

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Estabilización de suelos arcillosos con polímeros  
reciclados a nivel de la subrasante de la carretera  
que une el C.P. de Santa María con la Av. Circunvalación  
del distrito de San Miguel - San Román - Puno**

Renzo Alex Zapana Bustincio

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Puno, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, que continuamente estuvieron conmigo y me dieron apoyo en mi formación académica.

A mi familia, confía en mí y por darme ánimos para seguir adelante.

En especial, a mi Asesor, por su opinión técnica en el proceso de desarrollo del presente trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos, familia, quienes brindaron su apoyo y consejos en esta etapa universitaria. Por darme la mano y motivarme en cada momento difícil, a ustedes por siempre mi estimada familia.

Zapana Bustincio Renzo Alex.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>ÍNDICE</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	17
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	17
1.1. Planteamiento y formulación del problema. ....	17
1.1.1. Planteamiento del problema. ....	17
1.1.2 Formulación del problema.....	18
1.2. Objetivos.....	18
1.2.1 Objetivo General.....	18
1.2.2. Objetivos Específicos .....	18
1.3. Justificación del estudio.....	19
1.3.1. Justificación teórica. ....	19
1.3.2. Justificación metodológica. ....	19
1.3.3. Justificación práctica. ....	19
1.4 Hipótesis. ....	20
1.4.1. Hipótesis General. ....	20
1.4.2. Hipótesis Específicas.....	20

<b>CAPÍTULO II</b> .....	21
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	21
2.1. Antecedentes del problema. ....	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales. ....	21
2.1.2. Antecedentes nacionales. ....	23
2.2. Bases teóricas. ....	25
2.2.1. Suelo .....	25
2.2.2. Origen y formación de suelos. ....	26
2.2.3. Principales tipos de suelos. ....	27
2.2.4. Clasificación de los suelos. ....	30
2.2.5. Subrasante. ....	34
2.2.6. Caracterización de la subrasante. ....	35
2.2.7. Estabilización de suelos. ....	38
2.2.8. Componentes del diseño estructural de pavimentos. ....	41
2.2.9. Polímeros. ....	43
2.2.10. Valor relativo de soporte, California Bearing Ratio (CBR). ....	47
 <b>CAPÍTULO III</b> .....	 50
<b>METODOLOGÍA</b> .....	50
3.1. Método general: método científico. ....	50
3.1.1. Metodología de Investigación. ....	50
3.1.2. Tipo de Investigación. ....	50
3.1.3. Nivel de Investigación. ....	51
3.1.4. Diseño de la Investigación. ....	51
3.2. Población y muestra. ....	52
3.2.1. Población. ....	52

3.2.2. Muestra. ....	52
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	53
3.3.1. Técnicas. ....	53
3.3.2 Instrumentos. ....	53
3.4. Método de análisis de datos. ....	54
3.4.1. Metodología empleada. ....	54
3.4.2. Trabajo de campo. ....	54
3.4.3. Ensayos de laboratorio para el desarrollo de la investigación.....	56
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>57</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>57</b>
4.1. Presentación de resultados. ....	57
4.1.1. Características físicas de los suelos analizados. ....	57
4.1.2. Características mecánicas del suelo patrón.....	62
4.1.3. Características físicas del polímero triturado.....	67
4.1.4. Características mecánicas de los suelos adicionados con polímeros reciclados triturados. ....	67
4.2. Prueba de hipótesis. ....	74
4.2.1. Contenido de humedad óptimo en los suelos adicionados con polímeros reciclados. ....	74
4.2.2. Densidad seca máxima en los suelos adicionados con polímeros reciclados. ....	76
4.2.3. Capacidad portante de los suelos adicionados con polímeros reciclados. ....	78
4.3. Discusión de resultados.....	81
4.3.1. Características físicas del suelo natural y el polímero reciclado.....	81

