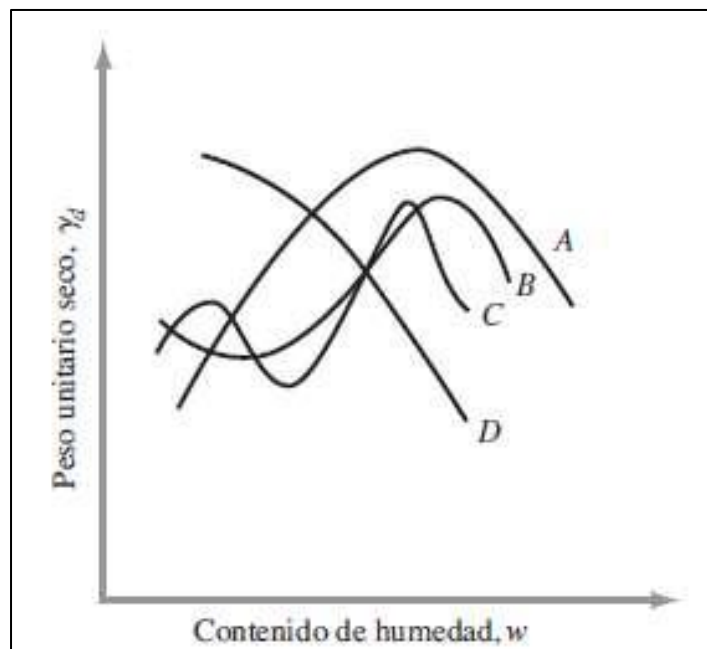


Figura 13. Tipos de curva de compactación.  
Fuente: Braja (2015).

### 2.2.6. Subrasante

La sub rasante, también conocida como explanaciones, es la superficie que se obtiene luego de remover el terreno, en donde se apoyará el pavimento, por lo que representa su principal capa de

apoyo, razón por la cual esta debe tener una adecuada resistencia y regularidad (Velásquez, 2018, p. 32).

Su conformación es variable, pudiendo ser material granular o cohesivo, sin embargo, si presenta deficiencias, puede ser reemplazada por material seleccionado o estabilizado con algún material estandarizado, que asegure un comportamiento adecuado al momento de soportar cargas de tránsito (Velásquez, 2018, p. 32).

#### a. Aspectos importantes en una subrasante

La subrasante, de acuerdo a Velásquez (2018, p. 33), es un aspecto importante para la estimación de las capas que conforman el pavimento, por lo que su estimación debe ser de manera práctica o mediante ensayos.

Velásquez (2018, p. 33) señala que asegurar una buena calidad en la subrasante disminuye los futuros gastos por reparaciones o mantenimientos no programados. Por lo cual, una adecuada subrasante debe conseguir una superficie:

- Sin muchas irregularidades, con el fin de que el pavimento sea uniforme.
- No debe tener cambios notorios de humedad.
- Que drene adecuadamente las precipitaciones que ocurran en la ejecución.
- Con una resistencia suficientemente adecuada para soportar el tráfico.

Es imprescindible mencionar que la subrasante está muy relacionada con la resistencia a la penetración que se obtiene en el ensayo CBR (Velásquez, 2018, p. 34).

#### b. Características de la subrasante

Las características que deben cumplir según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2008, p. 130) son:

- Que a una profundidad máxima de 0.60m, el CBR de una subrasante debe ser mayor a 6 %.
- Si el CBR es menor a 6 %, este debe ser estabilizada.

Con base a lo mencionado anteriormente, Velásquez (2018, p. 34) menciona que, los mejores suelos serán aquellos que: su compactación sea fácil, su resistencia a cargas sea alta, y que sea resistente a los cambios bruscos de humedad como en las zonas de por encima de 2500 m.s.n.m.

En tal sentido, los suelos adecuados para subrasante son aquellos granulares con distribución de granulométrica continua, que tiene un porcentaje de finos poco plásticos y ninguna de piedras grandes (Velásquez, 2018, p. 34).

#### c. Expansión de la subrasante

De acuerdo a Rico y Del castillos (2005, p. 38) la expansión es una propiedad muy importante a considerarse, pues estos está en contacto de manera muy frecuente con aguas subterráneas y superficiales, razón por la cual son muy susceptibles a cambios volumétricos, los cuales repercutirán en las siguientes capas del pavimento. Ante tal problemática han surgido diversas soluciones, destacando entre ellas las aplicaciones de cemento en diferentes proporciones.

#### d. Deformabilidad de la subrasante

Este es un requisito para rechazar o aceptar un material para subrasante, pues condiciona el buen comportamiento estructural del suelo (Krame et al., 2004, p. 233).

Una subrasante con alta deformabilidad, exige grandes espesores de las capas que conforman un pavimento, pues solo así se podrá lograr una adecuada distribución de las cargas de tráfico. Por tales razones los estudios que se realizan deben considerar esta propiedad, pues las repercusiones que trae consigo, resulta en un incremento económico en la etapa de mantenimiento (Krame et al., 2004, p. 233).

e. Suelos no aptos para subrasante

De acuerdo a Velásquez (2018, p. 34) se pueden rechazar los suelos para subrasante si cumplen las siguientes características:

- Presentan alta plasticidad.
- Presentan elevada cantidad de materia orgánica.
- Los suelos son evolutivos, por lo que sus propiedades se degradan rápidamente.
- Si son suelos expansivos, como las arcillas.
- Si son suelos muy heterogéneos, como algunos rellenos que son productos antropogénicos.
- Son muy erosionables.

f. Relación entre pavimento – subrasante

El diseño del pavimento se basa en el trabajo conjunto que cumple al soportar las cargas todas sus capas; por lo que cada capa debe soportar grandes esfuerzos y evitar las deformaciones elásticas excesivas (Kraemer et al., 2004, p. 234).

Ante lo mencionado, Krame et al. (2004, p. 234) menciona que, cada capa del pavimento está estrechamente relacionado con la calidad de la subrasante; pues si esta es de buena calidad lo más

probable es que, el pavimento también lo sea, lo que significa menos costos en mantenimiento y reconstrucciones. Además, es dable mencionar que la subrasante puede considerarse como la cimentación del pavimento, por lo que esta es la encargada en distribuir los esfuerzos de tráfico (ver Figura 14). Por esta razón es que el pavimento además de cumplir funciones estructurales, también debe proteger a la subrasante, para así asegurar la durabilidad global de las vías.

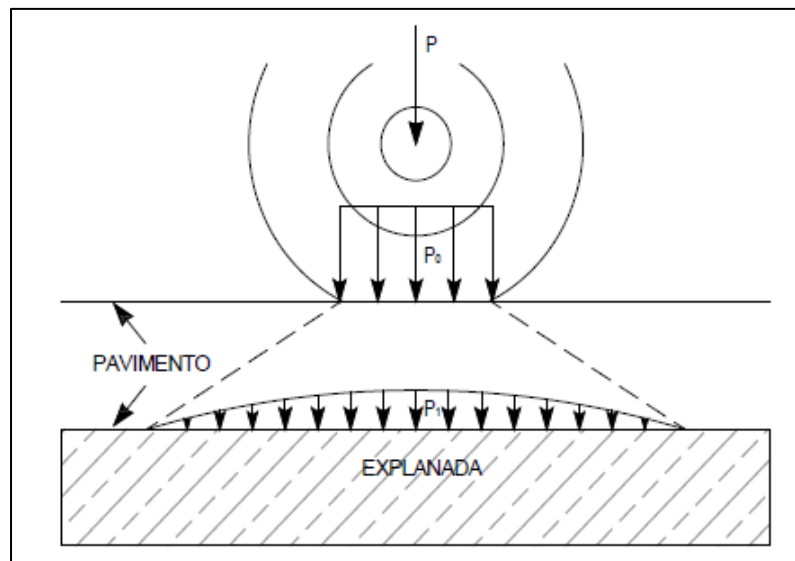


Figura 14. Esquema de los esfuerzos en la subrasante.  
Fuente: Velásquez (2018).

### 2.3. Definición de términos

**Catálisis.** - Es una propiedad de la diatomita, con la cual acelera las reacciones en tierras diatomáceas, facilitando el proceso de ruptura de emulsiones naturales y disminuyendo los asentamientos del suelo (Flores, 2015, p. 36).

**Intercambio iónico.** -Es la propiedad que la diatomita posee, y consiste en la eliminación y disminución de metales pesados en el agua; esto implica que su uso sirve como filtro de estos elementos altamente contaminantes (Flores, 2015, p. 25).

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

La utilización de la diatomita mejora la estabilización de suelos finos para subrasante.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La diatomita estabiliza las propiedades físicas de suelos finos para subrasante incrementando la consistencia, disminuyendo el índice de plasticidad y expansión.
- b) La diatomita estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante reduciendo el óptimo contenido de humedad e incrementando la máxima densidad seca y el índice de CBR al 95 % y 100 %.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

**Variable independiente (X): Diatomita.** – Es una roca sedimentaria silíceo compuesta por granos finos, producto de la acumulación de frústulas de organismos unicelulares llamados diatomeas, se caracterizan por ser permeables y ligeras, además, en estado seco tienen la capacidad de absorber y mantener gran cantidad de líquidos (Urday, 2015, p. 56).

**Variable dependiente (Y): Estabilización de suelos finos para subrasante.** – Es el proceso por el cual se busca mejorar las características de resistencia y compresibilidad, mediante la reducción de la cantidad de vacíos, utilizando métodos mecánicos, químicos y fisicoquímicos de suelos finos (López & Ortiz, 2018, p. 27).



### 2.5.2. Definición operacional de la variable

**Variable independiente (X): Diatomita.** – El análisis de los efectos que produce la diatomita en el suelo, se realizó mediante la adición de 3 %, 6 % 9 % y 12 % en peso relación al peso de la muestra de suelo.

**Variable dependiente (Y): Estabilización de suelos finos para subrasante** – Se midió mediante los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Próctor y CBR.

Del análisis de las variables realizadas en el presente estudio se ha obtenido que hay una relación entre la cantidad de diatomita y la estabilización de suelos finos para subrasante, estableciéndose sin embargo ciertas restricciones con su uso; pues proporciones superiores a las analizadas en el presente estudio puede ser perjudicial a la estabilización de la subrasante.

### 2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 6. Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente (X): Diatomita	Material que pasa la malla N° 40	3%
		6%
		9%
		12%
Variable dependiente (Y): Estabilización de suelos finos para subrasante	Propiedades físicas	Granulometría Límite líquido Límite plástico Índice de plasticidad
	Propiedades mecánicas	Proctor modificado CBR

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método de investigación fue el científico, pues este método desarrolla la investigación de manera sistemática y ordenada, a través de una serie de procedimientos para lograr los objetivos planteados.

En tal sentido, el método científico estuvo presente desde el inicio de la investigación, permitiendo definir la secuencia con la cual se determinó los efectos que produce la diatomita en suelos de baja capacidad portante de la subrasante de las vías del centro poblado Santo Domingo de Cachi, de acuerdo al método, se realizó el planteamiento del problema, la formulación de objetivos, la experimentación y finalmente se obtuvo las conclusiones.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue el aplicado, ya que considera conocimientos existentes, es decir, se busca solucionar una problemática aplicando y relacionando conocimientos verificados por investigadores anteriores; en tal sentido, la presente investigación aplicó los conocimientos de geología para conocer las características y composición de las diatomitas, además fue necesario saber el procedimiento correcto de cada uno de los ensayos que se realizó, como los límites de Atterberg y el CBR.

### 3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue el descriptivo - explicativo, debido a que este nivel permite describir y conocer las causas y los efectos de un fenómeno o hecho natural. En este sentido, la razón de la presente investigación fue establecer que efecto producen la incorporación de diatomita en las propiedades del suelo para subrasante.

### 3.4. Diseño de investigación

La investigación fue experimental, ya que este diseño permite modificar las variables de manera conveniente para lograr mejores resultados en la investigación; además que las muestras de estudio no serán obtenidas de manera aleatoria. Por lo tanto, se va variar el contenido de la diatomita en porcentajes de 3 %, 6 %, 9 % y 12 % en peso de la muestra del suelo, la diatomita será tamizada para tener una mejor mezcla con los suelos de deficientes propiedades.

Para el desarrollo de esta investigación se considerará el estudio de un suelo natural el cual será considerado como la muestra patrón; y el suelo con mezclas de diatomitas en diferentes concentraciones. Finalmente, los resultados obtenidos en ambos ensayos se compararán para resaltar las diferencias más resaltantes de ambos suelos.

Tabla 7. Diseño de la investigación.

Muestra	Condición experimental	Medición de evaluación
G <sub>1</sub>	X	O <sub>1</sub>
G <sub>2</sub>	(-)	O <sub>2</sub>

Donde:

G<sub>1</sub>: Muestra del suelo natural.

X: Concentraciones de la adición de la diatomita.

O<sub>1</sub>: Evaluación del efecto de la diatomita en la estabilización del suelo natural.

G<sub>2</sub>: Muestra del suelo natural.

O<sub>2</sub>: Evaluación de las propiedades del suelo natural.

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población correspondió al suelo en estado natural y el suelo con adición de diatomita, obtenida de la vía JU-790 del Anexo de Santo Domingo de Cachi, distrito de Yanacancha, provincia Chupaca y departamento de Junín; la cual se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 8. Muestreo del suelo.

Muestra	Peso (Kg)				
	Granulometría	Límite líquido	Límite plástico	Próctor	CBR
Patrón	2.00	1.50	1.50	22.00	30.00
MP + 3 % diatomita	2.00	1.50	1.50	22.00	30.00
MP + 6 % diatomita	2.00	1.50	1.50	22.00	30.00
MP + 9 % diatomita	2.00	1.50	1.50	22.00	30.00
MP + 12 % diatomita	2.00	1.50	1.50	22.00	30.00
Total de suelo (kg)	285.00				

En la tabla anterior se muestra la cantidad de ensayos que será necesario y la cantidad de material que demandó; dando un total de 285.00 kg de suelo aproximadamente.

#### 3.5.2. Muestra

En el desarrollo de la presente investigación no se ha utilizado una técnica de muestreo, sino el censo, puesto que se consideró el total de la población, la cual se ha mencionado anteriormente.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Técnicas

##### a) Observación directa

Esta técnica se utilizó durante la toma de muestras de la diatomita y el suelo fino, teniendo en cuenta que sus composiciones presenten una homogeneidad para garantizar mejores resultados.

También se aplicó al momento de la exploración para la obtención de muestras de suelos.

### **b) Revisión bibliografía**

Consistió en realizar consultas en libros, tesis, revistas, artículos científicos, etc., ya sea de manera impresa o virtual, con el fin de adquirir los conocimientos suficientes para desarrollar la investigación.

### **c) Trabajo en campo**

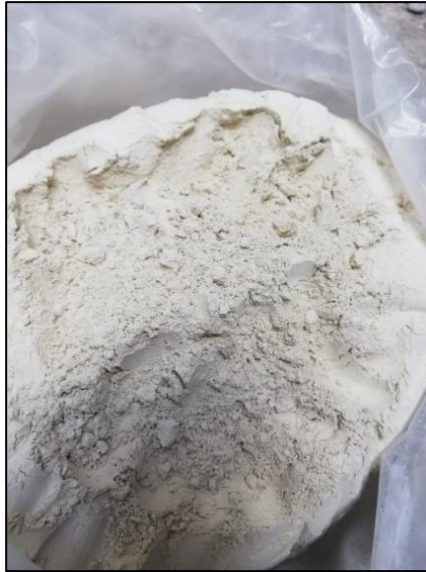
Se recolectó 25 kg de diatomita del anexo de Santo Domingo de Cachi, en el distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca, la misma que fue triturada y tamizada considerando los pasantes del tamiz N° 4, para luego ser llevada al laboratorio y la realización de los ensayos correspondientes.



Trituración de la diatomita.



Tamizado de la diatomita



Material procesado

Figura 15. Procesamiento de la diatomita.

#### **d) Pruebas estandarizadas**

Es una técnica con el cual se realizó los ensayos en laboratorio, los procedimientos están plasmados en los manuales y normas, tanto nacionales como internacionales; tales como:

- **MTC E 106.** Preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo.

#### **Objeto**

Establece el procedimiento para preparar el suelo seco, tal como se reciben de campo, el cual será utilizado para el análisis granulométrico y otros constantes del suelo.

#### **Equipos**

Para el desarrollo de este ensayo fue necesario utilizar:

- Balanza electrónica.
- Mortero con un mazo de goma, con el que se desmenuza terrones de suelo.

- Tamices según la norma NTP 350.001, y denominación de N° 4, N° 10 y N° 40.
- Cuarteador mecánico.

### **Procedimiento**

- Pesar la porción de suelo secada al aire no corregido por humedad higroscópica.
- Pasar las muestras por el tamiz N° 10 (2.00 mm).
- Las muestras pasantes son desmenuzadas mediante un mazo de caucho hasta que este material logre pasar el tamiz N° 4 (4.75 mm).
- La porción retenida, es lavada con el fin de eliminar el material fino, luego es secada para acumular el peso del material seco al granular.
- Para el análisis granulométrico, las muestras de suelos que pasan el tamiz N° 10 (12 mm), se mezclan mediante el método del cuarteo, manual o mecánico.
- Para determinar las constantes del suelo, se toma la porción remanente del tamiz N° 10 y se separa mediante con el tamiz N° 40. El material retenido se descarta, mientras que el material que pasa fue utilizado para el análisis de las constantes de suelos.



Figura 16. Recolección de muestras de campo.



Figura 17. Cuarteo de la muestra de suelo recolectada en campo.

- **NTP 339.128.** Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

### **Objeto**

Consistes en determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas del suelo.



## **Equipos y materiales**

Para el desarrollo de este ensayo fue necesario utilizar:

- Balanza electrónica.
- Estufa con temperatura uniforme.
- Tamices de malla cuadrada que incluyen los siguientes: 3" (75 mm); 2" (50.8 mm); 1 ½" (38.1 mm); 1" (25.4 mm); ¾" (19 mm); 3/8" (9.5 mm); N°4 (4.76 mm); N°10 (2 mm); N°20 (0.84 mm); N°40 (0.425 mm); N°60 (0.26 mm); N°140 (0.106 mm) y N°200 (0.075 mm).
- Envases para secar las muestras.
- Cepillos para la limpieza de tamices.

## **Muestra**

El ensayo se puede realizar con materiales de muestras enteras o con parte de ella lavada. Esta se puede determinar secando el material al horno y ejerciendo fuerza; si se desmenuza fácilmente no es necesario lavarlas.

Luego se debe realizar el ensayo en dos fracciones por separados, la primera con el material retenido en el tamiz N°4 y la otra la que pase.

La cantidad necesaria de material recomendado en este ensayo dependerá del tamaño máximo nominal, en función de la siguiente tabla:

Tabla 9. Cantidad de muestras de ensayo para el ensayo de granulometría.

Tamaño máximo Nominal	Cantidad mínima retenida en el tamiz (N°10) 2.00 mm
9.5 mm (3/8")	500 g
19 mm (3/4")	1 000 g
25.4 mm (1")	2 000 g
38 mm (1 1/2")	3 000 g
50.8 mm (2")	4 000 g
76.2 mm (3")	5 000 g

Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

Finalmente se debe comprobar los pesos, así como la pulverización de los terrones.

### Procedimiento

Se separa la muestra retenida en el tamiz N°4, usando la serie de tamices siguientes:

Tabla 10. Relación de tamices para el ensayo de granulometría.

Tamices	Abertura (mm)
3"	75
2"	50.8
1 1/2"	38.1
1"	25.4
3/4"	19
3/8"	9.5
N°4	4.76

Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

Para un adecuado trabajo de tamizaje manual, es necesario mover los tamices de un lado hacia el otro de forma circular. Esta actividad concluye cuando no pasa más del 1 % de la parte retenida por un minuto. Si se nota la retención en las mallas de material en el tamiz, se debe de limpiarlas con un cincelo cepillo y agregar su peso al material retenido. Si se emplea la tamizadora mecánica, su operación debe de por lo menos 10 minutos.

Después se toma nota de los pesos de en cada tamiz, siendo que la suma acumulada en cada tamiz no debe superar el 1 % del peso inicial de la muestra.

Los tamaños de partículas que pasen el tamiz N°4, serán realizados por tamizado o sedimentación. Mientras que si se requiere una curva granulométrica con material pasante la malla N°200 deberá de aplicarse el método del hidrómetro.



Figura 18. Proceso de tamizaje en laboratorio.

- **NTP 339.127.** Determinación del contenido de humedad de un suelo.

### **Objeto**

Consiste en los pases necesarios para determinar la cantidad de agua en el suelo.

### **Equipos**

Los equipos necesarios son:

- Horno de secado
- Balanzas.
- Recipientes metálicos.

Utensilios de manipulación para recipientes, como guantes, tenazas, etc.

### **Muestra**

Las muestras obtenidas, serán guardadas según se establece en la norma ASTM D 4220-89; el cual dependerá también del grupo de suelo. Por lo general estas muestras deben estar tapadas de manera hermética, evitándose la pérdida de humedad. Este ensayo debe realizarse lo más antes posible.

### **Procedimiento**

Se deberá separar una adecuada cantidad en base a la siguiente tabla:

Tabla 11. Cantidad de suelo necesario para el ensayo del contenido de humedad.

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100 %)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada	
		a +/- 0.1 %	a +/- 1%
2 mm o menos	2 mm (N°10)	20 g	20 g*
4.75 mm	4.760 (N°4)	100 g	20 g*
9.5 mm	9.525 mm (3/8")	500 g	50 g
19 mm	19.05 mm (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm	38.1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75 mm	76.2 mm (3")	50 kg	5 kg

Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

Si la muestra es menor de 200 g, debe eliminarse partículas de gravas, mientras que, si se trata de rocas grandes, la muestra mínima debería ser de 500 g.

Después se debe determinar el peso del contenedor, limpio de impurezas. Para pesar el espécimen húmedo. Para esto es recomendable que los contenedores estén numerados y tengan la mayor área superficial posible.

Mantener en el horno a una temperatura de 110 °C aproximadamente, y secar las muestras hasta lograr que el peso de del suelo sea constante; por lo general este debe estar entre 12 a 16

horas; sin embargo, este puede cambiar dependiendo de la experiencia del laboratorio.

Finalmente, se debe sacar del horno y esperara que enfríen los especímenes para pesarlos cuando la temperatura de los recipientes sea adecuada.

- **NTP 339.129.** Determinación del límite líquido de los suelos, límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.).

#### **a. Límite líquido**

##### **Objetivo**

Es determinar la cantidad de agua, expresado en porcentajes, para el cual, el suelo está entre el límite líquido y plástico. Por lo general esta propiedad queda definido como la cantidad de agua en el suelo que cierra una ranura de 13 mm en su fondo cuando se golpea por 25 veces una copa a 1 cm de altura, a razón de dos caídas por segundo.