4.3.2. Capacidad portante (CBR) en el suelo natural y suelo adicionado con polímeros. ....	83
4.3.3. Contenido de humedad optimo en suelos naturales y en suelos adicionados con polímeros. ....	84
4.3.4. Densidad seca máxima en suelos naturales y suelos con polímeros reciclados. ....	85
<b>CONCLUSIONES</b> .....	87
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	89
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	90
<b>ANEXOS</b> .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de suelos en subrasantes. ....	32
Tabla 2. Simbología usada en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). .....	33
Tabla 3. Número de calicatas para exploración de suelos. ....	36
Tabla 4. Número de ensayos CBR y Mr. ....	37
Tabla 5. Penetración del gato para definir la curva. ....	49
Tabla 6. Descripción de las coordenadas geográficas de las calicatas. ....	54
Tabla 7. Ensayos usados en la investigación. ....	56
Tabla 8. Resultados de análisis granulométricos. ....	57
Tabla 9. Porcentajes de suelos (grava, arena, finos). ....	58
Tabla 10. Resultados de contenido de humedad y humedad óptima. ....	59
Tabla 11. Resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia. ....	59
Tabla 12. Clasificación por el método SUCS. ....	61
Tabla 13. Clasificación de suelos, método AASHTO. ....	62
Tabla 14. Resultados de la muestra patrón mediante el ensayo de proctor modificado. .....	63
Tabla 15. Resultados del ensayo CBR de la muestra patrón. ....	65
Tabla 16. Análisis granulométrico de los polímeros triturados. ....	67
Tabla 17. Resumen del ensayo de proctor modificado con la adición de polímeros en 1% y 3%. ....	67
Tabla 18. Resultados de CBR más el 1% de polímero reciclado. ....	71
Tabla 19. Resultados de CBR más el 3% de polímero reciclado triturado. ....	73
Tabla 20. Contenido de humedad óptimo para las diferentes dosificaciones. ....	75

Tabla 21. Cuadro de las funciones estadísticas descriptivas de las diferentes dosificaciones.....	75
Tabla 22. Análisis de varianza entre grupos para la humedad óptima.....	75
Tabla 23. Resultados de la prueba Duncan para la humedad óptima. ....	76
Tabla 24. Densidad seca máxima para las diferentes dosificaciones.....	76
Tabla 25. Funciones estadísticas descriptivas de la densidad seca máxima con diferentes dosificaciones. ....	77
Tabla 26. Análisis de varianza entre grupos para la densidad seca máxima. ....	77
Tabla 27. Resultados de la prueba de Duncan para la máxima densidad seca. ....	77
Tabla 28. CBR al 100% de la MDS con adición de polímeros.....	78
Tabla 29. Funciones estadísticas descriptivas del CBR al 100% de la MDS añadido con polímeros.....	78
Tabla 30. Análisis de varianza entre grupos para el CBR al 100% de la MDS añadido con polímeros.....	79
Tabla 31. Resultados de la prueba Duncan para el CBR al 100% de la MDS.....	79
Tabla 32. CBR al 95% de la MDS adicionado con polímeros reciclados. ....	80
Tabla 33. Funciones estadísticas descriptivas del CBR al 95% de la MDS adicionada con polímeros reciclados.....	80
Tabla 34. Análisis de varianza entre grupos para el CBR al 95% de la MDS adicionado con polímeros .....	80
Tabla 35. Resultados de la prueba Duncan para el CBR al 95% de la MDS.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Simbología usada para representar un suelo. ....	30
Figura 2 . Estructura característica de un pavimento. ....	34
Figura 3. Procedimiento para realizar la determinación del suelo. ....	39
Figura 4. Componentes del diseño que afectan a la subrasante. ....	41
Figura 5. Envases PET. ....	44
Figura 6. Envase típico y simbología del HDPE. ....	45
Figura 7. Envase típico y simbología de V o PVC. ....	45
Figura 8. Envase y simbología del LDPE. ....	46
.....	46
Figura 10. Envases y simbología del PS. ....	47
Figura 11. Símbolos típicos de otros tipos de envases plásticos. ....	47
.....	47
Figura 12 . Ensayo CBR in situ. ....	48
Figura 13. Calicata C – 01. ....	55
Figura 14. Calicata C – 02. ....	55
Figura 15. Empresa recicladora RECIPLAST – Juliaca. ....	55
Figura 16. Polímeros reciclados a usar (tamizados). ....	56
Figura 17. Curva granulométrica de la calicata 01 (suelo natural) ....	58
Figura 18. Curva granulométrica de la calicata 02 (Suelo natural) ....	58
Figura 19. Curva granulométrica de la calicata 03 (natural). ....	59
.....	59
Figura 20. Relación porcentaje de humedad - número de golpes (calicata 01) .....	60
Figura 21. Relación porcentaje de humedad – número de golpes (calicata 02) .....	60
Figura 22. Relación porcentaje de humedad – número de golpes (calicata 03) .....	61

Figura 23. Relación humedad – densidad seca de la calicata 01. ....	63
Figura 24. Relación densidad seca – humedad de la calicata 02. ....	64
Figura 25. Relación humedad – densidad seca de la calicata 03. ....	64
.....	64
Figura 26. Relación CBR – Densidad de la calicata 01. ....	65
Figura 27. Gráfico de la relación CBR y la densidad seca en la calicata 02. ....	66
Figura 28. Relación densidad seca – CBR de la calicata 03. ....	66
Figura 29. Relación densidad seca- contenido de humedad adicionado de 1% de polímero reciclado (C-01). ....	68
Figura 30. Relación de la densidad seca y el contenido de humedad adicionado con 3% de polímero reciclado (C – 01) ....	68
Figura 31. Relación densidad seca – contenido de humedad adicionado con 1% de polímero reciclado (C – 02). ....	69
Figura 32. Relación densidad seca – contenido de humedad adicionado con 3% de polímero reciclado (C – 02). ....	69
Figura 33. Relación densidad seca – contenido de humedad para ca calicata 03 adicionado el 1% de polímeros. ....	70
Figura 34. Relación densidad seca – contenido de humedad para ca calicata 03 adicionado el 1% de polímeros. ....	70
Figura 35. Relación densidad seca – CBR en la calicata 01 con la adición del 1% de polímero reciclado. ....	71
Figura 36. Relación densidad seca – CBR (%) en la calicata 02 con la adición del 1% de polímero reciclado. ....	72
Figura 37. Relación densidad seca – CBR (%) en la calicata 03 adicionado con 1% de polímeros. ....	72

Figura 38. Relación densidad seca – CBR ce la calicata 01 adicionado el 3% de polímero reciclado. ....	73
Figura 39. Relación densidad seca – CBR de la calicata 02 adicionado con el 3% de polímero reciclado. ....	74
Figura 40. Relación densidad seca – CBR de la calicata 02 adicionado con el 3% de polímero reciclado. ....	74

## RESUMEN

El concepto de estabilizar suelos es una opción viable cuando estos no cumplen con los requisitos mínimos para un determinado uso. Para lidiar con estos problemas existen métodos que ayudan en la estabilización de los mismos, ya sea de forma mecánica o química. En tal sentido el presente proyecto de investigación titulado: “Estabilización de suelos arcillosos con polímeros reciclados a nivel de la subrasante de la carretera que une el C.P. Santa María con la Avenida Circunvalación del Distrito San Miguel –San Román-Puno”, tuvo como objetivo estabilizar los suelos arcillosos a través de la adición de polímeros reciclados para subrasante. Con este propósito se plantearon diferentes dosificaciones 1% y 3% para 3 calicatas, con una distancia de 500 m entre ellas, las cuales seguidamente fueron analizadas en base a un resultado de suelo patrón para cada una mediante los diferentes ensayos mínimos requeridos, observando constantemente el valor de CBR obtenido con cada dosificación. Se encontró que la dosificación adecuada para las 3 calicatas fue de 3% ya que los valores del CBR al 95 y 100% de la máxima densidad seca fueron superiores al 6% que el MTC exige para ser considerada una subrasante óptima, teniendo como resultados los siguientes valores: 8.56%, 8.26%, 8.60% para el 100% de la máxima densidad seca y 6.70%, 6.10%, 6.50% para el 95% de la máxima densidad seca en las 3 calicatas. Por tanto, se concluye que los polímeros reciclados en su dosis de 3% estabilizan suelos arcillosos mejorando las propiedades mecánicas de estos (humedad óptima, densidad seca máxima y CBR).