##### **Finalidad y alcance**

Estos valores son utilizados para con el fin de poder clasificar un suelo de acuerdo a las metodologías establecidas por el AASHTO o el sistema SUCS. El límite líquido, plástico e índice de plasticidad, son empleados muy ampliamente en la ingeniería y sirven para determinar de manera indirecta propiedades como la permeabilidad, compactibilidad, resistencia al corte, entre otros.

##### **Equipos, materiales e insumos**

Para este ensayo serpa necesario:

- Una vasija de porcelana de 115 mm de diámetro.

- Una copa de Casagrande.
- Recipientes con resistencia al calor.
- Una balanza con sensibilidad de 0.01 g
- Una estufa con temperatura controlada a 110 °C.
- Una espátula de hoja flexible.
- Agua destilada o desmineralizada.
- Un acanalador, tal como se muestra en la siguiente figura:

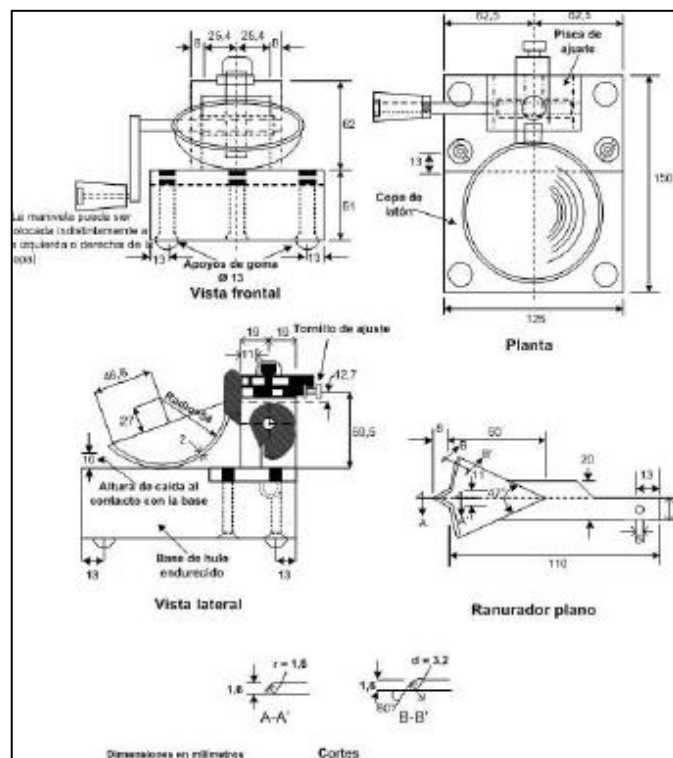


Figura 19. Aparato manual para límite líquido.

Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

## Muestra

Se obtiene del material que pasa el tamiz N°40, en una cantidad de 150 g a 200 g. Las muestras cohesivas se deben de mezclar totalmente en un recipiente y con una espátula de metal, de la cual se obtendrá una porción con la que se ejecutará el ensayo.

## Procedimiento

Se coloca una porción de suelo en la copa de Casagrande, cuando esta descansa en la base de la copa. El suelo debe ser esparcido por toda la copa hasta una profundidad de 10 mm en su punto más profundo, tratando de formar que la superficie sea horizontal. Se debe evitar dejar burbujas en la muestra, para lo cual, la cantidad de pasadas con la espátula debe ser la mínima.

Con el acanalador se divide la muestra de suelo mediante una línea en la sección de la copa. Esta acción debe hacerse con cuidado y tratando que sea perpendicular a la copa. Posteriormente se debe verificar que no haya obstáculos en la base de la copa, antes de iniciar el ensayo.

Se levanta y suelta una manivela a razón de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta lograr que las mitades del suelo entren en contacto, tal como se muestra en la siguiente figura:

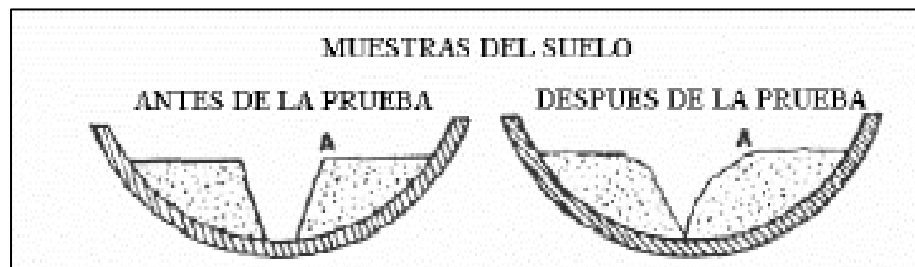


Figura 20. Estado del suelo antes y después de la prueba de Casagrande.  
Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

Se debe constatar que el cierre de la ranura no es a causa de una burbuja; si este hubiese sido el caso, se debe rehacer el ensayo, añadiendo una pequeña cantidad de suelo que compense la pérdida de suelo y con contenido de humedad más elevado. Si después de varios ensayos sucesivos y humedades más altas, la ranura del suelo se cierra siempre con menos de 25 golpes; se registra que el límite no pudo determinarse y se define al suelo como un suelo no plástico.

Si el ensayo no presenta problemas de los mencionados, se debe registrar el número de golpes (N), y se toma una cantidad de muestra del suelo recién ensayado, para posteriormente pesarlo y taparlo. Los restos de muestra del suelo ensayado, se vuelven al recipiente de mezclado para realizar los siguientes ensayos.

Las muestras de suelo se deben de preparar esperando que el cierre de la ranura esté entre 25 a 35 golpes, otra entre 20 y 30 golpes y finalmente entre 15 a 25 golpes.



Figura 21. Vista de la muestra de suelo para la determinación del límite líquido.



Figura 22. Preparación de la copa de Casagrande para la determinación del límite líquido.



## **b. Determinación del límite plástico e índice de plasticidad**

### **Objetivo**

El fin del presente ensayo es determinar el límite líquido del suelo y su índice de plasticidad si se conoce el límite líquido del mismo.

Técnicamente límite plástico se llama a la capacidad del suelo para formar barritas de 3.2 mm de diámetro, rodando con la mano sobre una superficie lisa, sin que esta se desmorone; y al igual que las otras consistencias del suelo, sus valores son muy utilizados para la clasificación del suelo.

### **Equipos y materiales**

Para la ejecución de este ensayo es necesario considerar los siguientes equipos:

- Espátula flexible.
- Recipiente para almacenar los suelos de la muestra.
- Balanza electrónica.
- Horno con graduación y capacidad de 100 a 115 °C.
- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Superficie de rodadura.

### **Muestra**

La muestra necesaria solo para la ejecución del límite plástico es aproximadamente 20 g del material que pase el tamiz N° 40, esta porción de suelo se mezcla con agua destilada para generar una bola húmeda, de la cual se separa de 1.5 g a 2 g para la ejecución del ensayo.

## Procedimiento

Se debe de moldear la muestra de suelo en forma elipsoide, seguidamente se rueda los dedos de la mano sobre la superficie lisa con una fuerza necesaria para formar los cilindros. Si al llegar a un diámetro de 3.2 mm, la barra no se ha resquebrajado, se vuelve a repetir el proceso hasta lograr que el material se desmorone en el diámetro mencionado.

Las muestras resquebrajadas, son colocadas en recipientes hasta alcanzar un peso aproximado de 6 g y se colocan al horno para su posterior secado.

Para expresarlo en cifras numéricas, se debe obtener el promedio de dos contenidos; sin embargo, si la diferencia de dos ensayos seguidos es mayor que lo mencionado en la siguiente tabla, se debe volver a repetir el ensayo.

Tabla 12. Rango aceptable para los valores del límite plástico.

Índice de precisión de ensayo	Desviación estándar	Rango aceptable de dos resultados
Para un operador simple		
Límite plástico	0.9	2.6
Para multilaboratorio		
Límite plástico	3.7	10.6

Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

Finalmente, para obtener el índice de plasticidad se aplica la siguiente fórmula

$$IP = L.L. - L.P.$$

Dónde: L.L., límite líquido, L.P., límite plástico y IP, índice de plasticidad.

Es importante recordar que: cuando el límite líquido o el plástico no puedan estimarse, el índice de plasticidad se informará con la

abreviatura NP (no plástico); esto también es aplicable cuando el límite plástico es mayor que el límite líquido.



Figura 23. Preparación de muestras para determinar el límite plástico.



Figura 24. Ejecución del ensayo del límite plástico.

- **NTP 339.141.** Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado).

### Objetivo

Este ensayo tiene como alcance los procedimientos de compactación utilizados en laboratorio, a fin de obtener una relación entre el contenido del agua y el peso unitario seco compactados en

un molde de 101.6 o 152.4 mm de diámetro con un pistón de 10 lbf, el cual cae desde una altura de 457 mm produciendo una energía de compactación de 56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>. Además, sólo es aplicable a suelos que tienen 30 % o menos de su peso retenidos en el tamiz 3/4", pudiéndose realizar 3 métodos alternativos, basados en la gradación del material.

**a. Método A**

Se usa el molde de 4" (101.6 mm), el material que se usa el que pasa el tamiz N° 4; se ejecuta en 5 capas con 25 golpes por cada capa. El uso de este método es cuando el 20 % o menos del peso del suelo es retenido en el tamiz N° 4.

**b. Método B**

Se usa el molde de 4", con el material que pasa el tamiz 3/8 " y con un total de 5 capas con 25 golpes por cada capa. Este método se usa cuando el 20 % del peso total del suelo se retiene en el tamiz N° 4 y 20 % o menos se retiene en el tamiz 3/8 ".

**c. Método C**

Se utiliza el molde de 6" (152.4 mm), con el material que pasa el tamiz 3/4" y en 5 capas de suelo con 56 golpes por cada capa. Este método se utiliza cuando más del 20 % es retenido en el tamiz de 3/8 " y menos de 30 % en peso es retenido en el tamiz 3/4".

**Equipos y materiales**

Los equipos y materiales necesarios para el desarrollo de este ensayo son:

- Un ensamblaje de molde.

- Un molde de 4 pulgadas de diámetro o uno de 6 pulgadas de diámetro.

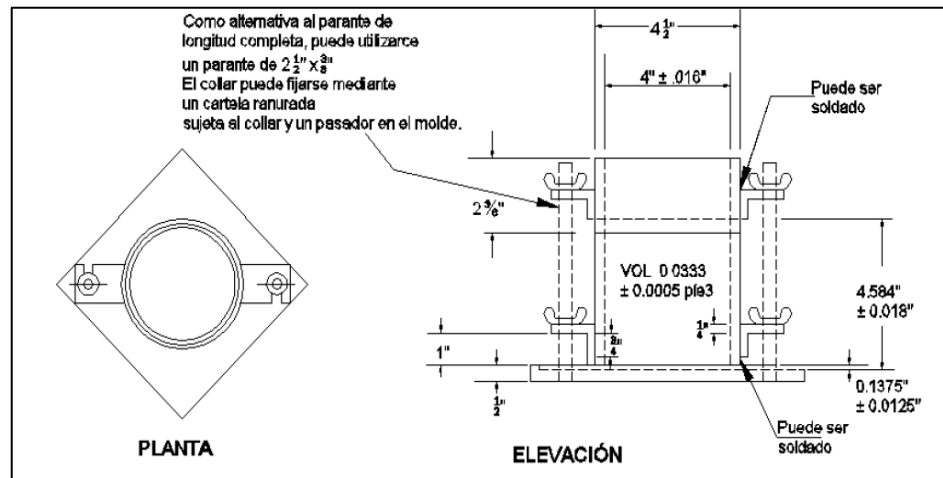


Figura 25. Molde para el ensayo de CBR de 4 pulgadas de diámetro.  
Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

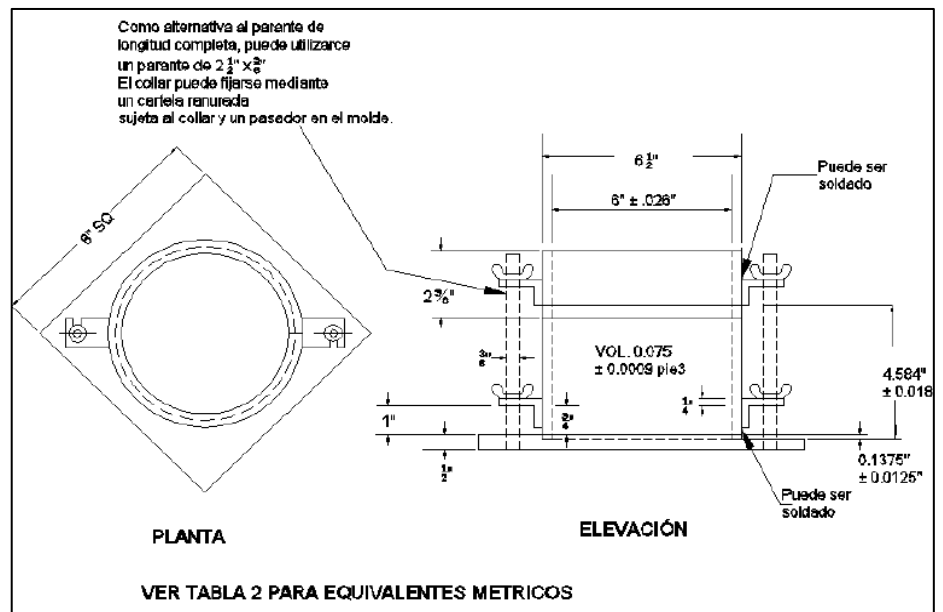


Figura 26. Molde para el ensayo de CBR de 6 pulgadas de diámetro.  
Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

- Un pistón o martillo de cara plana y sección circular con una masa de 4.54 kg.
- Una balanza electrónica.
- Horno de secado.
- Una regla metálica.

- Tamices de  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y N° 4.
- Herramientas de mezclas.

### **Muestra**

La cantidad de muestra para el método A y B es de aproximadamente de 16 kg y para el método C de 29 kg de suelo seco; por lo que las muestras obtenidos de campo deben ser como mínimo de 23 y 45 kg respectivamente.

### **Procedimiento**

Seleccionar el método con el que se ejecutará los ensayos (A, B o C); además de calibrar una vez cada año o después de 1 000 usos, la balanza, los moldes y el pistón de compactación.

Posteriormente se debe preparara entre cuatro o cinco especímenes, tratando que estos sean lo más cercano al óptimo; en primera instancia se debe preparar el espécimen con contenido de humedad más cercano al óptimo, mientras que los demás especímenes deben estar variando en proporciones de 2 %. Es importante mencionar que, en suelos con óptimo contenido de humedad alto, esta variación puede ser mayor sin sobrepasar un 4 %.

Después de curar los ensayos, estos deben de compactarse; para ello se debe ensamblarse el molde con el collar al plato base, posteriormente compactar cada espécimen en 5 capas; verificando que cada capa tenga el mismo ancho.

Al inicio de la compactación, se debe esparcir una cantidad de suelo, el cual serpa acomodado con ligeros golpes, posteriormente se empezará con la compactación del suelo con un pistón metálico. Luego se saca el collar y se enrasa el suelo sobrante, el cual puede

ser utilizado en el siguiente ensayo. Finalmente, el ensayo serpa aceptado si el suelo compactado en la última capa no está debajo de 6 mm del nivel del molde. Es importante recordar que cada capa se compacta con 25 golpes si el molde es de 4" de diámetro o 56 golpes si el diámetro del molde es de 6 pulgadas. Con las muestras compactas, se procede a uniformizar la parte superior e inferior de cada espécimen, mediante una regla metálica; para finalmente pesar. Este peso puede ser utilizando su molde o molde más base. Registrar el peso final y obtener una muestra de suelo para determinar el contenido de humedad final.



Figura 27. Primera capa de compactación en el ensayo de Proctor.

- **NTP 339.154.** CBR de suelos (laboratorio).

### **Objeto**

Establecer los procedimientos para obtener el índice de resistencia de los suelos, denominado valor de soporte o CBR.

El uso de este ensayo es aplicable para determinar la resistencia potencial de subrasante, subbase y base de pavimentos u otros de índole similar.

### **Equipos y materiales**

Los equipos y materiales necesarios para el desarrollo del presente ensayo fueron:

- Prensa de compresión, la cual es utilizada para la penetración de un pistón en la muestra, esta penetración debe realizarse de manera uniforme a una velocidad de 1.27 mm por minuto.
- Molde metálico cilíndrico de 152.4 mm (6 pulgadas) de diámetro interior y una altura de 177.8 mm o (7 pulgadas); con un collar metálico de ajuste con 50.8 mm de altura y una base metálica de 9.53 mm de espesor.
- Disco espaciador de metal de 150.8 mm de diámetro exterior y 61.37 mm de espesor, el cual servirá de falso fondo.
- Pistón para la compactación, similar al del utilizado para el ensayo de Proctor.
- Aparato medidor de expansión.
- Pesas metálicas, una anular de 4.54 kg y 149.23 mm, y la otra ranurada de 2.27 kg con 150.81 mm de diámetro.
- Dos diales con un recorrido mínimo de 25 mm y divisiones de lectura en 0.025 mm.
- Tanque para la inmersión de la muestra en el agua.
- Estufa con un termostato que regula la temperatura a 110 °C.
- Balanzas con capacidad de hasta 20 kg.



- Tamices N°4, 3/4" y 2".

### **Muestra**

Las muestras deben de prepararse según lo establecido por las normas NTP 339.141 o la NTP 339.142 a excepción cuando todo el material pasa el tamiz 3/4", toda la gradación debe ser utilizada; sin embargo, cuando el porcentaje retenido en el tamiz 3/4" sea mayor a 25 % del peso total, se sustituye este material por la misma cantidad de material retenido en la malla N°4.

### **Procedimiento**

Este consiste en determinar los valores de soporte que se obtienen en laboratorio y que se espera encontrar en el terreno; es por ello que se busca que los especímenes estén con una humedad crítica, la cual se obtiene saturándola. Es por lo mencionado que el cuerpo de ingeniería de la E.U.A. sugiere que el ensayo se debe realizar después de haber sumergido las muestras en agua por cuatro días y con pesos a los que será sometidos.

Una vez tamizadas las muestras de suelo, se procede a determinar la humedad óptima y su densidad máxima por medio del ensayo de compactación, teniendo en cuenta que se debe de considerar diferentes contenidos de humedad para los especímenes para así determinar el óptimo contenido de humedad. Estos especímenes deben estar compactados a diferentes energías. Finalmente se dibuja una gráfica contenido de humedad y densidad, para establecer los valores máximos y óptimos.

Para la elaboración del espécimen que será sometido al ensayo de CBR, se debe pesar el molde con todos sus accesorios, más un disco y un papel filtro. Con el molde listos, se procede a compactar el suelo, pero teniendo en cuenta la cantidad de capas y energía de

compactación para obtener los valores necesarios de humedad y densidad. Comúnmente se utiliza entre tres o nueve moldes, por cada muestra, dependiendo del tipo de suelo, con diferentes golpes de compactación. En suelos granulares se efectúan 55, 26 y 12 golpes por capa a diferentes humedades; mientras que en suelo cohesivos interesa más establecer su comportamiento para un amplio rango de humedades. La finalidad de evaluar a diferentes golpes de compactación, es establecer una familia de curvas que muestren la relación entre el peso específico, la humedad y la capacidad de soporte.

Si los especímenes serán sumergidos, se debe tomar una cantidad de 100 a 500 g de material antes de la compactación y mezclarlo con material obtenido después de la compactación, para finalmente determinar tu contenido de humedad. Si el espécimen no es sumergido, la muestra se debe tomar de su centro después de finalizado el ensayo.

Cuando se termina la compactación se saca el collar del molde y se enrasa, si quedan hendiduras en la superficie se debe completar con suelos sobrante. También se debe desmontar el disco espaciador e invertir el molde.

Posteriormente se debe sumergir la muestra, pero deben estar con cargas sobre su superficie; en ningún caso la carga debe ser menor a 4.54 kg. Una vez sumergido, se toma la primera lectura para posteriormente medir su hinchamiento; por ello es importante anotar las lecturas, el día y la hora por un periodo de 96 horas. Al final del tiempo de inmersión se vuelve a leer los diales, para medir el hinchamiento, el cual es determinado mediante un porcentaje de su altura. Finalmente se saca el molde del agua y se deja escurrir por

15 minutos, después se retira la sobrecarga y la placa perforada, para inmediatamente pesarla y realizar el ensayo de penetración.

En el ensayo de penetración se aplica una sobrecarga igual a la que genera el pavimento, pero esta no debe ser menor a 4.54 kg. Posteriormente se coloca el pistón en el hoyo circular de disco, para luego asegurar el dial que controlara la velocidad de penetración. Se aplica la carga de penetración mediante un mecanismo que asegure una velocidad de penetración de 1.27 mm por minuto; luego se anotan las cargas para las siguientes penetraciones:



Figura 28. Medición de la expansión del suelo.

Tabla 13. Puntos de anotación de datos en el ensayo de CBR.

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.05
1.9	0.075
2.54	0.1
3.17	0.125
3.81	0.15
5.08	0.2
7.62	0.3
10.16	0.4
12.7	0.5

Fuente : Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016).

Finalmente se desmolda y se toma la parte superior, cercana de donde se realizó la penetración para finalmente determinar su humedad.



Figura 29. Preparación de la muestra para el ensayo de CBR.

### 3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados, fueron aquellos que las normas descritas anteriormente, mencionan para la ejecución de cada ensayo; por lo que se encuentra estandarizadas por normativas como la ASTM y adaptado a la realidad peruana mediante las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

### 3.7. Procesamiento de la información

El procedimiento de la investigación consistió en:

- Extracción de diatomita de las zonas de cantera en Yanacancha.
- Preparación de la diatomita, mediante molienda.
- Gradación de la diatomita. Se trabajará con el material pasante la malla N°40.

- Extracción de 741 kg de suelo.
- Traslado de las muestras al laboratorio.
- Desarrollo de cada uno de los ensayos, de acuerdo al tipo de suelo y la cantidad de diatomita establecida.
- Procesamiento de los datos obtenidos.

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

El análisis se realizó desde una perspectiva cuantitativa, se creó cuadros estadísticos de acuerdo a las variables estudiadas, el análisis de datos dependió del tipo de datos obtenidos durante los ensayos de laboratorio, en este caso se hará uso de la estadística descriptiva e inferencial, con lo que se obtendrá cuadros, gráficos y todo lo necesario para la interpretación de los resultados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Efecto de la diatomita en las propiedades físicas de suelos finos

##### 4.1.1. Granulometría

Para la determinación de la granulometría se ha considerado lo descrito en la norma NTP 339.128; en este sentido, el procedimiento para la estimación de la granulometría en diferentes concentraciones, consistió en reemplazar diatomita parcialmente, según el porcentaje (3, 6, 9 y 12 %) en el suelo estudiado, de lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 14. Variación de la granulometría con concentraciones de diatomita.