**Palabras claves:** Estabilización, polímeros reciclados, capacidad de soporte del suelo (CBR), arcillas, subrasante.

## ABSTRACT

The concept of stabilizing soils is a viable option when they do not meet the minimum requirements for a given use. To deal with these problems there are methods that help in stabilizing them, either mechanically or chemically. In this sense, the present research project entitled: "Stabilization of clay soils with recycled polymers at the level of the subgrade of the road that joins the C.P. Santa María con Avenida Circunvalación del Distrito San Miguel –San Román-Puno", aimed to stabilize clay soils through the addition of recycled polymers to the subgrade. For this purpose, different dosages of 1% and 3% were proposed for 3 pits, with a distance of 500 m between them, which were then analyzed based on a standard soil result for each one through the different minimum tests required, constantly observing the CBR value obtained with each dosage. It was found that the adequate dosage for the 3 test pits was 3%, since the CBR values at 95 and 100% of the maximum dry density were higher than the 6% that the MTC requires to be considered an optimal subgrade, having as a result the following values: 8.56%, 8.26%, 8.60% for 100% of the maximum dry density and 6.70%, 6.10%, 6.50% for 95% of the maximum dry density in the 3 pits. Therefore, it is concluded that recycled polymers at a dose of 3% stabilize clay soils, improving their mechanical properties (optimal moisture, maximum dry density and CBR).

**Keywords:** Stabilization, recycled polymers, soil bearing capacity (CBR), clays, subgrade.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo actual existen diversos métodos de estabilización de suelos aún en desarrollo. Una alternativa para ello es a partir del uso de polímeros reciclados, lo que permite reutilizar elementos que se emplean en la vida cotidiana, perjudiciales al medio ambiente si no reciben un adecuado tratamiento. En tal sentido, la presente investigación, toma en consideración dichos ingredientes, llevándolos a la máquina trituradora para ser tamizados y empleados con adición del suelo obtenido. Este consta de arcillas, lo que permite se logre un estabilizado óptimo para ser considerado como subrasante adecuada según lo exigido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Considerando lo antes mencionado, esta indagación tiene como objetivo, lograr la estabilización de las arcillas para ser consideradas como subrasante óptima mediante la adición de polímeros en diferentes porcentajes mediante ensayos previamente determinados para calcular una variable constante, lo cual es esencial para medir la resistencia del suelo, y se define como capacidad de soporte de suelo (CBR). En este sentido se defiende la hipótesis, que se puede lograr estabilizar arcillas para ser usadas como subrasantes considerando que es un material fácil de conseguir, los polímeros influyen en los valores de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso en diferentes porcentajes. Se puede recabar dicha información utilizando ensayos de laboratorio para demostrar su validez y confiabilidad para su empleo en obras civiles. Con esta exploración se presenta una alternativa rentable y viable para lograr estabilizar arcillas en subrasantes, modificando y analizando las propiedades mecánicas del suelo para obtener valores de CBR aceptables para el MTC.

La investigación presenta en el capítulo I el planteamiento del estudio, el cual contiene el diseño que sirvió para elaborar la formulación del problema, objetivos, justificación e hipótesis planteadas por el investigador.

El capítulo II presenta el marco teórico, el cual contiene los antecedentes de la investigación realizada y la base teórica que sustentan el desarrollo de la misma.

En el capítulo III se presenta la metodología empleada, nivel, tipo, diseño y el procedimiento para la obtención de los datos requeridos.

En el capítulo IV se presentan los resultados de la prueba de hipótesis y de resultados en relación a los objetivos planteados. Así mismo presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema.**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema.**

El suelo del Perú no es lineal e isotrópico ya que puede variar de un lado a otro; considerarlo homogéneo en toda su extensión sería un error. En el campo de la Ingeniería Civil el suelo resulta ser de mucha importancia ya que las obras que se puedan desarrollar en cualquier lugar estarán sobre el suelo. La propuesta de utilizar diferentes aditivos para estabilizarlos resulta sustentable y favorable para la ejecución de obras civiles. (1)

La evaluación de la resistencia del suelo es una constante variable para la ejecución de carreteras, por ello se buscan métodos para su estabilización (2). En las normas técnicas peruanas se menciona que los suelos con poca capacidad portante requieren ser estabilizados, pues la inestabilidad de los mismos pone en peligro los bienes, y por ello se establecen condiciones mínimas para mejorarlos a través de métodos químicos, mecánicos o modificación topográfica. (3)

En proyectos de vías en la región Puno, al momento de ejecutar dicho proyecto, se topan con terrenos de fundación de baja capacidad portante, el cual necesariamente debe ser mejorado o intercambiado por otro (4). Para resolver el problema se emplean los polímeros reciclados, con el fin de optimizar varias propiedades físicas – mecánicas del suelo en mención, mediante el cual se puede eludir excesivos movimientos de tierras; y por este medio fomentar el reciclaje de polímeros para reducir la contaminación de una determinada zona.

## **1.1.2 Formulación del problema.**

### **1.1.2.1 Problema general.**

¿Se podrá estabilizar los suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera que une el C.P. de Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román?

### **1.1.2.2 Problemas específicos.**

- ¿Cómo influye la utilización de los polímeros reciclados PET, en la humedad óptima de la carretera que une el C.P. de Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román?

- ¿Cómo influye la utilización de los polímeros reciclados PET, en la densidad seca máxima de la carretera que une el C.P. de Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román?

- ¿Cómo influye la utilización de los polímeros reciclados PET, en la capacidad y resistencia del suelo de la carretera que une el C.P. de Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román?

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1 Objetivo General.**

Estabilizar los suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera C.P Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar la influencia de los polímeros reciclados PET en la humedad óptima del suelo de la carretera ubicada entre el C.P Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román.

- Evaluar la influencia de los polímeros reciclados PET en la densidad seca máxima del suelo de la carretera ubicada entre el C.P Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román.

- Evaluar la influencia de los polímeros reciclados PET en la capacidad y resistencia del suelo de la carretera ubicada entre el C.P Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román.

### **1.3. Justificación del estudio.**

#### **1.3.1. Justificación teórica.**

La ejecución de obras viales requiere equilibrar lo máximo posible el movimiento de tierras por temas económicos, técnicos y fundamentalmente ambientales. Por esta razón se debe realizar un estudio de suelos y de esta manera elegir un estabilizador adecuado; el polímero reciclado PET es un material reciclable y fácil de conseguir, tomando en cuenta esto como una ventaja. Para su correcto uso se debe tomar en consideración las normas técnicas peruanas vigente. Todo lo mencionado anteriormente sirve como sustento para futuras investigaciones relacionadas al tema.

#### **1.3.2. Justificación metodológica.**

Esta investigación aporta nuevos conocimientos en cuanto al uso de los polímeros reciclados aplicados en arcillas (material abundante en la zona de estudio). Los métodos científicos empleados se basan en la observación, medición, análisis de hipótesis y experimentación. Pueden ser analizados, además, mediante ensayos de laboratorio lo que demuestra que son válidos y confiables para ser utilizados en campo.

#### **1.3.3. Justificación práctica.**

Para recolectar información sobre las propiedades mecánicas del suelo a ser usado en la construcción de una obra vial, se ejecutan ensayos de laboratorio que

proporcionan información. Esto hace que en ocasiones exista la necesidad de estabilizar los suelos que causan problemas a la estructura de la vía, lo que trae consigo una necesidad de mejorar las propiedades mecánicas de este para que dicha opción sea tomada en consideración por diferentes entidades en el mejoramiento de propiedades mecánicas en arcillas.

#### **1.4 Hipótesis.**

##### **1.4.1. Hipótesis General.**

El uso de polímeros reciclados PET estabiliza los suelos arcillosos a nivel de la subrasante de la carretera C.P. Santa María – Av. Circunvalación, San Miguel- San Román.