Tipo de suelo	Grava (%)	Arenas (%)	Finos (%)
Muestra patrón	2.93	9.79	87.28
M P+ 3%D	2.20	9.18	88.63
M P + 6%D	1.83	8.93	89.25
M P + 9%D	1.28	8.78	89.94
M P + 12%D	1.01	8.95	90.05

Como se puede observar en la Tabla 14, existe una variación de la cantidad del porcentaje de gravas, arena y finos al incrementar diatomita en el suelo, pues el porcentaje de gravas disminuye de 2.93 % a 1.01 %; las arenas de 9.79 % a 8.95 y 87.28 % a 90.05 % cuando el porcentaje de diatomita es del 12 %; esto se debe a que la adición de la diatomita fue controlada mediante el uso del tamiz

N° 40, explicando así la leve variación en la granulometría del suelo respecto al patrón.

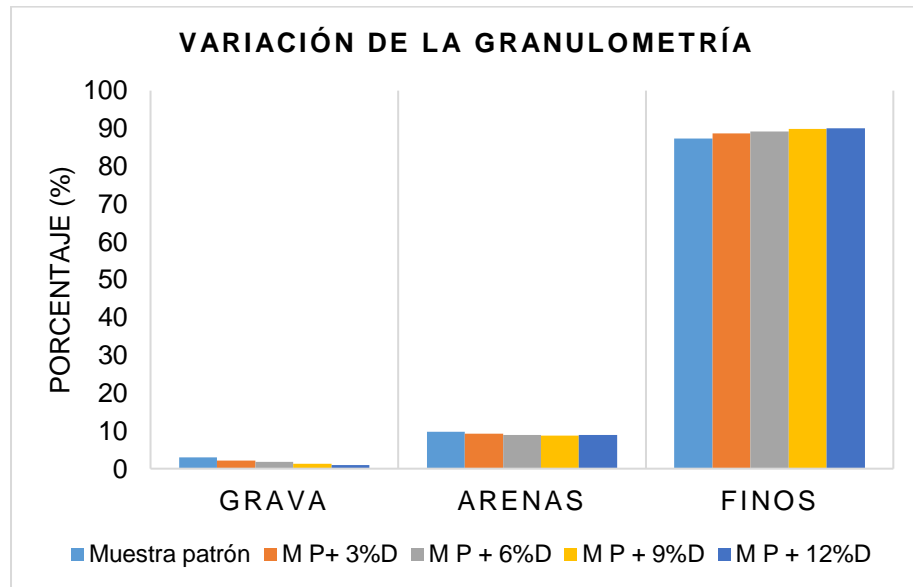


Figura 30. Variación de la granulometría al incrementar diatomita en el suelo.

Lo descrito anteriormente se puede observar de manera esquemática en la Figura 30; en ella se puede notar claramente que, la variación de las gravas y arenas tienden a disminuir, mientras que la cantidad de finos se incrementa; sin embargo, es dable resaltar que la diferencia entre los valores es pequeña, por lo que la granulometría no se modifica. Con la estimación de la gradación del suelo, también se ha procedido a su clasificación, con el fin de determinar si existe alguna variación relevante al considerar las metodologías SUCS y AASTHO. Los resultados obtenidos, muestran los siguientes valores:

Tabla 15. Variación de la clasificación de suelo con diferentes concentraciones de diatomita.

Clasificación de suelos	SUCS	AASHTO	Denominación
Muestra patrón	CL	A-6 (14)	Arcilla fina
M P+ 3%D	CL	A-6 (12)	Arcilla fina
M P+ 6%D	CL	A-6 (10)	Arcilla fina
M P+ 9%D	CL	A-6 (10)	Arcilla fina
M P+ 12%D	CL	A-6 (11)	Arcilla fina

La Tabla 15 muestra que la clasificación de acuerdo a la metodología SUCS no presenta variación alguna, pues el suelo sigue clasificándose como una arcilla limosa (CL), las cuales se caracterizan por poseer de mediana a baja plasticidad y presencia de gravas. Con respecto a la clasificación AASTHO se puede denotar que, el grupo A-6, no se modifica a medida que se incrementa la concentración de la diatomita, sin embargo, si varía el índice de grupo desde un valor de 14 hasta 10 cuando la concentración de estas fue del 6 % y 9 %. Esta reducción del índice de grupo indica una disminución en la plasticidad del suelo, lo cual se puede interpretar como una mejora en las otras propiedades, especialmente en las mecánicas.

Un aspecto importante respecto al índice de grupo es que no sigue un comportamiento lineal o exponencial, por lo que no es factible ajustarla a algún tipo de ecuación.

#### 4.1.2. Limite líquido

La determinación del límite líquido, fue realizada mediante lo descrito en la norma NTP 339.129; por lo que se aplicó para el suelo patrón y sus concentraciones de diatomita en 3, 6, 9 y 12 %. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16. Variación del límite líquido con diferentes concentraciones de diatomita.

Tipo de suelo	Límite líquido (%)	Variación (%)
Muestra patrón	34.53	0
M P+ 3%D	32.2	-6.75
M P + 6%D	31.11	-9.90
M P + 9%D	30.03	-13.03
M P + 12%D	29.48	-14.62

Como se muestra en la Tabla 16, existe una relación inversa entre el límite líquido y la cantidad de diatomita incorporada en el suelo; es decir que, a medida se incrementa la cantidad de diatomita en el suelo, este valor disminuye, pues según se observa la disminución



porcentual fue de hasta 14.62 % respecto al suelo patrón al considerar una concentración de diatomita del 12 %.

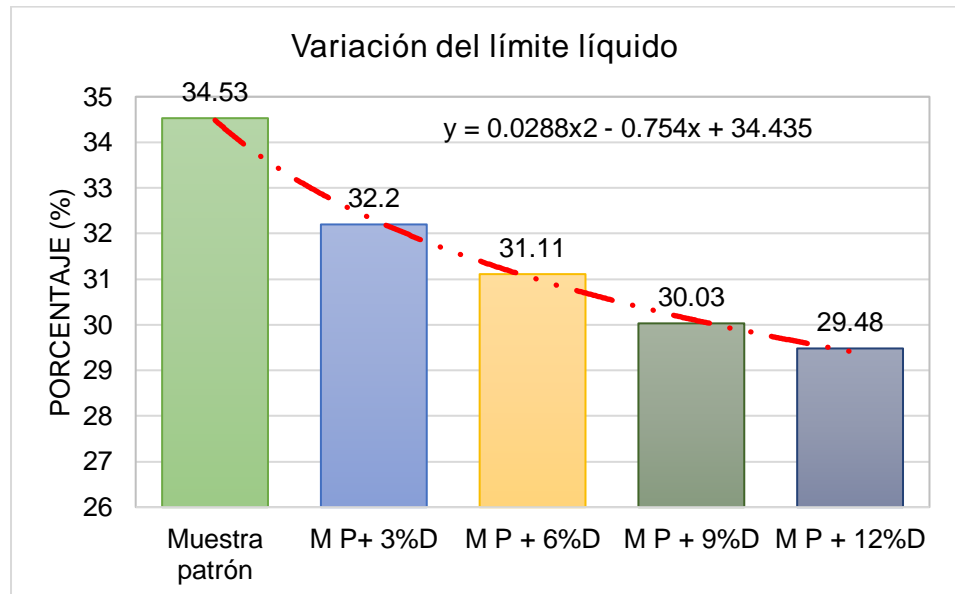


Figura 31. Variación del límite líquido al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.

En la Figura 31 se observa de manera gráfica lo descrito anteriormente. El comportamiento descendente que posee el límite líquido a medida que se incrementa la concentración de la diatomita en el suelo, hace que los valores esperados se ajusten a la ecuación que se muestra en la figura anterior; sin embargo, esta solo debe de considerarse hasta concentraciones del 12 % de diatomita en el suelo.

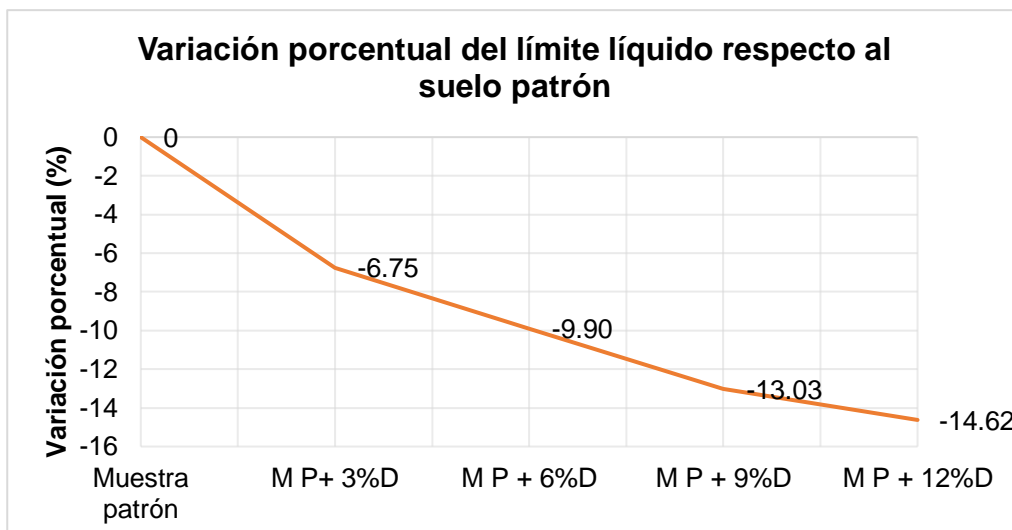


Figura 32. Variación porcentual del límite líquido al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.

En la Figura 32 se observa la variación porcentual del límite líquido; esta figura indica que, a mayor cantidad de diatomita en el suelo, menor será esta variación porcentual respecto del suelo patrón. Estos resultados dan a comprender que, la cantidad de humedad necesaria para que el suelo pase del estado plástico al líquido disminuye, es decir, se necesita menor cantidad de agua para pasar de un estado al otro.

#### 4.1.3. Límite plástico

El límite plástico del suelo es un parámetro importante en el suelo, el cual fue determinado mediante el ensayo explicado en el ítem 3.6.1, este mismo procedimiento fue aplicado al sustituir el suelo con diatomita en concentraciones de 3, 6, 9 y 12 %; obteniéndose así los siguientes resultados:

Tabla 17. Variación del límite plástico con diferentes concentraciones de diatomita.

Tipo de suelo	Límite plástico (%)	Variación (%)
Muestra patrón	17.54	0
M P+ 3%D	18.07	3.02
M P + 6%D	18.58	5.93
M P + 9%D	20.18	15.05
M P + 12%D	21.04	19.95

En la tabla anterior se puede observar que, a medida que se incrementa la cantidad de diatomita en el suelo, el límite líquido se incrementa; alcanzándose un valor máximo de 21.04 % cuando el porcentaje de diatomita en el suelo fue de 12 %; esto implica un incremento porcentual de hasta 19.95 %.

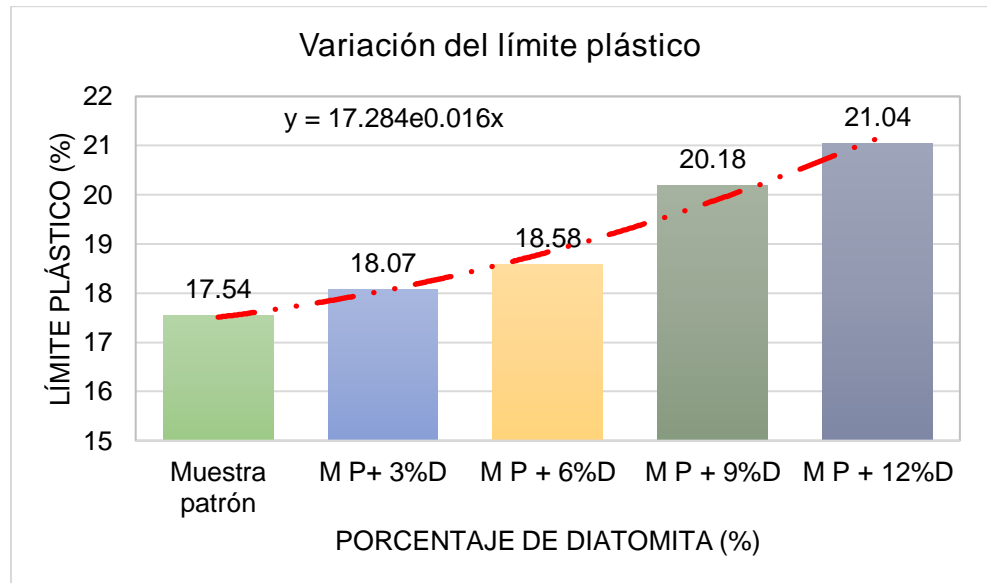


Figura 33. Variación del límite plástico al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.

En la Figura 33 se muestra como el límite plástico varía en función al incremento de diatomita en el suelo, tanto que dicha variación se puede ajustar a una función exponencial que se muestra en la misma figura; sin embargo, esta ecuación no puede generalizarse para otras concentraciones de diatomita superiores al del 12 %.

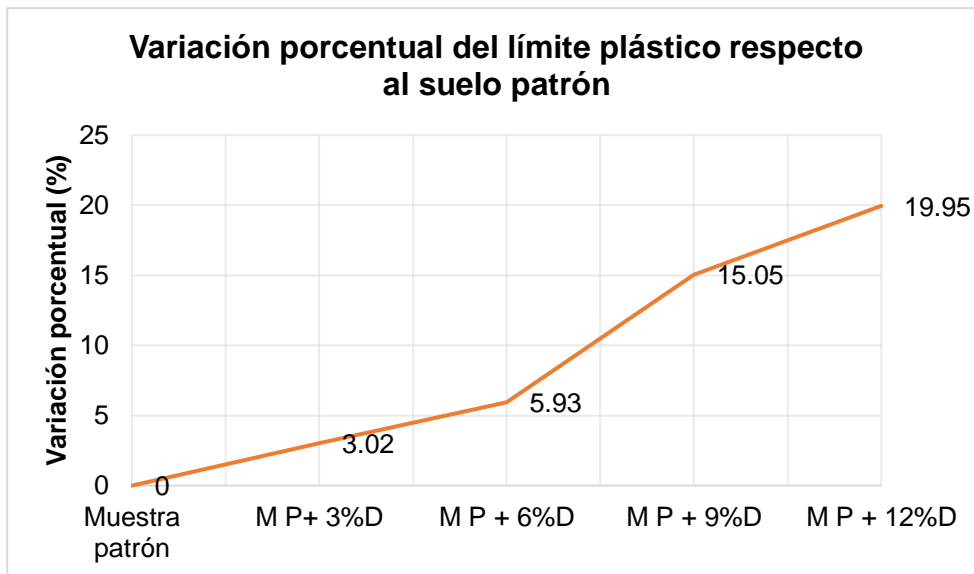


Figura 34. Variación porcentual del límite plástico al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.

En la Figura 34 se muestra la variación porcentual del límite plástico respecto al suelo patrón, y al igual que la Figura 33 muestra la tendencia a disminuir mientras se aumenta la cantidad de diatomita en el suelo. Esto se puede interpretar como: a medida que se incrementa la concentración de diatomita en el suelo, la cantidad de agua para que el suelo pase del estado semisólido al plástico disminuye.

#### 4.1.4. Índice de plasticidad

El índice de plasticidad es una relación matemática que se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el plástico, su valor mide la diferencia que existe entre ambos valores, y estos están clasificados de acuerdo a lo mencionado en el manual de suelo, geología, geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. En este sentido es importante determinar si existe alguna variación de este parámetro cuando se incorpora diatomita en el suelo.

Es por lo mencionado que, para el desarrollo de la presente investigación se ha obtenido la variación del índice de plasticidad en

función a la cantidad de diatomita en el suelo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 18. Variación del índice de plasticidad con diferentes concentraciones de diatomita.

Tipo de suelo	Índice de plasticidad (%)	Variación (%)
Muestra patrón	16.99	0
M P+ 3%D	14.13	-16.83
M P + 6%D	12.53	-26.25
M P + 9%D	9.85	-42.02
M P + 12%D	8.44	-50.32

La tabla anterior muestra que, sí existe una variación del índice de plasticidad cuando se adiciona diferentes concentraciones de diatomita en el suelo, siendo la mínima obtenida de 8.44 % cuando la concentración de diatomita fue del 12 %; lo cual representa una variación porcentual de hasta -50.32 % respecto al valor obtenido con el suelo patrón.

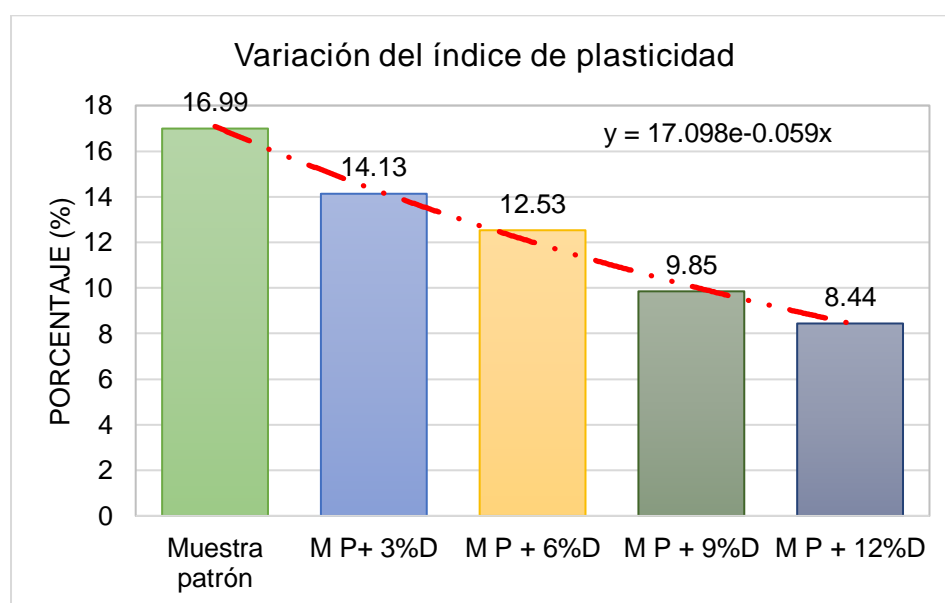


Figura 35. Variación del índice de plasticidad al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.

En la Figura 35, se puede observar de manera gráfica la variación del índice de plasticidad por cada concentración de diatomita considerada en el estudio, el punto más resaltante de ella es que se

puede notar una tendencia negativa que se ajusta a una ecuación exponencial.

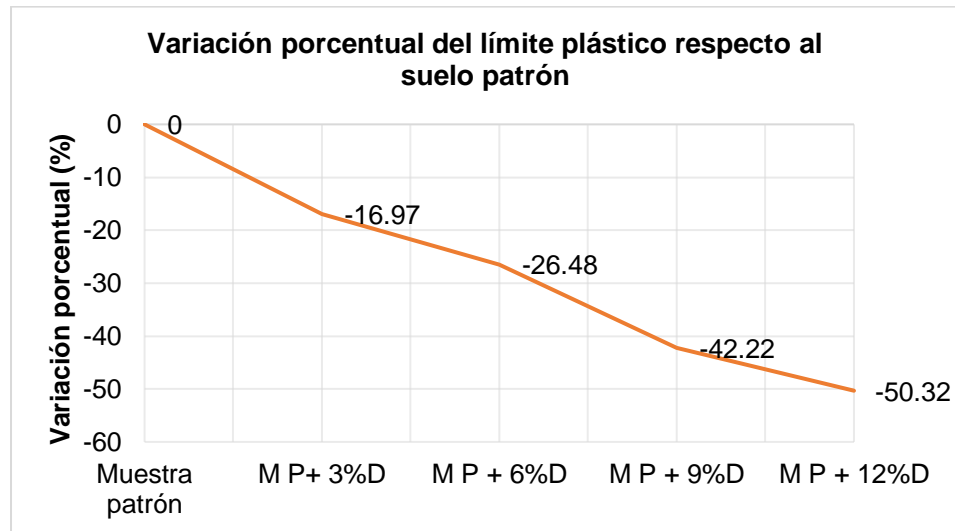


Figura 36. Variación porcentual del índice de plasticidad al incrementar la concentración de diatomita en el suelo.

Finalmente, en la Figura 36 se observa la variación porcentual del índice de plasticidad respecto del suelo patrón, denotándose una tendencia a disminuir a medida que se incrementa la concentración de diatomita en el suelo. Los valores obtenidos del índice de plasticidad muestran que, con respecto al valor del suelo patrón, la clasificación de los suelos con adición de diatomita varía de un suelo de alta a media plasticidad, según el MTC (2014, p. 37).

## 4.2. Efectos de la diatomita en las propiedades mecánicas de suelos finos

### 4.2.1. Proctor

El ensayo de Proctor, es uno de los principales ensayos para poder relacionar el contenido de humedad, la densidad y la energía de compactación de un suelo; es por ello, que si se desea tener de manera indirecta la compactación debe calcularse varios puntos de contenido de humedad y la densidad para así determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca. Los valores obtenidos en la presente investigación se muestran a continuación:

Tabla 19. Contenido de humedad y densidad del suelo en diferentes concentraciones.

Muestra patrón		Muestra patrón + 3% D		Muestra patrón + 6% D		Muestra patrón + 9% D		Muestra patrón + 12% D	
Contenido de humedad	Densidad seca	Contenido de humedad	Densidad seca	Contenido de humedad	Densidad seca	Contenido de humedad	Densidad seca	Contenido de humedad	Densidad seca
10.26	1.18	9.95	1.43	9.04	1.43	8.53	1.4	8.64	1.56
12.04	1.38	11.73	1.61	10.85	1.63	9.98	1.64	9.89	1.75
14.54	1.41	14.1	1.58	14.01	1.61	12.74	1.65	12.32	1.72
16.59	1.25	15.28	1.41	15.62	1.41	13.92	1.43	13.08	1.55

La Tabla 19 muestra las diferentes cantidades de humedades y densidades obtenidas en el ensayo de proyecto con el fin de determinar un valor óptimo de humedad y una máxima densidad seca. La evolución de las curvas densidad – humedad se muestra a continuación:

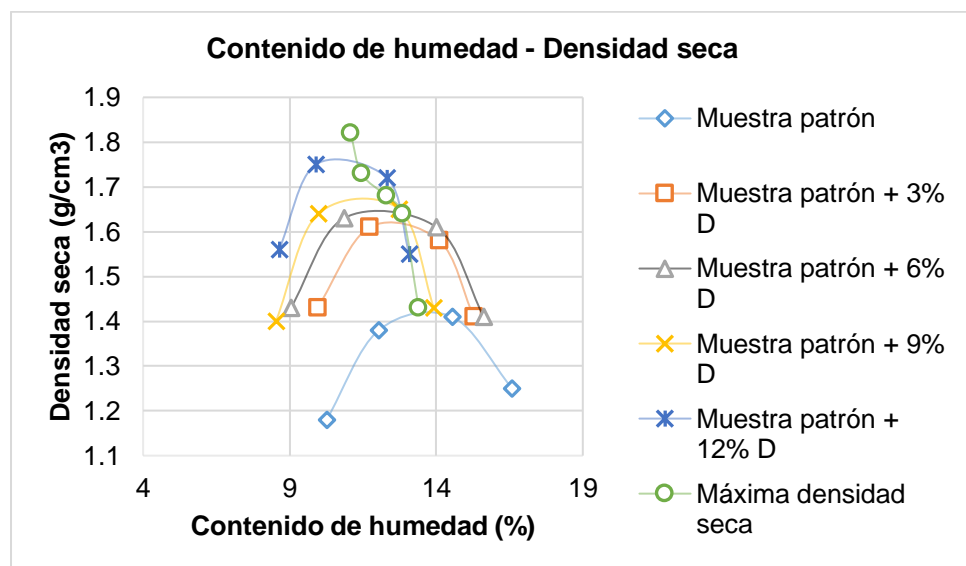


Figura 37. Curvas contenido de humedad – densidad seca.