##### **1.4.2. Hipótesis Específicas.**

- La utilización de los polímeros reciclados PET influye en la humedad óptima del suelo de la carretera que une el C.P. Santa María – Av. Circunvalación, San Miguel- San Román.
- La utilización de los polímeros reciclados PET influye en la densidad seca máxima del suelo de la carretera que une el C.P. Santa María – Av. Circunvalación, San Miguel- San Román.
- La utilización de los polímeros reciclados PET influyen en la capacidad de soporte y resistencia del suelo de la carretera que une el C.P. Santa María – Av. Circunvalación, San Miguel- San Román.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1. Antecedentes del problema.**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales.**

Laica Moposita (2016) sustentó el trabajo de investigación titulado “Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una subbase”, con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas de esta adicionando polímero reciclado (caucho); la metodología comenzó con la recolección de los materiales necesarios: subbase y el caucho (polímero reciclado). En un inicio se analizó la sub-base para conocer las propiedades físico – mecánicas y su cumplimiento con las normas AASHTO y ASTM mediante ensayos de compactación, proctor modificado y CBR añadiendo caucho en distintas dosificaciones, para finalmente hacer una comparación de la muestra patrón con la muestra adicionada, como conclusiones se tuvo que, si se aumenta mucho porcentaje de caucho al material, este disminuye el porcentaje de CBR considerablemente (5).

Abdullah Saleh y otros (2020) menciona que su objetivo fue mejorar las propiedades de la subrasante, mezclándolo con diferentes aditivos en el sitio y estabilizándolo para una mejor trabajabilidad. Para ello se adicionaron 3 aditivos (cemento portland ordinario, polvo de piedra caliza y cenizas volantes), en los porcentajes 3%, 6% y 10%; para los ensayos de clasificación SUCS, CBR, en relación a la compresión no confinada mostró que la adición de los aditivos mejoran estas propiedades del suelo en la subrasante, cuyos valores CBR mejoraron de (5,25%) a

(44,3%, 71%, 102,5%) mientras se utilizó cemento, (8,75%, 9%, 10,2%) cuando se utilizaron cenizas volantes y (9,95%, 10,94%, 12,6%) con cal utilizada (6).

Widjajakusuma, J, y otros (2019) propuso como objetivo estabilizar suelos blandos mediante la aplicación de microorganismos, para ello utilizó el método de Biogrouting con la ayuda de ensayos triaxiales no consolidados no drenados y corte directo en los suelos sin tratar, para luego pasar por un curado de 7, 14 y 28 días. Se demostró que la muestra se hizo más fuerte a medida que aumentaba la cantidad de *Bacillus subtilis* mejorando el término de cohesión, ángulo de fricción y esfuerzo cortante para llegar a la conclusión que la proporción adecuada fue de 6ml y 12ml del cultivo líquido lo aumentó los valores de cohesión en 180% y 270% (7).

Serrano Rodríguez, Erika Julieth y otros (2019) menciona como objetivo la recopilación de trabajos de investigación sobre la modificación de las propiedades de la subrasante por medio de adición de fibras poliméricas recicladas, con la finalidad de contar con una base teórica que justifique su uso a nivel constructivo. Para lo cual se hizo una revisión bibliográfica sobre la modificación de subrasante con polímeros y su evaluación del cambio en sus propiedades mecánicas. Esta revisión tuvo como resultados que un 65% de las investigaciones corresponde a la modificación de la resistencia a la compresión y un 30% a estudios que se enfocan a tener estudios sobre la respuesta de los esfuerzos de tracción ante el uso de fibras poliméricas y un 5% a evaluar propiedades como son la fatiga o resistencia a la tensión axial (8).

Samuel J, y otros (2020) describe un nuevo enfoque micro-macro de alto rendimiento para el diseño eficiente de sistemas estabilizados con biopolímeros.

Realizó, mediante pruebas de compresión no confinadas, 5 tipos de biopolímeros. Tras la adición de estos obtuvo resistencia a la compresión alta con una proporción de 1% a un Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en relación a otros biopolímeros de sistemas sin Fe (9).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

Vargas Gonza, Brayan (2020) en su trabajo "Estabilización de un suelo arcilloso con ceniza volcánica para el mejoramiento de subrasante en la progresiva km 5+100 al 6+100 del tramo Asirumi - Rosaspata Huancane" planteo la evaluación de la estabilización del suelo arcilloso mediante la adición de ceniza volcánica para mejorar la subrasante, además de determinar la variación de las propiedades físicas del suelo y conocer la variación de la capacidad de soporte del este (CBR). Para indicar la adición del porcentaje óptimo de ceniza volcánica se realizó un método cuasi experimental, en porcentajes de 15%, 20% y 25%. Como resultado de la combinación del suelo arcilloso con la ceniza volcánica disminuye su índice de plasticidad de 14.85% a 9.08%, además de ver que la variación de la capacidad de soporte del suelo con ceniza es mayor, CBR= 4.58% para la muestra patrón y 8.20%, 11.75%, 6.80% con la ceniza volcánica. Con los datos obtenidos se obtuvo que el porcentaje óptimo de adición de ceniza es el 20%, porque incrementa la capacidad de soporte en un 61.02% con respecto a la muestra patrón. Concluyó que el uso de este aditivo mejora las propiedades físicas e incrementa la capacidad de soporte del suelo arcilloso, pasando de una subrasante pobre a buena según el manual del MTC (10).