En la Figura 37 se puede ver el desarrollo de las curvas de contenido de humedad – densidad, de ella se puede interpretar claramente que a medida que se agrega concentraciones de diatomita en proporciones de 3, 6, 9 y 12 %, la máxima densidad incrementa, pero el óptimo contenido de humedad disminuye.

#### a) Óptimo contenido de humedad

Como se ha mencionado, uno de los parámetros importantes que se obtiene del ensayo Proctor es el óptimo contenido de humedad, el cual se puede comprender como la cantidad de humedad necesaria para que un suelo obtenga una máxima densidad, en base a una determinada energía de compactación. Es por ello que se ha determinado cómo la adición de diatomita, en concentraciones de 3, 6, 9 y 12 %, modifica la muestra patrón; obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 20. Contenido de humedad y densidad del suelo en diferentes concentraciones.

Suelo	Óptimo contenido de humedad (%)	Variación (%)
Muestra patrón	13.40	0.00
M P+ 3%D	12.85	-4.10
M P + 6%D	12.30	-8.21
M P + 9%D	11.45	-14.55
M P + 12%D	11.08	-17.31

La tabla anterior muestra cómo se da la variación del óptimo contenido de humedad del suelo patrón a medida que se incrementa la cantidad de diatomita. Se puede observar que el valor disminuye desde 13.40 % a 11.08 %, lo cual representa una disminución de hasta 17.31 %, respecto al del suelo patrón.

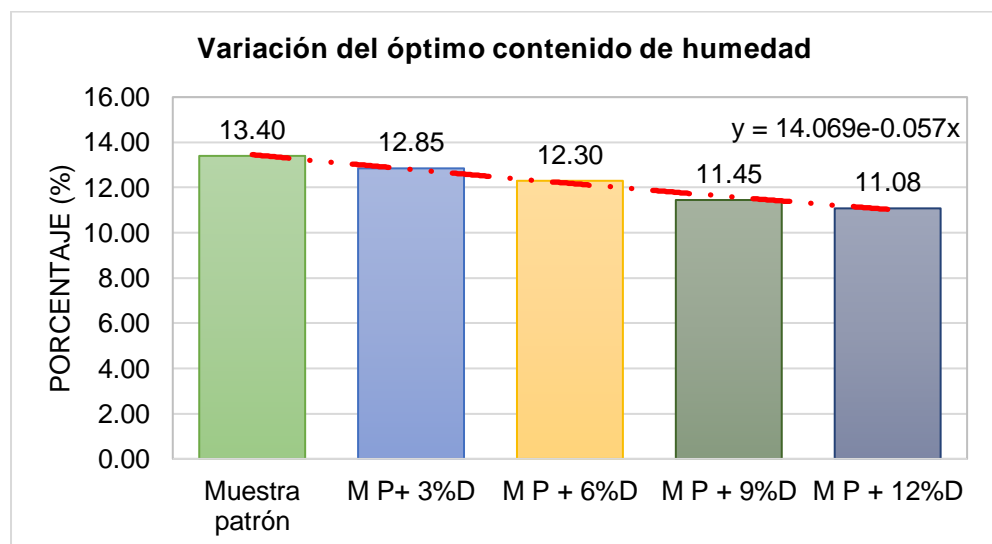


Figura 38. Variación del óptimo contenido de humedad.



En la Figura 38 se muestra esquemáticamente la variación del óptimo contenido de humedad a medida que se incrementa el porcentaje de diatomita, además se puede observar que los resultados obtenidos se ajustan a una ecuación logarítmica la cual se puede observar en la figura mediante una línea roja punteada. Esta tendencia también se observa en la siguiente figura que muestra las variaciones porcentuales.

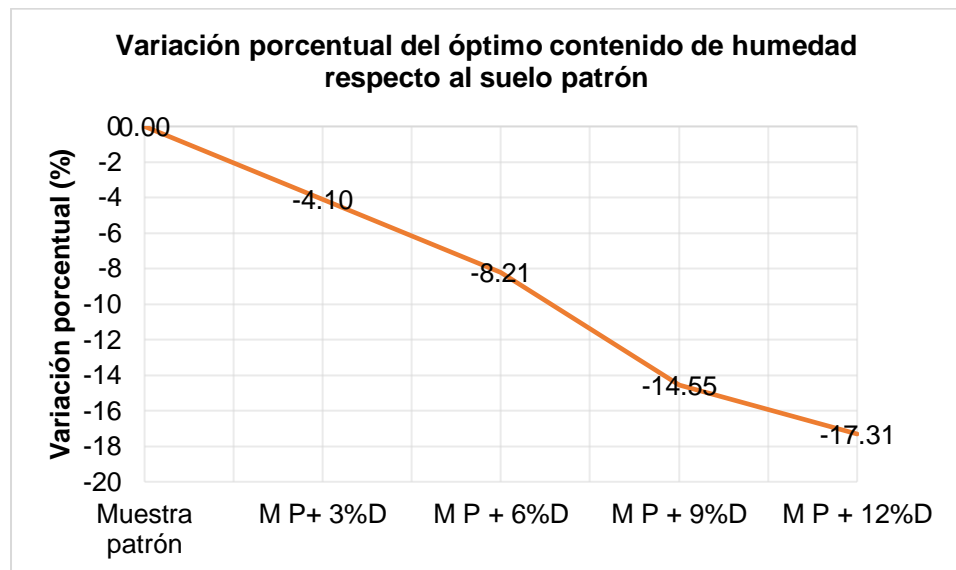


Figura 39. Variación porcentual del óptimo contenido de humedad.

En la figura anterior se puede observar la variación porcentual del óptimo contenido de humedad a medida que se incrementa la cantidad de diatomita, en esta figura se demuestra una tendencia negativa del contenido de humedad, es decir que a mayor cantidad de diatomita en el suelo se requerirá menos cantidad de agua para alcanzar una máxima densidad del suelo.

## b) Máxima densidad seca

Al igual que el óptimo contenido de humedad, la máxima densidad seca se logra determinar del ensayo propuesto por Proctor, la cual se puede comprender como la cantidad de masa máxima por unidad de volumen compactada con una determinada cantidad de agua. Es

por ello que, mediante el desarrollo de la investigación se ha determinado si la adición de diatomita en el suelo modifica esta propiedad del suelo; obteniéndose así los siguientes resultados:

Tabla 21. Variación de la máxima densidad seca del suelo con diferentes proporciones de diatomita.

Suelo	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Variación (%)
Muestra patrón	1.43	0.00
M P+ 3%D	1.64	14.69
M P + 6%D	1.68	17.48
M P + 9%D	1.73	20.98
M P + 12%D	1.82	27.27

La tabla anterior muestra como los valores de la máxima densidad seca se modifican a medida que se incrementa la cantidad de diatomita, observándose un incremento porcentual de 27.27 % con respecto a la densidad del suelo patrón, cuando el porcentaje de diatomita en el suelo fue de 12 %. Además, es importante notar que con el primer porcentaje se logra un incremento importante de 1.43 a 1.64 g/cm<sup>3</sup> en densidad.

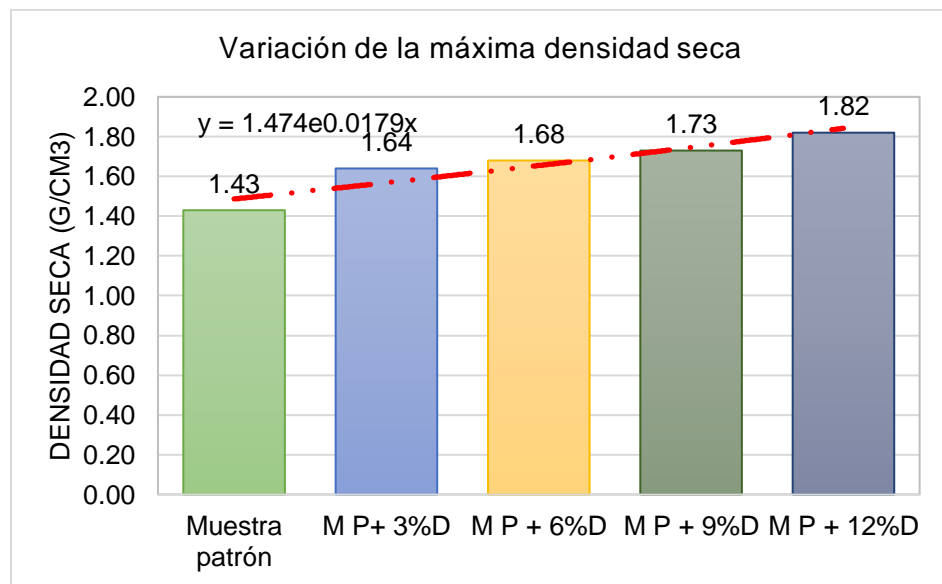


Figura 40. Variación de la máxima densidad seca.

En la figura anterior se puede observar de manera gráfica la variación de la densidad seca de todas muestras analizadas, determinándose así que, existe una tendencia positiva a medida que

la concentración de diatomita se incrementa; la cual puede ajustarse a una ecuación exponencial. Es importante recalcar que esta ecuación solo se puede aplicarse hasta las concentraciones de diatomita consideradas en la presente investigación (3, 6, 9 y 12 %).

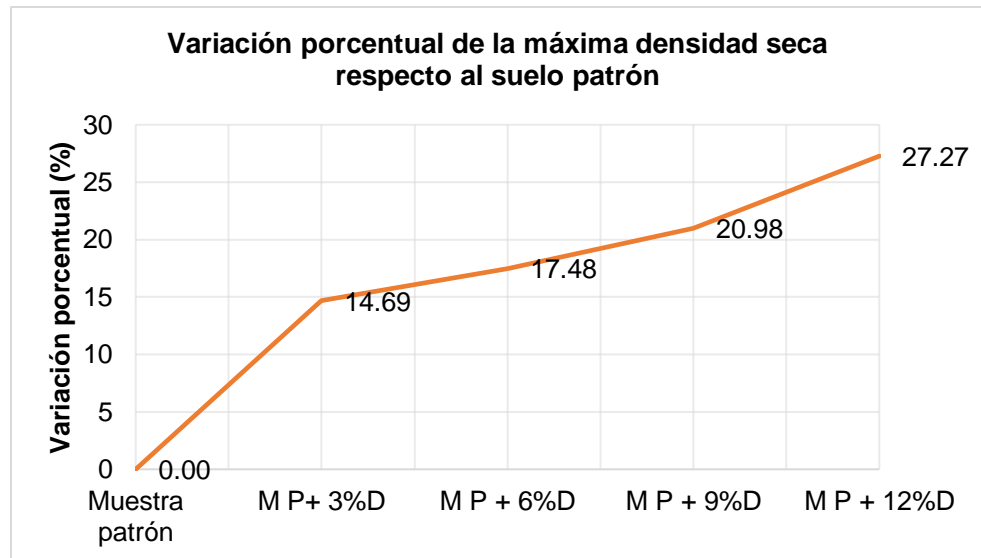


Figura 41. Variación porcentual de la máxima densidad seca.

En la Figura 41 se observa la variación porcentual de la máxima densidad seca respecto del suelo patrón; también se puede ver al igual que en la figura anterior, una tendencia positiva; además que la diferencia entre la muestra patrón y el primer porcentaje de diatomita es de 14.69 %; después de ellos la pendiente de la curva es menor.

#### 4.2.2. Expansión

Otra propiedad importante del suelo es el porcentaje de su expansión, después de estar sometido a un prolongado tiempo de saturación. Esta propiedad es considerada como mecánica debido a que, para medirla es necesario compactar el suelo con diferentes energías de compactación las cuales son controladas por los números de golpes; tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22. Variación de la máxima densidad seca del suelo con diferentes proporciones de diatomita.

Muestras	Expansión (%)		
	56 golpes	25 golpes	10 golpes
Muestra patrón	0.33	0.82	1.52
M P+ 3%D	0.35	0.67	1.09
M P + 6%D	0.36	0.89	1.42
M P + 9%D	0.2	0.54	0.78
M P + 12%D	0.27	0.61	0.89

La tabla anterior muestra el valor de la expansión del suelo a medida que se incrementa la cantidad energía de compactación y la cantidad de diatomita en el suelo. Como se observa el porcentaje de expansión del suelo sufre variaciones positivas y negativas a medida que se incrementa la cantidad de diatomita; sin embargo, se puede generalizar y mencionar que la tendencia es negativa.

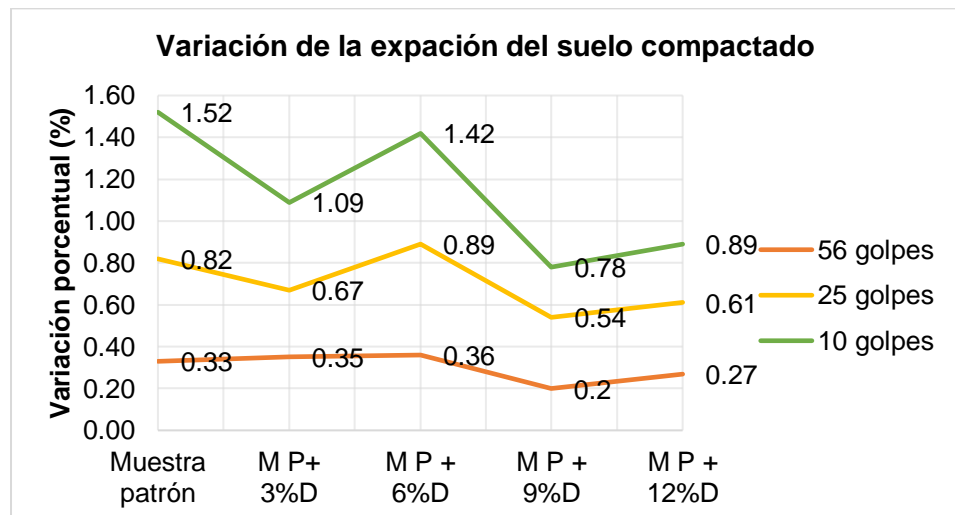


Figura 42. Variación de la expansión del suelo compactado con adiciones de diatomita.

La Figura 42 muestra la variación de la expansión del suelo a diferentes energías de compactación e incrementos de la concentración de diatomita. En general se puede mencionar que, la expansión tiende a disminuir a medida que se incremente el porcentaje de diatomita hasta una concentración del 12 %, lo mismo ocurre si se modifica la energía de compactación. Estos resultados demuestran que la inclusión de la diatomita incide de gran manera

en esta propiedad, pues mientras más energía de compactación y concentración de diatomita; la expansión será menor.

#### 4.2.3. Índice de soporte del suelo

El índice de soporte de suelo o índice de CBR es una de las principales propiedades del suelo, pues indica la resistencia del mismo ante la presencia de cargas. Es por ello la importancia de su estimación cuando al suelo se le incorpora diferentes elementos como la diatomita.

##### a) CBR al 95 % de la MDS

El indicador más importante para la subrasante es talvez el valor del CBR al 95 % de la máxima densidad seca de un suelo, pues es un parámetro establecido en la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para clasificar a un suelo como apto o no para ser la subrasante de una vía.

Los resultados que se han obtenido después de estabilizar un suelo con diatomita en concentraciones de 3, 6, 9 y 12 % se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 23. Variación del índice de CBR al 95 % de la máxima densidad seca del suelo.

Muestras	CBR	Variación (%)
	0.1 95%	
Muestra patrón	5.32	0.00
M P+ 3%D	6.52	22.56
M P + 6%D	7.78	46.24
M P + 9%D	9.12	71.43
M P + 12%D	10.71	101.32

La Tabla 23 muestra como el valor del CBR varía a medida que se incrementa la cantidad de diatomita. En general se puede mencionar que adicionar diatomita en el suelo, modifica el valor del CBR al 95 %, pues su valor inicial (suelo patrón) se ha incrementado en 101.32 % cuando la concentración de diatomita fue del 12 %.

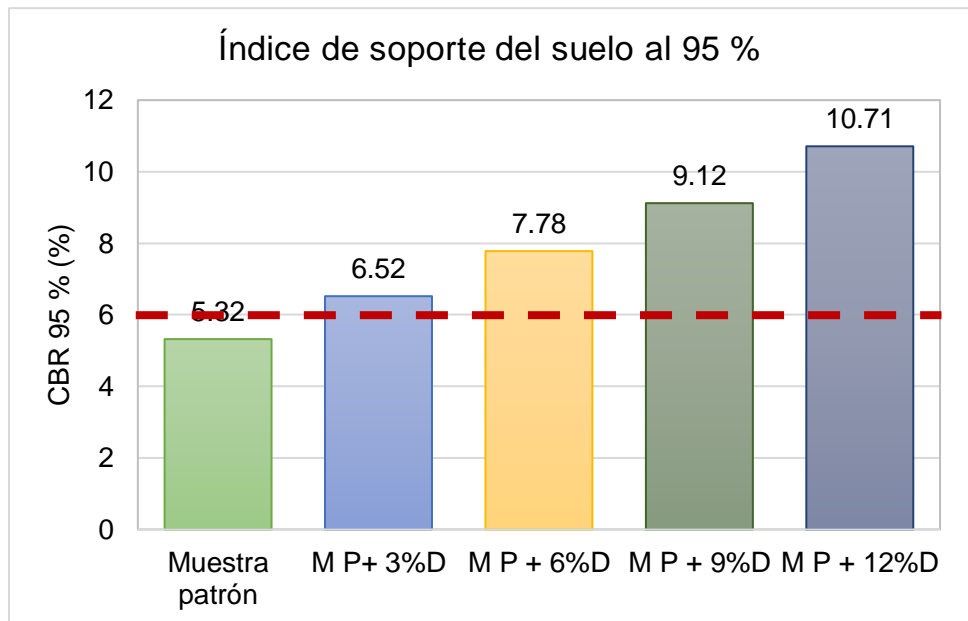


Figura 43. Variación del índice de CBR al 95 % en el suelo.

En la Figura 43 se observa de manera gráfica la variación del CBR con las adiciones de diatomita en concertaciones de 3, 6, 9 y 12 %, estas muestran claramente una tendencia a incrementarse, además que a partir de una concentración del 3 % se supera el valor mínimo que la norma establece (6%). Otro aspecto importante de esta propiedad es que no se puede ajustar a una ecuación, debido a que por lo general el comportamiento del CBR es incrementarse y después de ello, tiende a disminuir.

#### b) CBR al 100 % de la MDS

El último parámetro obtenido en la presente investigación fue el índice de soporte del suelo al 100 % de la máxima densidad seca. Los resultados obtenidos en laboratorio se muestran a continuación:

Tabla 24. Variación del índice de CBR al 100 % de la máxima densidad seca del suelo.

Muestras	CBR 0.1 100%	Variación (%)
Muestra patrón	8.76	0.00
M P+ 3%D	10.83	23.63
M P + 6%D	12.28	40.18
M P + 9%D	13.57	54.91
M P + 12%D	15.74	79.68

La tabla anterior como varía el valor del CBR al 100 % a medida que se incrementa la concentración de diatomita en el suelo. Se puede observar que el comportamiento es similar al obtenido con el CBR al 95 %. Es por ello que se logra notar un incremento de este valor a medida que se incrementa el valor de la concentración de diatomita en el suelo.

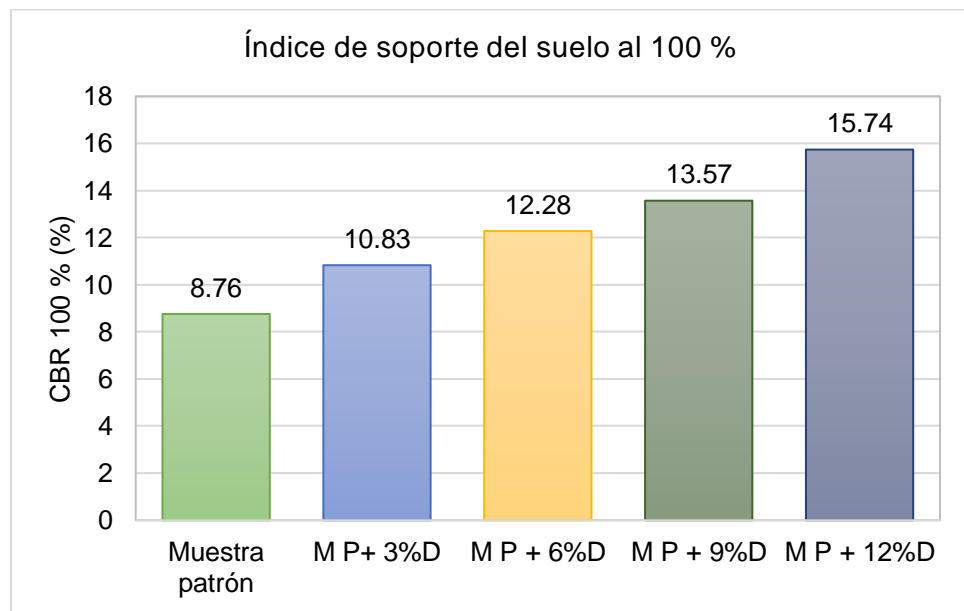


Figura 44. Variación del índice de CBR al 100 % en el suelo.

Finalmente, en la Figura 44 se muestra la variación del CBR al 100 % del suelo al adicionar porcentajes de 3, 6, 9 y 12 % de diatomita; observándose que su comportamiento es similar al CBR al 95 % de la máxima densidad seca.

### 4.3. Prueba de hipótesis

La prueba de las hipótesis planteadas se efectuó aplicando el estadístico de Pearson y considerando la Tabla 25.

Tabla 25. Interpretación de valor R de Pearson.

Valor de R	Interpretación
-1	Correlación negativa perfecta
-0.9	Correlación negativa muy fuerte
-0.75	Correlación negativa considerable
-0.5	Correlación negativa media
-0.25	Correlación negativa débil
-0.1	Correlación negativa muy débil
0	No existe correlación
0.1	Correlación positiva muy débil
0.25	Correlación positiva muy débil
0.5	Correlación positiva media
0.75	Correlación positiva considerable
0.9	Correlación positiva muy fuerte
1	Correlación positiva perfecta

Fuente: Hernández et al. (2014).

Los resultados de las pruebas de hipótesis específica se muestran en los siguientes ítems:

#### 4.3.1. Hipótesis específica A: La diatomita estabiliza las propiedades físicas de suelos finos para subrasante, incrementando la consistencia, disminuyendo el índice de plasticidad y expansión

$H_{01}$ : La diatomita no estabiliza las propiedades físicas de suelos finos para subrasante, incrementando la consistencia, disminuyendo el índice de plasticidad y expansión.

$H_{11}$ : La diatomita estabiliza las propiedades físicas de suelos finos para subrasante, incrementando la consistencia, disminuyendo el índice de plasticidad y expansión.



Tabla 26. Prueba de hipótesis específica A.

Propiedad física		Cantidad de diatomita
Grava	Correlación de Pearson	-0.988**
	Sig. (bilateral)	0.002
	N	5
Arena	Correlación de Pearson	-0.827
	Sig. (bilateral)	0.084
	N	5
Finos	Correlación de Pearson	0.956*
	Sig. (bilateral)	0.011
	N	5
Límite líquido	Correlación de Pearson	-0.967**
	Sig. (bilateral)	0.007
	N	5
Límite plástico	Correlación de Pearson	0.979**
	Sig. (bilateral)	0.004
	N	5
Índice de plasticidad	Correlación de Pearson	-0.994**
	Sig. (bilateral)	0.001
	N	5

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (2 colas).

Como se observa en la Tabla 26 las correlaciones entre la cantidad de diatomita y las propiedades físicas son superiores a 0.90; esto según la Tabla 25 representaría una correlación muy fuerte, ya sea positiva o negativa; sin embargo esta relación solo es significativa en las cantidad de grava, en el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad, debido a que la significancia obtenida es menor a 0.05.

Con base a lo descrito se concluye estadísticamente que, se acepta la hipótesis alterna, sin embargo solo algunas de las propiedades físicas del suelo se ven afectadas al adicionar diferentes proporciones de diatomita.

#### 4.3.2. Hipótesis específica B: La diatomita estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante, incrementando el valor de la máxima densidad seca y el índice de CBR

H<sub>02</sub>: La diatomita no estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante, incrementando el valor de la máxima densidad seca y el índice de CBR.

H<sub>12</sub>: La diatomita estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante, incrementando el valor de la máxima densidad seca y el índice de CBR.

Tabla 27. Prueba de hipótesis específica B.

Propiedad mecánica	Cantidad de diatomita	
Óptimo contenido de humedad	Correlación de Pearson	-0.995**
	Sig. (bilateral)	0.000
	N	5
Máxima densidad seca	Correlación de Pearson	0.948*
	Sig. (bilateral)	0.014
	N	5
CBR 95 %	Correlación de Pearson	0.993**
	Sig. (bilateral)	0.001
	N	5
CBR 100 %	Correlación de Pearson	0.996**
	Sig. (bilateral)	0.000
	N	5
Expansión 56 golpes	Correlación de Pearson	-0.639
	Sig. (bilateral)	0.246
	N	5
Expansión 25 golpes	Correlación de Pearson	-0.597
	Sig. (bilateral)	.288
	N	5
Expansión 10 golpes	Correlación de Pearson	-0.768
	Sig. (bilateral)	0.129
	N	5

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (2 colas).

Tal como se muestra en la Tabla 27, la correlación entre la cantidad de diatomita y las propiedades mecánicas es mayor a 0.5,

siendo las que presentan una correlación muy fuerte las propiedades como: el óptimo contenido de humedad, la máxima densidad seca y el CBR al 95 % y 100 %. Por otra parte, las propiedades como la máxima densidad seca y la expansión presentan una significancia mayor a 0.05, por lo que se debe de concluir que a pesar de existir correlaciones entre alta y muy fuerte, estas no son significativas.

Con base a lo descrito, se concluye estadísticamente que la diatomita tiene una correlación fuerte y significativa con el óptimo contenido de humedad y el CBR al 95 % y 100 %; por lo que se acepta la hipótesis alterna de manera parcial.

#### **4.3.3. Prueba de hipótesis general**

Según lo determinado se concluye que si existe un efecto entre la cantidad de diatomita y la estabilización de los suelos finos; por lo que se acepta la hipótesis planteada.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el trabajo de investigación “**Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente**” elaborada por Caamaño (2016) obtuvo como resultados para la muestra patrón un contenido de gravas de 0 %, arenas de 59 %, finos de 41 %, límite líquido de 33 %, límite plástico de 22 %, índice de plasticidad de 11 %, humedad natural de 12 %, máxima densidad seca de 17.60 KN/m<sup>3</sup>, óptimo contenido de humedad de 18.40 % y módulo resiliente de 45.54 MPa; asimismo, para el suelo con adición de cascarilla de arroz al 2 %, el límite líquido fue de 31 %, límite plástico de 23 %, índice de plasticidad de 8 % y módulo resiliente de 53.64 MPa; para el suelo con adición de cascarilla de arroz al 4 %, el límite líquido fue de 33 %, límite plástico de 26 %, índice de plasticidad de 7 % y módulo resiliente de 65.27 MPa; por último, para el suelo con adición de cascarilla de arroz al 6 %, el límite líquido fue de 33 %, límite plástico de 27 %, índice de plasticidad de 6 % y módulo resiliente de 62.72 MPa. **Por lo tanto, de acuerdo a esta investigación** en comparación con lo realizado por Caamaño (2016), se tiene que con 3 % de diatomita, el límite líquido del suelo modificado disminuye hasta en -6.75 % (Tabla 16), y el límite plástico se incrementa en 3.02 % (Tabla 17), lo cual concuerda con lo obtenido por Caamaño (2016); no obstante, el índice de plasticidad presentó una disminución del 16.83 % más (Tabla 18), concordando con lo conseguido por Caamaño (2016) quién también obtuvo reducción del índice de plasticidad. En cuanto a la resistencia, la investigación

de Caamaño (2016) consideró al módulo resiliente para su medición, obteniendo con la adición de cascarilla de arroz el incremento del mismo, lo cual en comparación a lo obtenido en esta investigación también se dio el incremento del CBR en 22.56 % (Tabla 24). Es así, que la utilización de la cascarilla de arroz y la diatomita logran estabilizar las propiedades físicas y mecánicas de suelos finos, esto debido al contenido de sílice en ambos estabilizadores.

En la tesis “**Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden**” realizada por Alzate y Duque (2019) utilizaron al cemento como estabilizador en 7 %, 10 % y 13 % de suelos arcillosos, obteniendo como resultados para la muestra patrón B2 (SP) el 28.28 % de gravas, 67.85 % de arenas y 3.90 % de finos, con humedad de 76 %, límite líquido de 91.48 %, límite plástico de 83.33 %, índice de plasticidad de 8.15 % y resistencia promedio de 9 088.59 kg/m<sup>2</sup>, para la muestra C1 (SP) el 17.28 % de gravas, 35.09 % de arenas, 3.52 % de finos, humedad de 71.37 %, límite líquido de 88.72 %, límite plástico de 84.45 %, índice de plasticidad de 4.27 % y resistencia promedio de 9 086.02 kg/m<sup>2</sup>, para la muestra C2 (SP) el 36.75 % de gravas, 62.77 % de arenas, 0.45 % de finos, humedad de 45.28 %, límite líquido de 61.08 %, límite plástico de 54.36 %, índice de plasticidad de 6.72 % y resistencia promedio de 93 627.82 kg/m<sup>2</sup> y para la muestra D2 (SM - SP) el 46.99 % de gravas, 46.78 % de arenas, 6.23 % de finos, humedad de 38.11 %, límite líquido de 62.34 %, límite plástico de 44.05 %, índice de plasticidad de 18.29 % y resistencia promedio de 33 862.758 kg/m<sup>2</sup>; asimismo, los resultados de la resistencia promedio con 13 % de cemento, fueron para la muestra B2 de 15 601.30 kg/m<sup>2</sup>, para la muestra C1 de 19 618.02 kg/m<sup>2</sup>, para la muestra C2 de 149 710.03 kg/m<sup>2</sup> y para la muestra D2 de 96 306.88 kg/m<sup>2</sup>. **Por consiguiente, de acuerdo a esta investigación** en comparación con lo realizado por Alzate y Duque (2019), se tiene que la adición de la diatomita a un 3 % se dio también el incremento de la resistencia de acuerdo a los resultados de CBR (100%) en 23.62 % (Tabla 24). En consecuencia, la utilización de cemento y diatomita incrementan la capacidad de soporte de suelos finos, pues ambos presentan sílice en su composición.

En el trabajo de investigación “**Análisis del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante**” elaborada por Baldeón (2019), como resultados obtuvo que fue necesario realizar 3 calicatas con la finalidad de caracterizar la zona de estudio, resultando así que, las tres calicatas fueran del mismo tipo de suelo para todas (CL), el cual se puede describirse como un suelo arcilloso limoso con una plasticidad media; pero de acuerdo a la clasificación AASTHO, el tipo de suelo fue variado, pues se obtuvo valores de A-7-6 y A-6, lo cual lo pone en el rango de un suelo arcilloso. Con respecto a los límites de consistencia obtuvo que el contenido de humedad estuvo comprendido entre 19.58 % y 23.10%; el límite líquido en promedio fue de 40.14 %; mientras que el plástico tuvo un valor de 26.65 %. Estos resultados conllevaron a que el índice de plasticidad varié entre las muestras obtenidas de las calicatas, pues obtuvo valores de 17.85 %, 16.07 % y 18.58 %. Con respecto a sus propiedades mecánicas como la máxima densidad y el óptimo contenido de humedad obtenidas de las diferentes calicatas, no presentaron grandes variaciones, pues el valor de la MDS varió de 1.77, 1.810 y 1.825 g/cm<sup>3</sup>; mientras que el óptimo contenido de humedad estuvo comprendido entre 15.81 %, 15.40 % y 15.50 %; finalmente el CBR de las muestras al 95 % y 0.1 pulgada de penetración, en promedio fue de 3.26 %, la cual indica que es un suelo inadecuado para ser considerado como subrasantes. Es en este contexto que consideró la adición de arena de sílice en proporciones de 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % y 60 %; obteniendo así que, el límite líquido disminuye a medida se incrementa la proporción de arena de sílice de 35.30 % hasta 22.86 %; el límite plástico del suelo también disminuye de 22.63 % al 10 % de AS a 21.54 % al 20 % de AS; después de esta concentración, el suelo pierde su plasticidad; esto se ve reflejado en el índice de plasticidad del suelo pues presentan la misma tendencia, pues cuando se toma en cuenta una concentración de arena de sílice de 20 % se logra disminuir el índice de plasticidad a 9.72 %, después de este valor el suelo se vuelve no plástico. Con respecto a la clasificación según las metodologías de SUCS y AASTHO, se puede mencionar que estas varían en función al incremento del porcentaje de arena de sílice. En referencia al primer

método el suelo pasa de ser de tipo CL en su concentración más baja (10 %) a ML en su concentración media (30%) y finalmente SP-SM al considerar un porcentaje de arena de sílice del 50 %; mientras que en la segunda clasificación pasa de ser del tipo A-6 al A-4 y finalmente A-3 en las concentraciones ya mencionadas. Finalmente, también se ha observado un incremento sustancial de las propiedades mecánicas de suelos, pues el óptimo contenido de humedad disminuye de 15.20 % hasta 10.60 % a medida que se incrementa la cantidad de arena de sílice, mientras que, tanto la máxima densidad seca y el índice de CBR se incrementan de 1.798 g/cm<sup>3</sup> hasta 1.954 g/cm<sup>3</sup> y de 3.70 % a 15.50 % respectivamente, notándose un quiebre del valor cuando la concentración de arena de sílice fue del 50 %. **De acuerdo a la presente investigación** se menciona que se concuerda con Baldeón (2019) en cuanto al tipo de suelo estudiado, pues según la Tabla 15 el tipo de suelo estudiado también fue el tipo CL, sin embargo la clasificación del suelo analizado según AASTHO fue el A-6 (9), esto debido a que consideró tres calicatas en puntos muy distantes lo cual obviamente modificará, aunque no de manera significativa, las propiedades del suelo como el límite líquido, plástico, el índice de plasticidad, la máxima densidad seca, el óptimo contenido de humedad, la expansión y el índice de CBR, tal como se muestran en los resultados de la Tabla 14. Al comparar los valores obtenidos con las diferentes concentraciones de diatomita en el suelo se ha podido comprobar que, al igual que con la arena de sílice, el comportamiento del límite líquido, el plástico y el índice de plasticidad son similares a medida que se adiciona el estabilizante. Con respecto a las propiedades mecánicas, se puede mencionar que, se han obtenido resultados con tendencias similares realizadas por Carrión (2016), pues al igual que con la arena de sílice, la tendencia del óptimo contenido de humedad es disminuir a medida que se incrementa la cantidad de diatomita; mientras que la máxima densidad seca al igual que el índice de CBR al 95 % se incrementa, tal como se observa en la Tabla 23. Es por lo mencionado que se puede establecer que, la diatomita como la arena de sílice estabilizan el suelo, esto debido a que ambos presentan alto contenido de sílice en su composición.

En la investigación titulada “**Capacidad portante (CBR) de un suelo a ser utilizado como material de base adicionando diatomita, Cajamarca 2016**” realizada por Carrión (2016), determino que al estudiar una muestra de suelo para ser utilizado como base de un pavimento debe cumplir las especificaciones que el manual de especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 establece; obteniendo así que las propiedades del agregado grueso como el de abrasión, sales solubles, durabilidad al sulfato, etc.; cumple lo especificado; pero las propiedades físicas del agregado fino como como el índice de plasticidad , el equivalente de arena no cumplían lo recomendado por la mencionada norma. Con respecto al valor de soporte de CBR del suelo, también se observó que dicho índice no cumplía lo establecido. Es por ello que aplicó adiciones de diatomita en concentraciones de 5, 10, 15 y 20 %, para observar si existía variaciones, obteniendo así que el índice de plasticidad disminuyó de 6 % a 3.8 %, el equivalente de arena se incrementó de 30.54 % a 38.14 %; mientras que el índice de soporte se incrementó de 70.19 % a 88 % al considerar un porcentaje de 10 % de diatomita. **De acuerdo a la presente investigación** se detalla que, se concuerda con Carrión (2016), en cuanto a que la diatomita sí mejora las propiedades físicas y mecánicas de del suelo, aunque no en la misma proporción, pues el tipo de suelo en ambas investigaciones fue diferente debido a la función que cumple cada una de ellas. Otro aspecto importante a resaltar es que al igual que en la tesis en mención, el CBR se incrementa de manera considerable solo al considerar una baja porción de diatomita; esto se debe en gran medida a que la arcilla es capaz de retener mayor cantidad de agua; lo cual activaría la capacidad de aglomerante de la diatomita. Es por lo mencionado que el uso de la diatomita sí mejora las propiedades del suelo ya sea para su uso en subrasante o en bases que no cumplan lo estipulado en las normativas vigentes



## CONCLUSIONES

1. La utilización de la diatomita mejora la estabilización de suelos finos para subrasante, pues al considerar el 3 %, 6 %, 9 % y 12 % respecto al peso del suelo se observó mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas.
2. La diatomita estabiliza las propiedades físicas de los suelos finos para subrasante, incrementando la consistencia (incremento del límite líquido y reducción del límite plástico), disminuyendo el índice de plasticidad y la expansión.
3. La diatomita estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante reduciendo el óptimo contenido de humedad e incrementando la máxima densidad seca y el índice de CBR al 95 % y 100%.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el estudio futuro de este material en tratamientos de bases o subbases de pavimentos flexibles o rígidos que no cumplan las exigencias de las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG-2013) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
2. Se recomienda a los gobiernos locales, tomar énfasis en el procesamiento de la diatomita, pues como se ha demostrado, tiene aplicabilidad en el mejoramiento del suelo, y según otros estudios en las propiedades mecánicas del concreto simple.
3. Se recomienda ampliar el estudio a otros tipos de suelo con alta plasticidad como las arcillas inorgánicas (CH) o las arcillas orgánicas (OH).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALZATE, A. y DUQUE, J., 2019. *Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden*. Pereira: Univerisdad Libre Seccional Pererira.
2. BALDEÓN, I., 2019. *Análisis del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
3. BRAJA, M., 2015. *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. 4ta edició. Mexico D.F.: Cegace Learning. ISBN 9781111576752.
4. BUSTAMANTE, A., 2016. *Evaluación en el nivel de resistencia de una subrasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil*. S.I.: Universidad de Cuenca.
5. CAAMAÑO, I., 2016. *Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resilente*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
6. CARRASCO, S., 2013. *Metodología de la investigación científica*. Lima - Perú: San Marcos.
7. CARRIÓN, K., 2016. *Capacidad portante (CBR) de un suelo a ser utilizado como material de base adicionando diatomita, Cajamarca 2016*. S.I.: Universidad Privada del Norte.
8. CCANTO, G., 2010. *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil*. Lima - Perú: Gerccantom.
9. CHICAIZA, E. y OÑA, F., 2018. *Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz*. S.I.: Escuela Politécnica Nacional.
10. CUADROS, C., 2017. *Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio - 2016*.

S.I.: Universidad Peruana Los Andes.

11. FLORES, J., 2015. *Estudio del comportamiento mecánico de una mezcla termo conformado con material reciclado (polietileno de alta densidad) con diatomita para pisos como material alternativo en la construcción*. S.I.: Universidad Nacional de San Agustín.
12. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. del P., 2014. *Metodología de la investigación*. Sexta. México: McGRAW-HILL. ISBN 9786071502919.
13. KRAEMER, C., PARDILLO, J., ROCCI, S., ROMANA, M., SÁNCHEZ, V. y DEL VAL, M., 2004. *Ingeniería de carreteras*. Segunda. Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana de España. ISBN 84-481-3998-4.
14. LLAMOGA, L., 2017. *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Camajarca 2016*. S.I.: Universidad Privada del Norte.
15. LÓPEZ, J. y ORTIZ, G., 2018. *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay*. S.I.: Universidad Tecnológica de los Andes.
16. MONJE, C., 2011. *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. 2011. Colombia: Universidad Surcolombiana.
17. MTC, 2008. *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito* [en línea]. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>.
18. MTC, 2013. *Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013)* [en línea]. Tomo I. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: [https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/docume](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/docume)

ntos/manuales/Manual de Carreteras - Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción - EG-2013 - (Versión Revisada - JULIO 2013).pdf.

19. MTC, 2014. *Manual de carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección suelos y pavimentos)* [en línea]. 2014. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos\\_Manual\\_de\\_Carreteras\\_OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf).
20. MTC, 2016. *Manual de ensayo de materiales* [en línea]. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en: [https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual Ensayo de Materiales.pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual Ensayo de Materiales.pdf).
21. RICO, A. y DEL CASTILLOS, A., 2005. *La ingeniería de los suelos en las vías terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. México: Limusa. V.2.
22. URDAY, A., 2015. *Uso de la diatomita para la elaboración de bloquetas artesanales de concreto en la ciudad de Arequipa*. S.l.: Universidad Católica de Santa María.
23. VELÁSQUEZ, C., 2018. *Influencia del cemento Portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina*. S.l.: Universidad Nacional De Cajamarca.

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Matriz de consistencia**

**Tesis: “Efectos de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante”**

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es el efecto de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> a) ¿De qué manera la diatomita estabiliza las principales propiedades físicas de suelos finos para subrasante? b) ¿Qué efecto tiene la diatomita estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar el efecto de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> a) Analizar la estabilización de las principales propiedades físicas de suelos finos por efecto de la diatomita para subrasante. b) Determinar el efecto de la diatomita en las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La utilización de la diatomita mejora la estabilización de suelos finos para subrasante.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> a) La diatomita estabiliza las propiedades físicas de suelos finos para subrasante incrementando la consistencia, disminuyendo el índice de plasticidad y expansión. b) La diatomita estabiliza las principales propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante reduciendo el óptimo contenido de humedad e incrementando la máxima densidad seca y el índice de CBR al 95 % y 100 %.</p>	<p><b>Variable independiente (X):</b> Diatomita.</p> <p><b>Variable dependiente (Y):</b> Estabilización de suelos finos para subrasante.</p>	<p>-Material que pasa la malla N°40.</p> <p>- Propiedades físicas.</p> <p>- Propiedades mecánicas.</p>	<p>- 3 % - 6 % - 9 % - 12 %</p> <p>- Granulometría. - Límite líquido. - Límite plástico. - Índice de plasticidad. - Proctor modificado. - CBR.</p>	<p><b>Método general:</b> Método científico.</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada.</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo - explicativo.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Experimental.</p> <p><b>Población:</b> La población estuvo conformada por 285 kg de suelo obtenida de la vía JU-790 del Anexo de Santo Domingo de Cachi, distrito de Yanacancha – Chupaca – Junín.</p> <p><b>Muestra:</b> no se utilizó una técnica de muestreo, sino el censo debido a que se consideró toda la población.</p>



## **ANEXO N° 02: ENSAYOS EN LABORATORIO**

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/Dsb -



**KLAFER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSSL
794

CALICATA	C-01 0% DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.0	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.0	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.0	100.00
N°4	4.760	21.54	2.93	2.9	97.07
N°10	2.000	12.67	1.73	4.7	95.34
N°20	0.840	15.35	2.09	6.8	93.25
N°30	0.590	9.02	1.23	8.0	92.02
N°40	0.425	12.87	1.75	9.7	90.27
N°60	0.260	9.15	1.25	11.0	89.02
N°100	0.149	7.46	1.02	12.0	88.00
N°200	0.075	5.34	0.73	13.7	87.28
FONDO		639.85	87.17	99.9	0.10
PESO TOTAL			99.9		

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
± LÍMITE LÍQUIDO	34.53
± LÍMITE PLÁSTICO	17.54
INDICE PLÁSTICO	16.99

PORCENTAJES	
± GRAVA	1.93%
± ARENA	9.7%
± FINO	87.28%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(14)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA

**KLAFER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Marina Peña  
ASESOR TÉCNICO CIP 19888 RES. 0008  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE CONCRETO GESTIONARIA GEOLOGIA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	C-8
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	215.23
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	211.62
PESO AGUA gr.	3.61
PESO DE LA TARA gr.	162.02
PESO SUELO SECO gr.	49.60
CONTENIDO DE HUMEDAD. %	7.28%

**KLAFER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

DEVENADO EN CACHA Y AYACUCHO: 11 DE JULIO DEL 2020. HUANCAYO.