Vargas Quispe, Nadia (2017) en su tesis "Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos" menciona que el objetivo fue la determinación del efecto de añadir polímeros reciclados en el valor

de la capacidad de soporte en suelos granulares además de tener el efecto de la máxima densidad, óptimo contenido de humedad y adición de fibra de polímeros. Tomó una muestra de material de cantera que empleó como subbase y para determinar la dosificación óptima de polímeros se realizaron varios ensayos de CBR (73) sobre la muestra patrón, varió la cantidad de fibra de polietileno en relación al peso seco del suelo y tomando en cuenta la dimensión del polímero a utilizar. Llegó a la conclusión que los polímeros utilizados en las capas granulares incrementando gran porcentaje el valor de soporte del suelo (CBR) teniendo en cuenta la forma y la dosificación de los polímeros (11).

Lapa Ramos, Cristopher (2018) en su tesis “Estabilización de bases granulares con fibra de caucho reciclado tallado” planteo como objetivo usar caucho tallado reciclado de neumáticos, recortándolo de manera manual en diminutas dimensiones para manejar su trabajabilidad en la incorporación en la base granular de pavimentos. Logró obtener una dosificación útil mediante ensayos de capacidad de soporte del suelo (CBR), varió el porcentaje de fibra sobre el peso seco y las dimensiones de los polímeros, en tanto los porcentajes utilizados fueron: 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5% y 4%, sobre una muestra de 6 kilogramos. Concluyó que la adición de esta fibra tallada mejoró las propiedades mecánicas de la muestra patrón en 1.36%, 9.46% y 39.89% en relación al material granular, esto cuando se añade 1.5% de caucho tallado, consideró que este porcentaje es la dosificación óptima porque la muestra llega a su máximo valor de CBR (39.89%) (12).

Sosa Cutipa, Raúl (2018) en su trabajo de investigación “Estabilización de suelos en la superficie de rodadura con perma (Zyme 30x) de la carretera no

pavimentada Chupa - Arapa, Azangaro, Puno” planteó como objetivo analizar las propiedades físico – mecánicas del suelo estabilizado con el aditivo (PERMA ZYME 30X) y determinar el índice de plasticidad y compactación con el uso del aditivo. Para el desarrollo de la investigación trabajó con dos muestras: una experimental, que consta de 4 muestras donde se aplica el aditivo en diferentes proporciones (0.8, 1.0, 1.2 y 1.4) (Lts) en 30m<sup>3</sup> de suelo compactado y otra de grupo de control. La adición del aditivo concluyó que se redujo el índice de plasticidad, porcentaje de expansión y mejoró el valor de (CBR) en 8.46%, 9.23%, 9.53% y 9.84% con la dosificación de 0.8, 1.0, 1.2 y 1.4 litros en 30 m<sup>3</sup> (13).

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. Suelo**

El término “suelo” puede definirse desde diferentes perspectivas, ya sea desde el punto de vista de la geología, agronomía o la ingeniería civil. En este sentido la ingeniería civil define al suelo como un conjunto de partículas, producto de la desintegración mecánica o descomposición química de rocas que existían anteriormente. Según Villalaz (2004) el suelo es “una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan” (17).