RUC 20487134911

ESTE CERTIFICADO NO DEBE USARSE COMO PRUEBA DE LA VERDAD EN LA FALTA DE LA ORIGINAL ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (COPIA FOTOCOPIADA). GP. 004. 1993)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRIGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Trado mediante Resolución N° 009178 -2020/Dsb - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

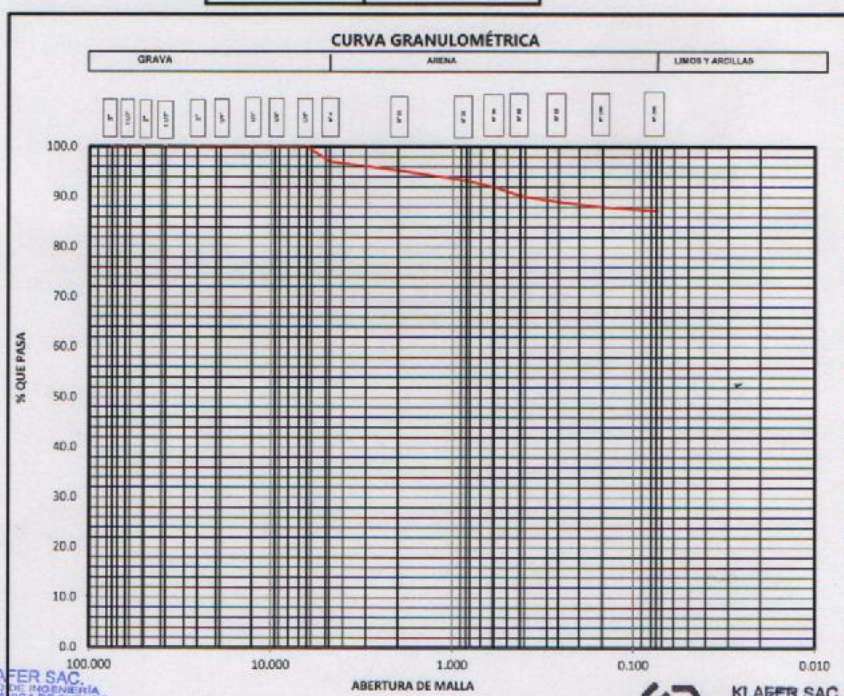
CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSLIN NINANY SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 0% DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Marino Peña Durán  
AGENCIADOR TÉCNICO D.P. FIRM. REG. C. SUELOS C-5888  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Jimmy Tacuna Gomez  
AGENCIADOR TÉCNICO D.P. FIRM. REG. C. SUELOS C-5888  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

% GRAVA	2.99%	% ARENA	9.79%	% FINO	
---------	-------	---------	-------	--------	--

LOCALIDAD: AV. GARCILASO DE LA VEGA 413 - 145 CHINCHA-HUANCAYO.

RUC 20487134911

LOCAL: TAMBO: BOVINOCAMPO 133 BRINCHI UN 611  
AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TÉRMINO DE RESPONSABILIDAD (INDECOP: GP-004-1993)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSSL
790

CALICATA	C-01 3% DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PARCIAL RETENIDO (gr)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.0	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.0	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.0	100.00
N°4	4.760	16.47	2.20	2.2	97.80
N°10	2.000	11.75	1.57	3.8	96.24
N°20	0.840	13.00	1.73	5.5	94.50
N°30	0.590	13.62	1.82	7.3	92.69
N°40	0.425	10.25	1.37	8.7	91.32
N°60	0.260	8.63	1.15	9.8	90.17
N°100	0.149	6.25	0.83	10.7	89.34
N°200	0.075	5.34	0.71	11.4	88.63
FONDO		0.17	0.02	11.4	88.60
PESO			11.4		

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	32.20
% LÍMITE PLÁSTICO	18.07
ÍNDICE PLÁSTICO	14.13

PORCENTAJES	
% GRAVA	2.20%
% ARENA	97.80%
% FINO	88.63%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3182	A-6(0)
NOMBRE DE GRUPO	AROLLA FINA

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Marino Peña  
ALICIA TONDO CIF. 7636 SES. COM.  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOL.

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	C-8
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	215.23
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	209.25
PESO AGUA gr.	5.98
PEO DE LA TARA gr.	118.43
PESO SUELO SECO gr.	90.82
CONTENIDO DE HUMEDAD: %	6.58%

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

**YIMMY TACUÑA GOMEZ**  
RUC 80487134911  
CEL. 945510108

LABORATORIO: ASACAMBA, RÍO DE LA TRINIDAD, CANTÓN SAN CARLOS, PROV. COTACACHI, BOLIVIA

LOCAL: CAMPO DE LOS CAMPOS LAS BRUNES, U.N.C.D.

ESTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (SIN PERJURAR INDECOP, SP.204 1993)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Trado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD -



**KLAFER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
 ESTUDIO : JULIO  
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSLIN NINANYA SANCHEZ  
 PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
 UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 3% DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



**KLAFER SAC**  
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
 ASESOR TECNICO CIP 7868 REG. CONSEJO REGULATORIO DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
 CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**KLAFER SAC**  
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
 YIMMY TACUNA GOMEZ  
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

GRAVA	2.20%	ARENA	9.18%
-------	-------	-------	-------

LOCALIDAD: AV CAJAMARCA 4469 - HUANCAYO. RUC 20487134911  
 LOCAL: TAMBO. PSICANOS LAS FRENTERAS S.A. CUI 94534409

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLAFER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSL
780

CALICATA	C-01 6% DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.0	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.0	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.0	100.00
N°4	4.760	14.25	1.83	1.8	98.17
N°10	2.000	11.25	1.44	3.3	96.73
N°20	0.840	12.96	1.66	4.9	95.07
N°30	0.590	11.47	1.47	6.4	93.60
N°40	0.425	10.25	1.31	7.7	92.28
N°60	0.260	9.26	1.19	8.9	91.10
N°100	0.149	7.58	0.97	9.9	90.13
N°200	0.075	6.85	0.88	10.8	89.25
FONDO		0.17	0.02	10.8	89.23
PESO TOTAL			10.8		

LIMITE DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LIMITE LIQUIDO	51.11
% LIMITE PLASTICO	18.58
INDICE PLASTICO	12.53

PORCENTAJES	
% GRAVA	1.83%
% ARENA	8.93%
% FINO	89.25%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3282	A-6(10)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA

**KLAFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ABSORTEO TECNICO CIP. N° 1088. COORDINADOR  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEODINAMICA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	C-8
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	216.38
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	209.85
PESO AGUA gr.	6.53
PESO DE LA TARA gr.	118.43
PESO SUELO SECO gr.	91.42
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	7.14%

**KLAFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS

**YIMMY TACVINA GOMEZ**  
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

INFORMACION: MANCAYO : AV. GARCILAZO MIRANDA 1441 1445 01100 HUIBAMA MANCAYO.

LOCAL: CAMPO : BOIE CAMPOS 143 FRENTE A UNICER

RUC 00487134911

CEL. 045510188

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, ACREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Tradicionalmente Registrado Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLAFER S.A.C.**

CERTIFICADO N° 00122965

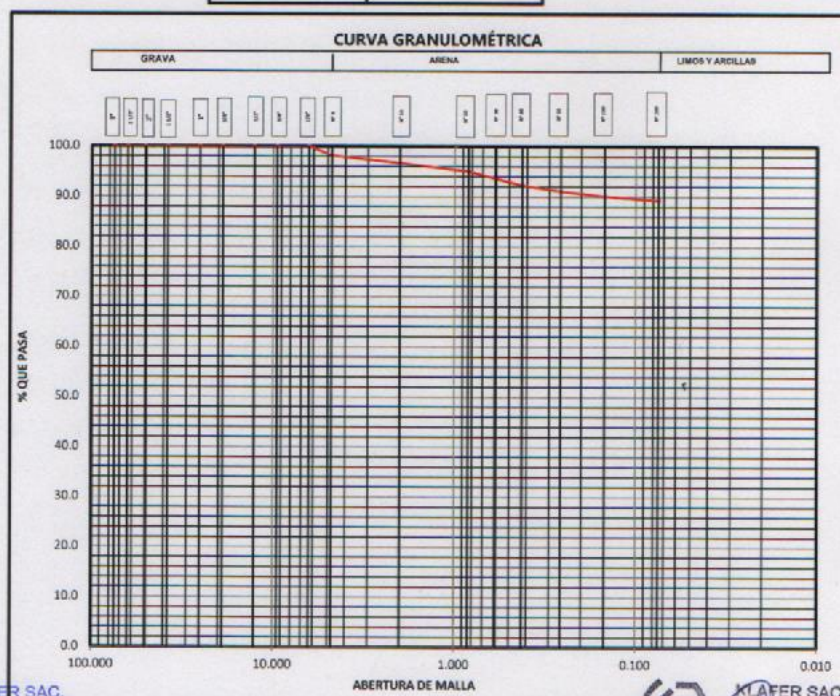
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

**Indecopi**

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422**

CALICATA	C-01 6% DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

KLAFER SAC  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil **CARLO PEÑA BUEÑAS**  
ABSORTEADOR TÉCNICO D.F. 7876 REG. CONSEJO PROF. 0 5888 -  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOMECÁNICA

KLAFER SAC  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS

**YIMMY VACUNA GOMEZ**  
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

100%	1.000	0.075	0.060	0.0425	0.030	0.025	0.020	0.015	0.0075
100%	1.000	0.075	0.060	0.0425	0.030	0.025	0.020	0.015	0.0075
% GRAVA	1.83%	% ARENA	8.93%	% FINO					

LOCALIDAD: AV. CHILIBASTO 459 - LA HUAYITA - HUAYACAÑO. RUC 20487134911  
 LOCAL: TAMBO DOBLE MUESTRA PRECUNDA EN LA FUNDACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TÍTULO (SOLO PARA  
 INDECOP: GP-004: 1093)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.  
 ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLAFER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSSL
800

CALICATA	C-01 9% DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PARCIAL RETENIDO (GR)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.0	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.0	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.0	100.00
N°4	4.760	10.25	1.28	1.3	98.72
N°10	2.000	8.26	1.03	2.3	97.69
N°20	0.840	13.25	1.41	3.7	96.28
N°30	0.590	12.14	1.52	5.2	94.76
N°40	0.425	11.47	1.43	6.7	93.33
N°60	0.260	10.25	1.28	8.0	92.05
N°100	0.149	9.26	1.16	9.1	90.89
N°200	0.075	7.58	0.95	10.1	89.94
FONDO		0.17	0.02	10.1	89.92
				10.1	

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	30.03
% LIMITE PLASTICO	20.18
INDICE PLASTICO	9.85

PORCENTAJES

% GRAVA	1.28%
% ARENA	8.78%
% FINO	89.94%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUICS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3382	A-6(10)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA

**KLAFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil  
ASISTENTE TECNICO  
ASISTENTE TECNICO  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEODINAMICA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No.	C-8
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	214.75
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	208.12
PESO AGUA gr.	6.63
PESO DE LA TARA gr.	118.43
PESO SUELO SECO gr.	89.69
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	7.39%

**KLAFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
**YIMMY TACUNA GOMEZ**  
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

UBICACIÓN: CACHI, PROV. SUCUMBIOS, DEPTO. CUSCO

RUC 20487134911

ESTE DOCUMENTO ES LA ÚNICA COPIA AUTÉNTICA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (POR PERSONA AJENA): CP:004 (1999)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Trado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

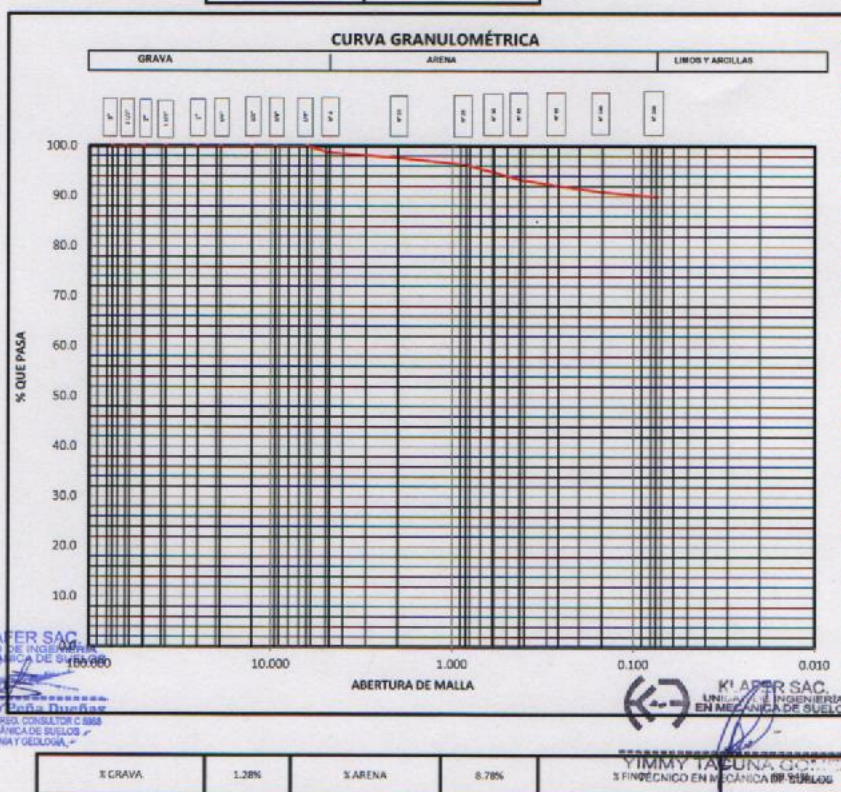
CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN MINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 93 DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil M.Sc. YOSELIN MINANYA SANCHEZ  
ABSORCIÓN TÉCNICO CIP: 76086 REG. CONSULTOR C 8968  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y  
CONCRETO GEOTECNIA Y OCEANOGRAFIA.

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TABUENA GARCIA  
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

LOCALIDAD: AV. CARRERA 445 CHILCA HUANCAYO. RUC 20487134911  
LOCAL TAMBO: PSIC CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P. CEL. 945510108  
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (SIN PERMANENCIA). (INDECOP: GP-004:1993)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.  
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRYCA. DE PUESTA A TIERRA. ETC.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATÓMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

T+MSSL
820

CALICATA	C-01 12% DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PARCIAL RETENIDO (GRS)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.0	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.0	100.00
1 1/2"	39.100	0.00	0.00	0.0	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.0	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.0	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.0	100.00
N°4	4.760	8.25	1.01	1.0	98.99
N°10	2.000	9.25	1.13	2.1	97.87
N°20	0.840	10.24	1.25	3.4	96.62
N°30	0.590	11.26	1.37	4.8	95.24
N°40	0.425	9.26	1.13	5.9	94.11
N°60	0.260	11.47	1.40	7.3	92.72
N°100	0.149	12.36	1.51	8.8	91.21
N°200	0.075	9.52	1.16	10.0	90.05
PONDO		0.17	0.02	10.0	90.03
PESO TOTAL			10.0		

LIMITE DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LIMITE LIQUIDO	29.48
% LIMITE PLASTICO	21.04
INDICE PLASTICO	8.44

PORCENTAJES	
% GRAVA	1.01%
% ARENA	8.95%
% FINO	90.05%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D-2487	CL
AASHTO ASTM D-3082	A-6(H)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil **Martín Peña**  
ASESOR TÉCNICO CIP. N° 1089 REG. CO. 11330  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	C-8
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	217.34
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	209.56
PESO AGUA gr.	7.58
PESO DE LA TARA gr.	118.43
PESO SUELO SECO gr.	91.13
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	8.32%

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
**YIMMY TACUNA GOMEZ**

LABORATORIO: AYMARA RIVERA S.A. SUCURSAL HUANCAYO.

LABORATORIO: ROY CAMPOS LAB. EPRINTE U.N.C.P.

TEL: 051 945510108  
RUC 20487134911  
CEL 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLAFER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

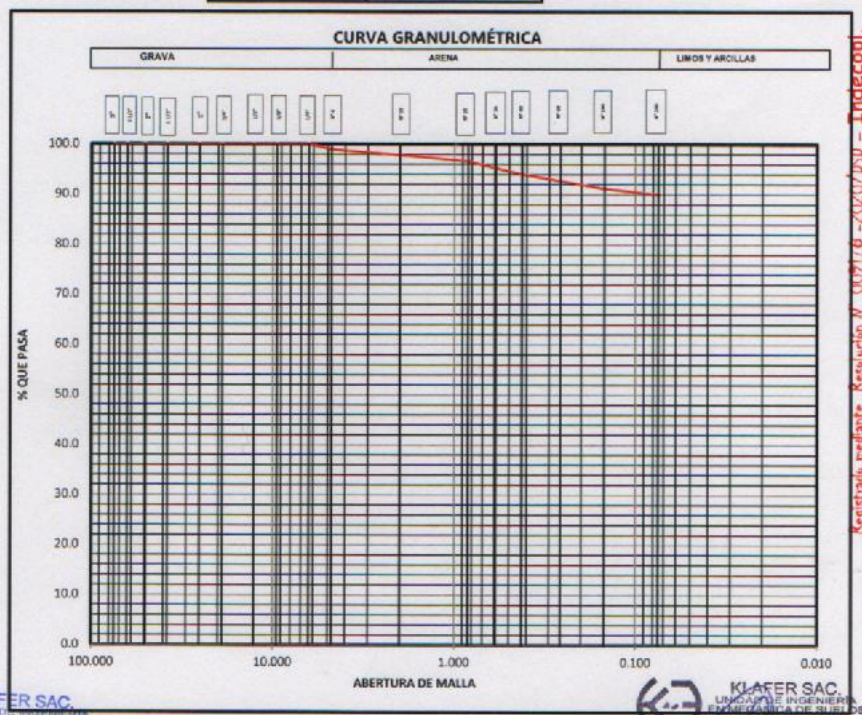
**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01 12X DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**KLAFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS

**KLAFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil **Marino Peña Dueñas**  
ANEXO TECNICO SIP 1028 REG. COM. 1109 C 588  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**YIMMY TACUNA GOMEZ**  
INGENIERO TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

GRAVA	1.01%	ARENA	8.95%
-------	-------	-------	-------

LOCAL OBSERVADOR : AV. CAMERON 445 - 4454 HUANCAJO. RUC 20487134911  
LOCAL TAMBOR : BOLECAMPOS 413 FRENTE A U.C.R. CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES. ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, ACREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLAFER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

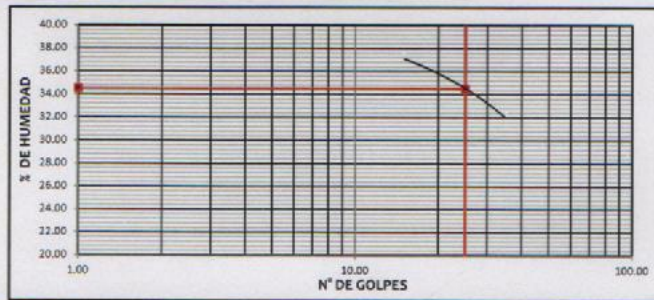
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01 03 DE DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	33.36	35.60	34.40	14.93	16.14
Recipiente + Suelo Seco	27.94	30.16	29.34	13.96	14.52
Peso de agua	5.32	5.44	5.06	9.97	1.62
Peso del Recipiente	13.82	13.86	13.79	6.78	2.01
Peso de Suelo Seco	14.12	16.30	15.53	7.18	2.51
% de Humedad	37.48	33.37	32.54	13.51	21.57
N° de Golpes	15.00	25.00	35.00		



**KLAFER SAC.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Marino Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO CIP. 15084. IRI. CONSULTORIO 0888  
ESPECIALISTA EN MEC.  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA.

% LIMITE LIQUIDO	34.53
% LIMITE PLASTICO	17.54
INDICE PLASTICO	16.99

**KLAFER SAC.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMAY TACUÑA GOMEZ  
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLA FER S.A.C.**

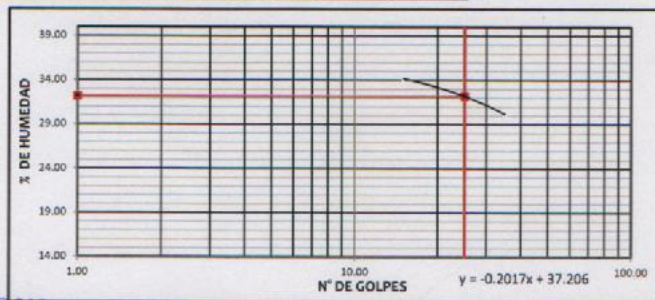
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01 3/8 DE DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	30.22	33.31	35.80	22.89	23.28
Recipiente + Suelo Seco	27.08	30.62	33.62	20.16	22.15
Peso de agua	3.14	2.69	1.18	2.53	1.11
Peso del Recipiente	17.85	22.14	26.35	10.42	11.23
Peso de Suelo Seco	9.23	8.28	7.27	9.74	10.92
% de Humedad	34.02	32.49	29.99	25.98	16.16
N° de Golpes	15.00	25.00	35.00		



% LIMITE LIQUIDO	32.20
% LIMITE PLASTICO	18.07
INDICE PLASTICO	14.13

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Yoselin Ninanya Sanchez  
ABSOR. TECNICO CIP. N° 1881. REG. CONSULTOR C-0008  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y  
CONCRETO GEOTECNIA

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TAJUNA GOMEZ  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.  
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLA FER S.A.C.**

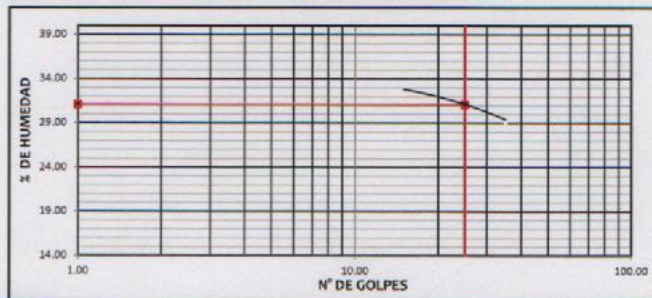
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NIMANY SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06-100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01 65 DE DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	35,53	34,58	36,05	31,69	24,02
Recipiente + Suelo Seco	28,18	31,62	33,87	19,88	22,88
Peso de agua	3,35	2,96	2,18	1,81	1,94
Peso del Recipiente	17,85	22,34	28,35	10,49	11,23
Peso de Suelo Seco	18,33	9,28	7,52	9,39	10,85
% de Humedad	32,43	31,90	28,99	19,28	17,88
N° de Golpes	15,00	25,00	35,00		



% LIMITE LIQUIDO	31,11
% LIMITE PLASTICO	18,58
INDICE PLASTICO	12,53

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Yoselin Nimany Sanchez  
ASESOR TECNICO (S.P. 1998) REG. CONSULTOR (C. 598)  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TACUNA GOMEZ  
EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLA FER S.A.C.**

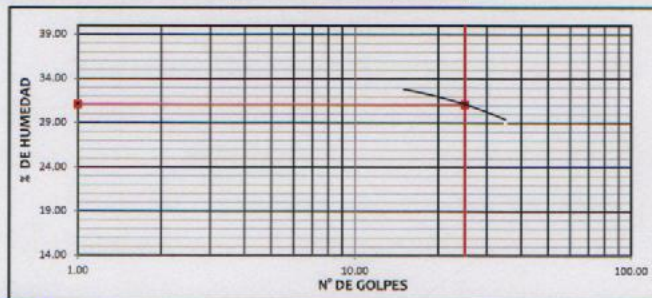
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NIMANY SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06-100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01 65 DE DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	31,53	34,58	36,05	31,69	24,02
Recipiente + Suelo Seco	28,18	31,62	33,87	19,88	22,88
Peso de agua	3,35	2,96	2,18	1,81	1,94
Peso del Recipiente	17,85	22,34	28,35	10,49	11,23
Peso de Suelo Seco	18,33	9,28	7,52	9,39	10,85
% de Humedad	32,43	31,90	28,99	19,28	17,88
N° de Golpes	15,00	25,00	35,00		



% LIMITE LIQUIDO	31,11
% LIMITE PLASTICO	18,58
INDICE PLASTICO	12,53

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Yoselin Nimany Sanchez  
ASESOR TECNICO (S.P.) INGENIERO CONSULTOR (C) 5989  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLÓGICA

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TACUNA GOMEZ  
EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLAFER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

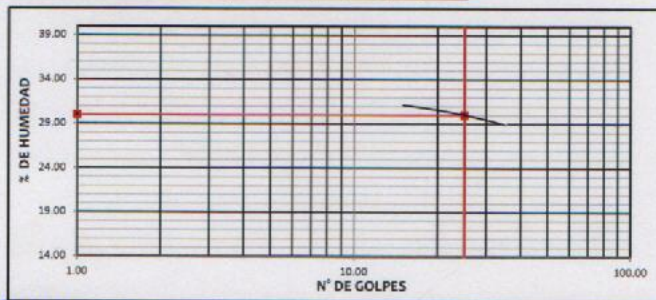
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
 ESTUDIO : JULIO  
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
 PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
 UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01 g% DE DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	32.53	34.06	36.69	21.81	24.57
Recipiente + Suelo Seco	29.03	32.07	34.36	19.98	22.23
Peso de agua	3.50	2.89	2.33	1.83	2.14
Peso del Recipiente	12.85	22.34	26.35	10.39	11.23
Peso de Suelo Seco	11.18	9.73	8.01	9.59	11.00
% de Humedad	31.31	29.70	29.09	19.08	21.27
N° de Golpes	15.00	25.00	35.00		



% LIMITE LIQUIDO	30.03
% LIMITE PLASTICO	20.18
INDICE PLASTICO	9.85

**KLAFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Civil YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
 ABOGADO TECNICO N° 17589 PSIC. CONSULTOR O 2008  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS O 2008  
 CONCRETO GEOTECNICO O 2008

**KLAFER S.A.C.**  
 UNIDAD DE INGENIERIA  
 EN MECANICA DE SUELOS  
**YIMMY TACUNA GOMEZ**  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.  
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
 RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLA FER S.A.C.**

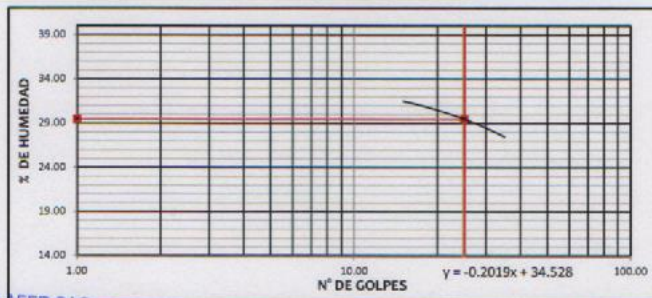
LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN MINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU-790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DEL SANTO DOMINGO DE CACHI.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DEL 2020

LIMTES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

CALICATA	C-01 12% DE DIATOMITA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50

ENSAYO N°	1	2	3	1	2
Recipiente + Suelo Hum.	32.85	35.12	36.32	22.35	24.78
Recipiente + Suelo Seco	29.24	32.24	34.16	20.32	22.38
Peso de agua	3.61	2.88	2.16	2.03	2.40
Peso del Recipiente	17.85	22.34	26.35	10.44	11.23
Peso de Suelo Seco	11.39	9.90	7.81	9.88	11.35
% de Humedad	31.69	29.09	27.66	20.55	21.52
N° de Golpes	15.00	25.00	35.00		



**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil YOSELIN MINANYA SANCHEZ  
ANEXOR TECNICO CIP. 18596 REG. CANGALUPUR C. 5086  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO Y GEOTECNIA

% LIMITE LIQUIDO	29.48
% LIMITE PLASTICO	21.04
INDICE PLASTICO	8.44

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TACUÑA GOMEZ

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD. (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, ACREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 - 2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL, YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"

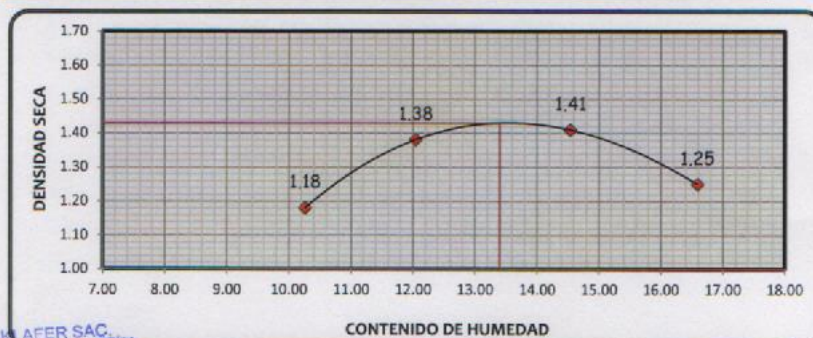
UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

**0% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	8915	9455	9603	9258
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	2857	3397	3545	3200
Peso volumetrico humedo	1.30	1.55	1.61	1.46
Contenido de agua	10.26	12.04	14.54	16.59
Peso volumetrico seco	1.18	1.38	1.41	1.25



**KLA FER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil YIMMY TAQUINA GOMEZ  
ASESOR TECNICO CP 7008 REG. CONSORCIO 000001  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO, ASPHALTO Y GEOTECNIA

**MÁXIMA DENSIDAD SECA :** 1.43 (gr/cm3)  
**CONTENIDO DE HUMEDAD :** 13.40 (%)

**KLA FER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
**YIMMY TAQUINA GOMEZ**  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

**OBSERVACIÓN :** Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004:1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 - 2020/DSD - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLAFFER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"

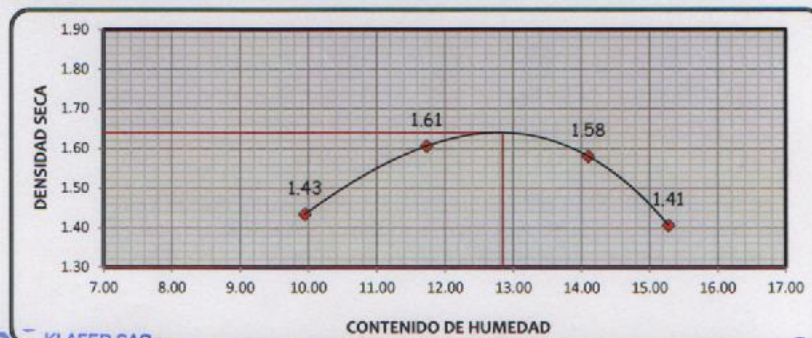
UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

**3% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 02
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9520	9998	10016	9617
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	3462	3940	3958	3559
Peso volumetrico humedo	1.58	1.79	1.80	1.62
Contenido de agua	9.95	11.73	14.10	15.28
Peso volumetrico seco	1.43	1.61	1.58	1.41



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.64 (gr/cm3)  
CONTENIDO DE HUMEDAD : 12.85 (%)

**KLAFFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. CIVIL YIMMY TAQUINA GOMEZ  
MAGISTER TECNICO CIP. TITULO 2008  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA.

**KLAFFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
**YIMMY TAQUINA GOMEZ**  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBORA : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASPALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSB -



**KLAFER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL, YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"

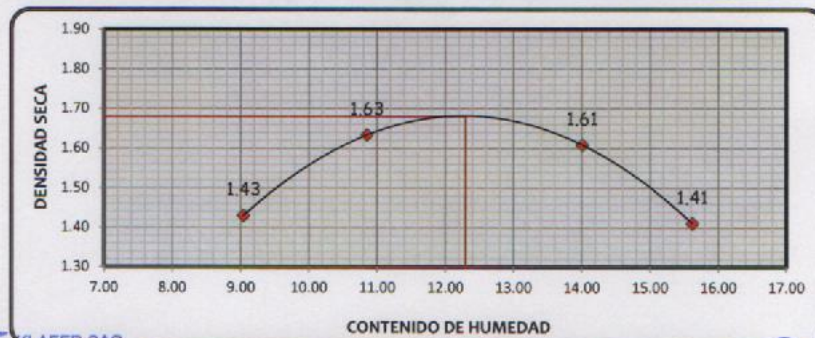
UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

**6% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 03
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9482	10033	10084	9638
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	3424	3975	4026	3580
Peso volumetrico húmedo	1.56	1.81	1.83	1.63
Contenido de agua	9.04	10.85	14.01	15.62
Peso volumetrico seco	1.43	1.63	1.61	1.41



**KLAFER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Marina Peña Dueñas  
ANEXO TÉCNICO COP. 7859. REG. CONSEJO 01598  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**MÁXIMA DENSIDAD SECA :** 1.68 (gr/cm<sup>3</sup>)  
**CONTENIDO DE HUMEDAD :** 12.30 (%)

**KLAFER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TACUNA GOMEZ  
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

**OBSERVACIÓN :** Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBÓ PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLAFFER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL, YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"

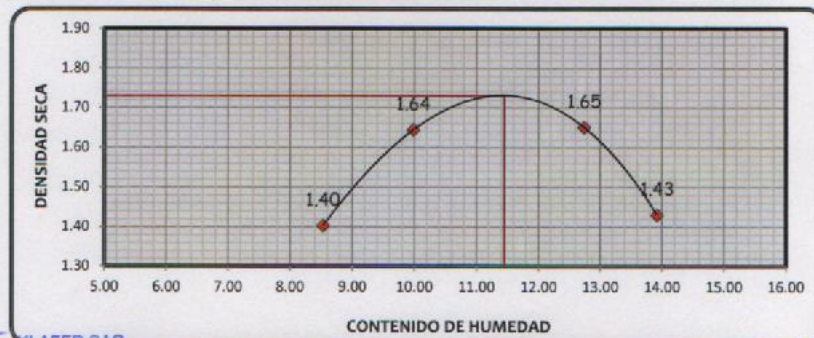
UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557**

**9% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 04
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9400	10029	10144	9635
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	3342	3971	4086	3577
Peso volumétrico húmedo	1.52	1.81	1.86	1.63
Contenido de agua	8.53	9.98	12.74	13.92
Peso volumétrico seco	1.40	1.64	1.65	1.43



**KLAFFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil **Yoselin Ninanya Sanchez**  
MÉTRICO TÉCNICO CIP 7634 REG. CONSEJO C 1988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONSEJO REGULATORIO GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**MÁXIMA DENSIDAD SECA :** 1.73 (gr/cm³)  
**CONTENIDO DE HUMEDAD :** 11.45 (%)

**KLAFFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
**YIMMY TACUNA GOMEZ**  
MÉTRICO TÉCNICO CIP 7634 REG. CONSEJO C 1988  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

**OBSERVACIÓN :** Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRÉGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"

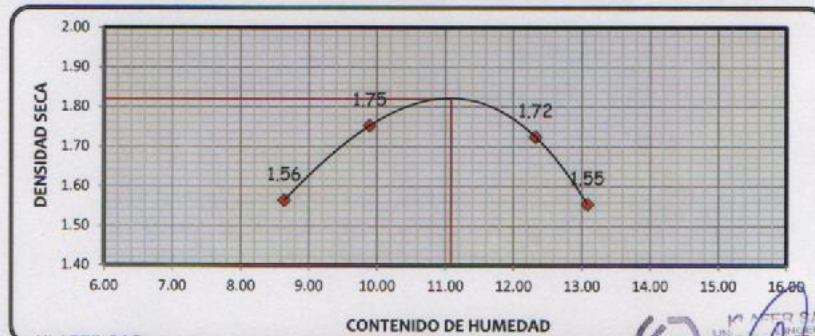
UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

**12% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 05
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	9790	10286	10311	9918
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo humedo compactado	3732	4228	4253	3860
Peso volumetrico humedo	1.70	1.93	1.94	1.76
Contenido de agua	8.64	9.89	12.32	13.08
Peso volumetrico seco	1.56	1.75	1.72	1.55



**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil YOSELIN Peña Dueñas  
REG. TÉCNICO GP 7836 REG. CONSULTOR C 9883  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONSEJO REGIONAL YACUYBA

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.82 (gr/cm3)  
CONTENIDO DE HUMEDAD : 11.08 (%)

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TACOMA GOMEZ  
TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRÉGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.





CERTIFICADO N° 0012296.5

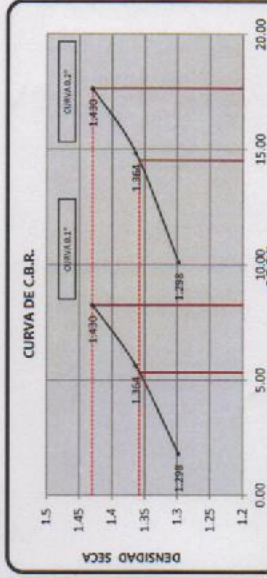
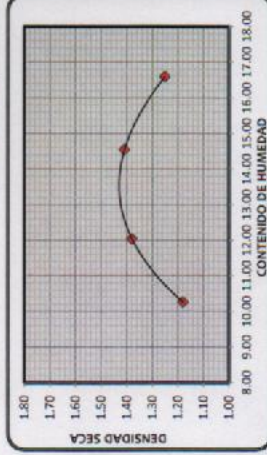
**Indecopi**

RESOLUCION N° 009178-2020/DSI-INDECOPI

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NIÑAYSA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JUL 780, PROGRESIVA 04+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1583**

0% DE DIATOMITA	
CALLICATA	C-1 prog. 06-100
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50



**KLAFER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Yoselin Niñaysa Sánchez  
ABRIL 2020  
ESPESIMETRO DE SUELOS 508  
CONCRETO GEOTÉCNICO SUELOS

**KLAFER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
YIMMY TACARÍA GÓMEZ  
TECNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	8.25
0.1	95	5.32
0.2	100	17.65
0.2	95	14.52

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO  
LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL BUENOS AIRES (GUÍA PERUANA INICOPF. 09.369.1998)  
RUC: 20487134911  
CEL: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.  
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

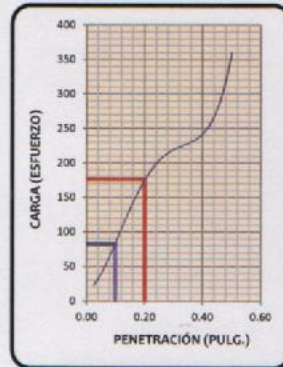
EXPEDIENTE N° : 145-2020  
 ESTUDIO : JULIO  
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
 PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
 UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883**

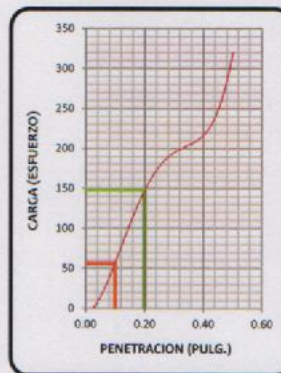
**0% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1.50

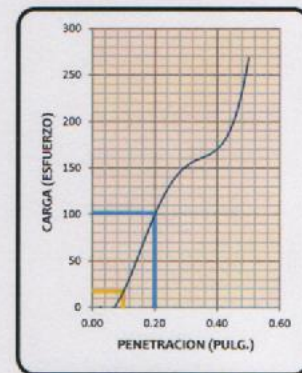
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
ASESOR TECNICO CP. TAMBOR CONSULTOR  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %
1	56	8,3	1,430	0,33
2	25	5,6	1,364	0,82
3	10	1,8	1,298	1,52

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
**YIMMY FACUNA GOMEZ**  
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
 RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.





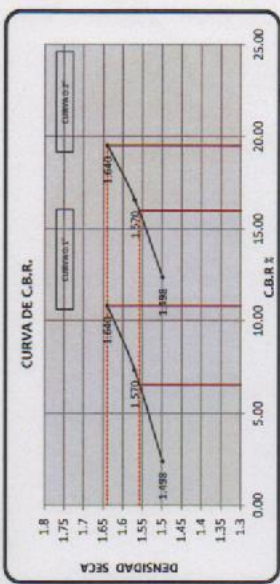
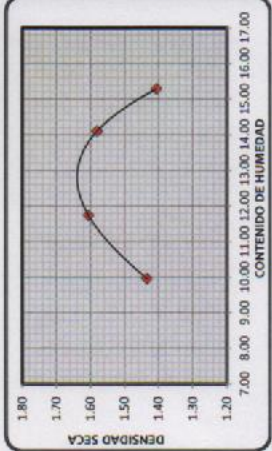
**Indecopi**

RESOLUCION N° 009178 - 2020/DSD -INDECOPI CERTIFICADO N° 00122965

EXPERIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSSELIN NIÑAMAYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DMATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBSANTANTE"  
UBICACIÓN : VIA ILL. 796, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1553**

3% DE DIATOMITA	
CALCATA	C-1 prog. 06/100
MUESTRA	M-02
PROF. (m)	1,50



**KLAFER SAC**  
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS  
MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.65 (gr/cm³)  
CONTENIDO DE HUMEDAD : 12.5 (%)  
ESPECIALISTAS EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

Penetración (pulg.)	S. M.D.S.	C.B.R. %
0.1	100	10.83
0.1	95	6.52
0.2	100	19.52
0.2	95	15.98

**KLAFER SAC**  
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS  
**YIMMY TACUNA GOMEZ**  
TECNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO  
LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - FRENTE PUERTA PRINCIPAL  
RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.  
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRÉGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
 ESTUDIO : JULIO  
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
 PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
 UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1883**

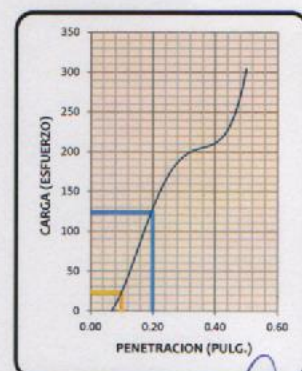
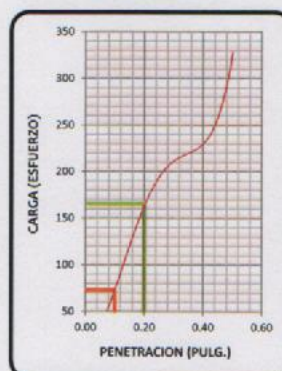
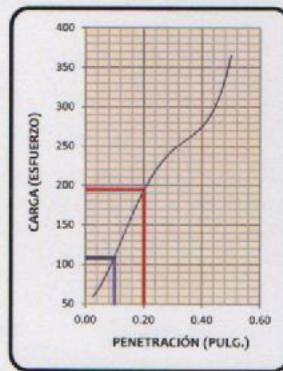
**3% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 02
PROF. (m)	1.50

56 GOLPES

25 GOLPES

10 GOLPES



**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil María Poma Espinoza  
ANEXOR TÉCNICO C.P. PSJE. R.M.D. CONSULTOR C  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %
1	56	10.8	1.640	0.35
2	25	7.3	1.570	0.67
3	10	2.4	1.498	1.09

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
YIMMY TACUNA GOMEZ  
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
 RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.



**Indecopi**

RESOLUCION N° 009178 -2020/DSD -INDECOPI



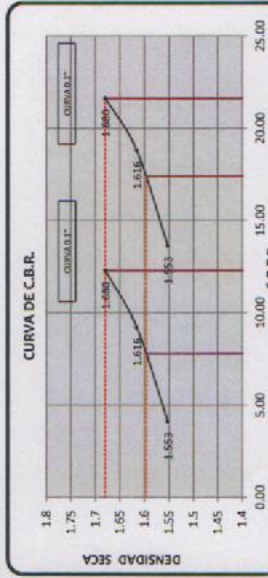
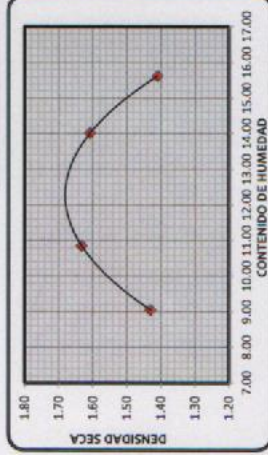
**KLAFLER S.A.C.**  
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

CERTIFICADO N° 00122965

EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YODELIN MINAYTA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBSALANTE"  
UBICACIÓN : VIA JUJUY, PROGRESIVA 064-300 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D5683**

6% DE DIATOMITA	
CALICATA	C-1 PROG. 064-300
MUESTRA	M-03
PROF. (m)	1,50



**KLAFLER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
SOCIETAD ANÓNIMA DE CAPITAL ABIERTO  
SOCIETAD ANÓNIMA DE CAPITAL ABIERTO  
CONSEJO DIRECTIVO Y GERENCIA

**JIMMY TACUÑA GOMEZ**  
SOCIETAD ANÓNIMA DE CAPITAL ABIERTO  
SOCIETAD ANÓNIMA DE CAPITAL ABIERTO  
CONSEJO DIRECTIVO Y GERENCIA

Penetración (mm)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	12.28
0.1	95	7.78
0.2	100	21.62
0.2	95	17.41

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO  
LOCAL EL TAMBBO: PSE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL - PARRAQUERO (GUÍA PERUANA INDECOPI, GP 805-1993)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.  
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

RUC: 20487134911  
CEL: 945510108

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSB -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

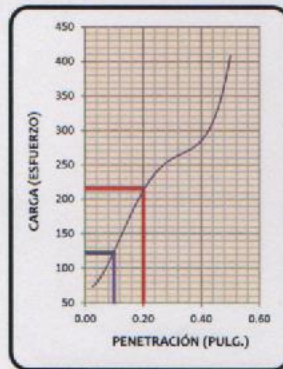
EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883**

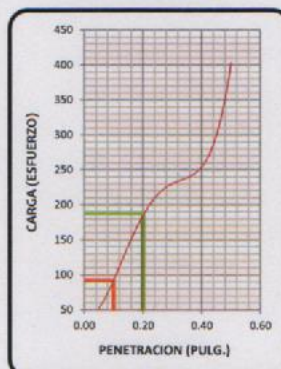
**6% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 03
PROF. (m)	1,50

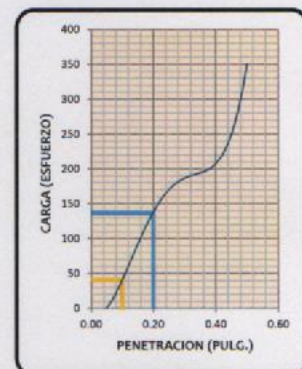
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Yoselin Ninanya Sanchez  
ABSOR. TECNICO QIP 1986 R.O. CONSULTOR  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEODINAMICA

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %
1	56	12,3	1,680	0,36
2	25	9,2	1,616	0,8g
3	10	4,1	1,553	1,42

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TACUÑA GOMEZ  
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD [GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP-004: 1993]

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.





CERTIFICADO N° 00122965

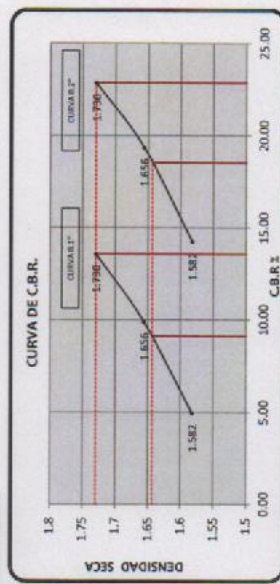
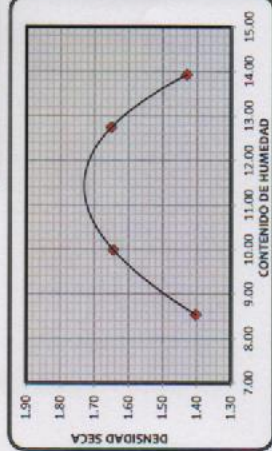
**Indecopi**

RESOLUCION N° 009178 - 2020/DSD -INDECOPI

EXPERIENTE N° : 144-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NIÑANAYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASAMANTE"  
UBICACIÓN : VIA JUL. 790, PROGRESIVA 0M+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1083**

9% DE DIATOMITA	
CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRIA	M-04
PROF. (m)	1.50



**KLAFER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil YOSELIN NIÑANAYA SANCHEZ  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS  
CONCRETO ESTRUCTURAL Y GEOTECNIA

Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	13.57
0.1	95	9.12
0.2	100	22.85
0.2	95	18.52

**KLAFER SAC**  
UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TACUNA GOMEZ  
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El Laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445  
LOCAL EL TAMBOR: PSE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PRINCIPALIDAD (GRUPO PERUANA INDECOPI: 0908 - 1983)

RIC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBANILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLAFER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

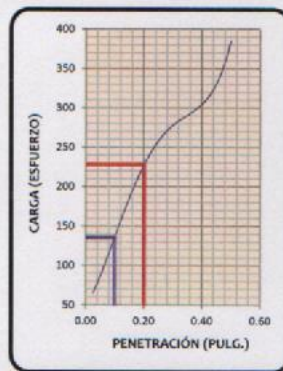
EXPEDIENTE N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO  
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883**

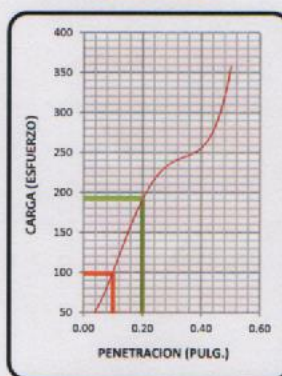
**9% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 04
PROF. (m)	1.50

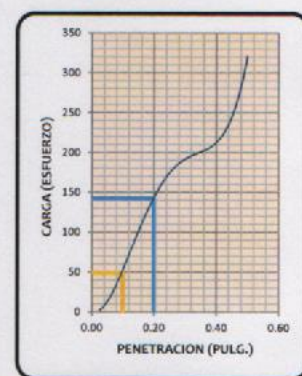
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



**KLAFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Yoselin Ninanya Dueñ  
Asesor Técnico CIP 7090 PROF CONSULTOR C.A.S.  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO DEVIACION Y GEODINAMIA.

Specimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %
1	56	13.6	1.730	0.20
2	25	9.9	1.656	0.54
3	10	4.9	1.582	0.78

**KLAFER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
YIMMY TACUNA GOMEZ  
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASPALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.



**Indecopi**

RESOLUCION N° 009178 - 2020/DSD - INDECOPI

EXPERIMENTO N° : 145-2020  
ESTUDIO : JULIO

ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. YOSELIN NIÑANAYA SANCHEZ

PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS PARA SUBRASAMIENTE"

UBICACIÓN : VIA JU 796, PROGRESIVA 06-100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

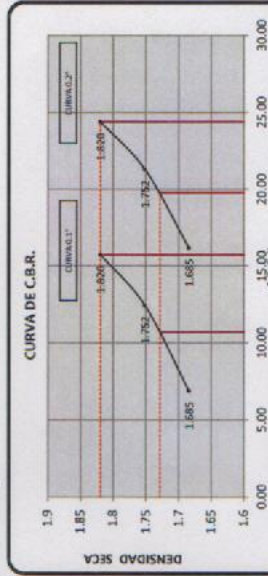
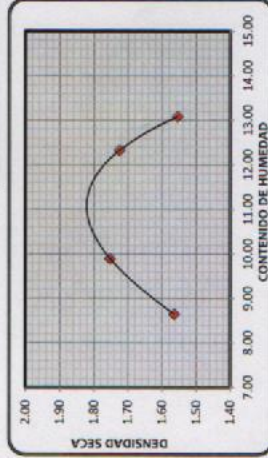


**KLAFER S.A.C.**  
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

CERTIFICADO N° 00122965

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1883**

12% DE DIATOMITA	
CALECATA	C-1 prog. 06-100
MUESTRA	M - 05
PROF. (m)	1.50



Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
0.1	100	15.74
0.1	95	10.71
0.2	100	24.38
0.2	95	19.78

**KLAFER S.A.C.**  
LABORATORIOS CIENTÍFICOS EN MECÁNICA DE SUELOS  
YIMMY TACUNA GOMEZ  
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS  
DISEÑO DE TRABAJO DE CONSULTORÍA  
CONCRETO Y ASFALTO

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 443 - 445 CHILCA HUANCAYO  
LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL  
RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS -  
GROTECÓNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO,  
DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



**KLA FER S.A.C.**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

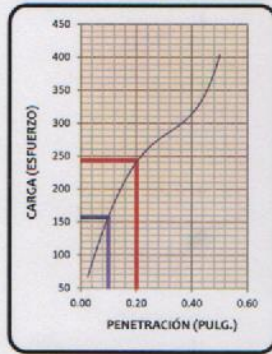
EXPEDIENTE N° : 145-2020  
 ESTUDIO : JULIO  
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL YOSELIN NINANYA SANCHEZ  
 PROYECTO : "EFECTOS DE LA DIATOMITA EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS FINOS PARA SUBRASANTE"  
 UBICACIÓN : VIA JU\_790, PROGRESIVA 06+100 DEL ANEXO DE SANTO DOMINGO DE CACHI  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 20 DE JULIO DE 2020  
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE JULIO DE 2020

**DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883**

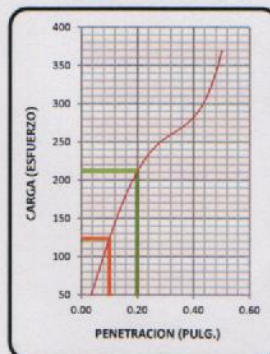
**12% DE DIATOMITA**

CALICATA	C-1 prog. 06+100
MUESTRA	M - 05
PROF. (m)	1,50

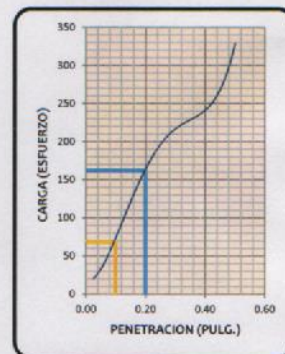
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Chai María Elena Dueñas  
ASESOR TÉCNICO DIF. TÍTULO DE INGENIERO  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO GEOTECNIA Y GEODINÁMICA

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %
1	56	15,7	1,820	0,27
2	25	12,4	1,752	0,61
3	10	6,9	1,685	0,89

**KLA FER S.A.C.**  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
YIMMY TACUÑA GOMEZ  
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
 LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
 RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.



## **ANEXO N° 03: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 371 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>190867</b>	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>KLAFER S.A.C.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>Cal. Real N° 445, Chilca - Huancayo - JUNIN</b>	
<b>4. Instrumento de Medición</b>	<b>COMPARADOR DE CUADRANTE ( DIAL )</b>	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>Alcance de indicación</b>	<b>0 mm a 25 mm</b>	
<b>División de Escala / Resolución</b>	<b>0,01 mm</b>	
<b>Marca</b>	<b>BAKER</b>	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Modelo</b>	<b>J08A</b>	
<b>Número de Serie</b>	<b>N7271 (*)</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>Tipo de indicación</b>	<b>ANALÓGICO</b>	
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2019-09-30</b>	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**Fecha de Emisión****Jefe del Laboratorio de Metrología****Sello****2019-09-30**


**JUAN C. QUISPE MORALES**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****MT - LL - 371 - 2019***Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI, Segunda Edición.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	20,7 °C	20,7 °C
Humedad Relativa	69,7 %	69,7 %

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-C-091-2018
COMPARADOR MECÁNICO DE BLOQUES: LLA-138-2018		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- (\*) Serie grabado en el instrumento.



Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LL - 371 - 2019**

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_0$ )

VALOR PATRÓN ( mm )	INDICACIÓN DEL COMPARADOR ( mm )	ERROR DE INDICACIÓN ( $\mu\text{m}$ )
2,500	2,500	0
5,000	5,000	0
7,500	7,501	1
10,000	10,000	0
12,500	12,501	1
15,000	15,000	0
17,500	17,501	1
20,000	20,000	0
22,500	22,501	1
25,000	25,002	2

Alcance del error de indicación ( $f_0$ ) : 2  $\mu\text{m}$

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 3 \mu\text{m}$  para ( $k=2$ )

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )

VALOR PATRÓN ( mm )	INDICACIÓN DEL COMPARADOR ( mm )	ERROR DE INDICACIÓN ( $\mu\text{m}$ )
25,000	25,002	2
	25,002	2
	25,002	2
	25,002	2
	25,002	2

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0  $\mu\text{m}$

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 3 \mu\text{m}$  para ( $k=2$ )



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FICHA TECNICA  
**TRIPODE DE EXPANSION PARA CBR CON DIAL**  
 MANUFACTURADO POR  
**TECNICAS CP S.A.C.**  
 EQUIPOS DE LABORATORIO

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:

El equipo ha sido fabricado en fundición de aluminio y de acuerdo con las especificaciones de la norma: ASTM D- 1883

ESPECIFICACIONES:



Modelo	TCP-095
<b>TRIPODE</b>	
Altura	50.8 mm
Distancia entre soportes	152 mm
<b>DIAL</b>	
Rango	25 mm
División	0.01 mm

*Este certificado se emite como una declaración del hecho de que en esta fecha el instrumento tiene una precisión como se indica. No debe interpretarse ni considerarse como una garantía o garantía de ningún tipo (en favor del cliente, de los clientes o del público en general) que el (los) instrumento (s) seguirá(n) manteniendo el mismo porcentaje (%), de exactitud o eficiencia, tal como se detemina en la fecha, cuando la calibración y los ajustes, si es necesario, fueron realizados e intervenido por: TECNICAS CP S.A.C, ya que la calibración no tiene absolutamente ningún control sobre la operación futura, daños o pérdidas sufridos por todas las partes. Del deterioro, de la obsolescencia, del mal funcionamiento, o de la sub-eficiencia estándar de dicho instrumento (s): que se considerará y que seguirá siendo la única responsabilidad del usuario, propietario y / o fabricante del equipo.*



ANGEL ROBLES ORELLANA  
 INGENIERO INDUSTRIAL  
 No. de Colegiado: 44949

Ing. Angel Robles Orellana



TECNICAS CP  
S.A.C.



**Metrotest**  
LABORATORIO DE METROLOGIA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

CFM-92-2020  
Pág. 1 de 3

**OBJETO DE PRUEBA**

**MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR**

**Rangos** 5 000 Kgf  
**Dirección de carga** Ascendente  
**FABRICANTE** PINZUAR  
**Modelo** PS-25  
**Serie** NO INDICA  
**Celda de carga** NO INDICA  
**Ubicación** Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.  
**Código identificación** CM-245 (\*)  
**Norma utilizado** ASTM E4 // ISO 7500-1  
**Intervalo calibrado** Escala (s) 5000 kgf  
 De 500 a 4500 kgf 10% A 100%  
**Temperatura de prueba °C** Inicial 25.6 Final 25.6  
**Inspeccion general** La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento

**Solicitante** KLAFER  
**Dirección** CALLE REAL 445 CHILCA  
**Ciudad** HUANCAYO

**PATRON(ES) UTILIZADOS(S)** Tipo / Modelo PS-25M  
 No. Serie 106 - 7557  
 Certif. de calibr. INF-LE 54-04B PUCP

**Unidades de medida** Sistema Internacional de Unidades (SI)

**FECHA DE CALIBRACION** 24/02/2020  
**FECHA DE EMISION** 24/02/2020

**FIRMAS AUTORIZADAS**



*Jesus Quiroz C.*  
Jesus Quiroz C.





# Metrotest

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-092-2020

Método de calibración:

FUERZA INDICADA CONSTANTE

Pág. 2 de 3

#### DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 0kg      m Resolución: 0,05      kN      Dirección de la carga      Accesorios  
 5 000 kgf      0 005      kgf      Factor de conversión      0,0098      0kgf

Indicación de la máquina (F)	Indicaciones del patrón (series de mediciones)						Accesorios
	%	kN	kgf	0°	120°	No aplica	
10	4,90	100	4,92	4,92	No aplica	4,91	No aplica
20	9,81	2000	9,77	9,75	No aplica	9,77	No aplica
30	14,71	3000	14,66	14,63	No aplica	14,68	No aplica
40	19,61	4000	19,55	19,56	No aplica	19,56	No aplica
50	24,52	5000	24,47	24,46	No aplica	24,46	No aplica
60	29,42	6000	29,36	29,36	No aplica	29,37	No aplica
70	34,32	7000	34,27	34,27	No aplica	34,28	No aplica
80	39,23	8000	39,23	39,24	No aplica	39,24	No aplica
90	44,13	9000	44,14	44,15	No aplica	44,15	No aplica
Indicación después de carga	000	000	0,00	0,00	0,00	000	No aplica

ESCALA: 001,01      kN      Incertidumbre del patrón: 0,007 %

Indicación de la máquina (F)	Cálculo de errores relativos				Accesorios	Resolución
	%	kN	kgf	Repetibilidad		
30	4,9	100	0,35	0,20	No aplica	0,09
20	9,81	1000	0,45	0,20	No aplica	0,05
30	14,71	1500	0,64	0,20	No aplica	0,34
40	19,61	2000	0,29	0,05	No aplica	0,27
50	24,52	2500	0,26	0,04	No aplica	0,22
60	29,42	3000	0,21	0,03	No aplica	0,19
70	34,32	3500	0,11	0,03	No aplica	0,15
80	39,23	4000	0,04	0,02	No aplica	0,13
90	44,13	4500	0,04	0,02	No aplica	0,1
Error de cero fo (%)		0,000	0,000	0,000	No aplica	Err max 0 =000

#### FIRMAS AUTORIZADAS



*[Handwritten Signature]*  
 JESSE OLIVERO



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**CFM-092-2020**

Pág. 3 de 3

**CLASIFICACIÓN DE**

**MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR**

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA	5 000	kgf			
Error de exactitud		0,47 %	Error de cero		0
Error de repetibilidad		0,20 %	Error por accesorio		0%
Error de Reversibilidad		No aplica	Resolución		0,30 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica colombiana NTC - ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica en :

ESCALA 5 000 kgf Ascendente.

**TRAZABILIDAD**

METROTEST E.I.R.L. asegura el mantenimiento y trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI

**OBSERVACIONES**

1. Las cartas de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la re calibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso, A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1)
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes" (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser producido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

(\*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.

**FIRMAS AUTORIZADAS**



*J. Quinto*  
Jesus Quinto C





**Metrotest**  
LABORATORIO DE METROLOGIA

**Certificado de Calibración**  
Calibration Certificate

**LM-098-2020**  
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2

Página 1 de 2

**Solicitante** KLAFER SAC.

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

**Customer** HUANCAYO

**Objeto - Fabricante** ESTUFA  
Objeto - Manufacturer

**Tipo Modelo** PS - H1  
Type Model

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

**Temperatura de Trabajo** 110 ° C  
Temperature Work

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

**Ventilación** NATURAL  
Ventilation

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

**Fecha de calibración** 2020-02-27  
Date of calibration

This Calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

**Lugar de Calibración** Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.  
Calibration Site

The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

**Expediente** 012  
Order N°

This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

**Fecha**  
Date

**Jefe del Laboratorio de calibración**  
Head of the calibration laboratory

**Sello**  
Seal

Jesús Quinto C.





# Metrotest

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-098-2020  
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2.

Página 1

#### Método de Calibración

Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC -019 del SNM - INDECOPI. "Procedimientos para la calibración de baños termostáticos".

Para la calibración se ha tomado como referencia el Método de comparación entre las indicaciones de lectura del termómetro controlador del equipo a calibrar con termómetro patrón con 10 termopares.

#### Instrumento de medición:

Instrument of measure

Nombre	Marca Modelo	Código	Rango de calibración	División Mínima	Tipo de calibración
Termómetro Controlador	THOLZ	Defla DTO 4848	0 °C a 350 °C	1 °C	Digital

#### Observaciones

Comments

De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

Fin del documento





**Metrotest**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**Certificado de Calibración**  
Calibration Certificate

**LM-099-2020**  
Laboratorio de Masa

Página 1 of 3

Página 1 de 3

<b>Solicitante</b>	<b>KLAFER SAC</b>
<b>Customer</b>	Calle Real N° 445 Chica Huancayo.
<b>Objeto - Fabricante</b> Objeto- Manufacturer	<b>BALANZA - OHAUS</b>
<b>Tipo Modelo</b> Type Model	<b>CS200</b> Electronica
<b>Capacidad Máxima</b> Capacity max.	<b>30 0000 gr</b>
<b>División de escala,d</b> Actual scale interval d	<b>0,1 g</b>
<b>Div.de verificación,e</b> Verification scale interval e	<b>0.1 g</b>
<b>Clase de exactitud</b> Accuracy class	<b>II</b>
<b>Capacidad mínima</b> Order N°	<b>0,1 g</b>
<b>Identificación</b> Identificación	<b>No indica</b>
<b>Fecha de Calibración</b> Date of calibration	<b>2020-02-27</b>
<b>Lugar de calibración</b> Calibrator site	<b>Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.</b>
<b>Numero de Páginas</b> Number of pages the certificate	<b>3</b>
<b>Expediente</b> Order N°	<b>: 011</b>

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

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

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

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

This Calibration certificate documents the traceability to national o international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Fecha  
Date

Jefe del Laboratorio de calibración  
Head of the calibration laboratory

Sello  
Seal

Jesus Quintero C.







# Metrotest

## LABORATORIO DE METROLOGIA

### Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-0099-2020  
Laboratorio de Masa

Página 2 of 3

Página 2 de 3

Método de Calibración  
Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC -019 del SNM - INDECOPI, Edición tercera.

Calibration was performed as described in the pc-019 SNM-Indecopi, Third edition.

Trazabilidad  
Traceability

Se utilizaron patrones calibrados en el SNM/INDECOPI, con certificados de calibración: LM-1200-2010

Resultados (results)

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACION	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

Temperatura

ENSAYO DE REPETIBILIDAD			
	Inicial	16,8 °C	Final
			16,8 °C

Medida N°	Carga L1 = 100 g			Carga L2 = 200 g		
	L (g)	AL (g)	E (g)	L (g)	AL (g)	E (g)
1	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,06	-0,10
2	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
3	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,06	-0,10
4	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
5	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,06	-0,10
6	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
7	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
8	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
9	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10
10	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05	-0,10

2	5
3	1
	4

Posición de las Cargas

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura			
	Inicial	16,8 °C	Final
			16,7 °C

Posición De la Carga	Determinación del Error en Cero E0				Determinación de Error Completo E0				
	Carga Mínima	L (g)	AL (g)	E0 (g)	Carga	L (g)	AL (g)	E (g)	E0 (g)
1	10	1,0	0,07	-0,02	50	50,0	0,06	-0,01	0,01
2		1,0	0,07	-0,02		50,0	0,06	-0,01	0,01
3		1,0	0,07	-0,02		50,0	0,06	-0,01	0,01
4		1,0	0,07	-0,02		50,0	0,06	-0,01	0,01
5		1,0	0,07	-0,02		50,0	0,06	-0,01	0,01





### Certificado de Calibración Calibration Certificate

LM-099-2020  
Laboratorio de Masa

#### ENSAYO DE PESAJE Temperatura

CARGA L(g)	Inicial 16,7 °C				Final 16,8 °C			
	l(g)	AL(g)	E(g)	Ec(g)	l(g)	AL(g)	E(g)	EC(g)
5.0	5.0	0.08	-0.03	0.00	5.0	0.01	0.04	0.07
10.0	10.0	0.08	-0.03	0.00	10.0	0.01	0.04	0.07
20	20.0	0.08	-0.03	0.00	20.0	0.01	0.04	0.07
30	30.0	0.08	-0.03	0.00	30.0	0.01	0.04	0.07
50	50.0	0.08	-0.03	0.00	50.0	0.01	0.04	0.07
80	80.0	0.08	-0.03	0.00	80.0	0.01	0.04	0.07
100	100.0	0.08	-0.03	0.00	99.9	0.01	-0.06	-0.03
150	100.0	0.08	-0.03	0.00	99.9	0.01	-0.06	-0.03
200	149.9	0.08	-0.13	-0.10	149.9	0.01	-0.06	-0.03

**Leyenda:**  
 L: Carga aplicada a la balanza.  
 l: Indicación de la balanza.  
 AL: Carga adicional.  
 E: Error encontrado.  
 Ec: Error en cero.  
 Ec: Error corregido.

**Incertidumbre de medición**  $U = 2 \times \sqrt{ ( 0.0021108 + 3.98E-10 R^2 ) }$   
**Lectura corregida**  $K \text{ corregida} = R + 3.54E-04$

**Evaluación de los resultados**  
 Evaluation of results  
 Ensayo de repetibilidad : Error máximo permisible  $\geq$  E carga L1, E carga L2  
 Ensayo de excentricidad : Error máximo permisible  $\geq$  Ec excentricidad  
 Ensayo de pesaje : Error máximo permisible  $\geq$  Ec pesaje

**Observaciones**  
 Comments  
 De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO.  
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Fin del documento

document order