Para Sáez (2010) el suelo se encuentra ubicado en las capas superficiales de la corteza terrestre y es que es producto del clima y el tiempo que se presentan sobre rocas; es el resultado de la descomposición de la roca por la acción de las diferentes temperaturas, corrientes de agua, gravedad, erosión del viento y el ambiente. (31)

Badillo (2010) sostiene que los suelos deben su origen a una gran variedad de causas, el resultado muestra una variedad de suelos resultantes. También se toma en cuenta que su formación ocurrió a durante las eras geológicas tal como ocurre continuamente. (15)

### **2.2.2. Origen y formación de suelos.**

Los granos minerales de un agregado del suelo es resultado de la intemperización y erosión de rocas, en tanto las propiedades físicas del suelo se determinan por su tamaño, forma y composición química. Las rocas se dividen en 3 tipos: ígneas, sedimentarias y metamórficas en base a su origen (14).

El suelo es un conjunto de partículas con una organización definida, sus propiedades varían “vectorialmente” y ello permite que tenga un perfil con abundante aplicación. El término varía su interpretación según los intereses. “Los agentes que atacan principalmente a la corteza terrestre son el aire y agua, sin embargo los mecanismos pueden incluirse en dos grupos: desintegración mecánica y descomposición química.” (15).

#### **Por desintegración mecánica.**

Hace referencia a los elementos que atacan la roca mediante agentes físicos, entre ellos: cambios de temperatura, la acción de congelación del agua en juntas y grietas. Es principalmente por estas acciones que se forma arenas, limos y solo en casos excepcionales arcillas.

### **Por descomposición química.**

Son ocasionados por los agentes que modifican la composición mineralógica y química de las rocas, para modificar esta constitución interfieren en ello: agua, oxidación, hidratación y la carbonatación, también se pueden incluir la vegetación; todos los efectos anteriores necesitan acentuarse con el cambio de temperatura, por lo que es común encontrar arcilla en zonas húmedas y cálidas, mientras que en las zonas frías es frecuente encontrar arcillas o limos más gruesos.

El suelo debe su origen a toda variedad de causas que incluye todo lo anteriormente expuesto, por tanto, el resultado final corresponde a diferentes tipos de suelos como consecuencia de eras geológicas; actualmente se puede afirmar que el hombre es ajeno a la génesis del suelo (15).

### **2.2.3. Principales tipos de suelos.**

Los suelos se dividen en dos amplios grupos: aquellos relacionados a la descomposición química (suelos inorgánicos) y suelos orgánicos. Los suelos orgánicos son producto del intemperismo de las rocas, lo que da origen a un suelo residual, en caso contrario se convierte en un suelo transportado (por gravedad, talud, agua: aluvial o lacustre, por viento o por glaciares).

Los suelos orgánicos se forman en su mayoría *in situ*, influye en ello la cantidad de materia orgánica: la materia descompuesta o el humus es tan alto con relación a la cantidad de suelo inorgánico que por ello las propiedades que pudiesen derivar del mineral quedan eliminadas. Se caracterizan por su color negro o café oscuro y

sobresalen por su poco peso, su gran comprensibilidad y porosidad. Se mencionan los suelos comunes que son utilizados por un geólogo o ingeniero civil para su propia identificación. (16).

**Grava:** Resulta de las acumulaciones de fragmentos de rocas y cuentan con más de dos milímetros de diámetro. Dado su origen cuando son acarreadas por el agua, las gravas sufren un desgaste en sus aristas y por esto las mismas son redondeadas. Suelen encontrarse en los lechos, márgenes y conos de deyección de los ríos, así como en depresiones de terrenos rellenados, en algunos casos donde las gravas han sido retransportadas. Estas ocupan grandes extensiones, casi siempre se encuentran en mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, arcillas y limos, por lo que sus partículas varían desde los 7.62cm (3") hasta los 2.0 mm (17).

**Arena:** Es el nombre que se da a materiales de granos finos que proceden de la denudación de las rocas o de la trituración artificial; sus partículas varían de 2mm y 0.05mm de diámetro, es análoga respecto a la grava (ambas suelen encontrarse en el mismo depósito), por ello la arena del río a menudo contiene proporciones significantes de grava y arcilla. Esta no se contrae al secarse, no es plástica, es menos compresible respecto a la arcilla y se comprime casi de manera instantánea si se aplica una carga en su superficie. (17).

**Arcilla:** la arcilla toma el nombre de las partículas sólidas de diámetro menor de 0.005mm y cuenta con una masa que puede volverse plástica al mezclarse con el agua; su composición química es mayormente conformada por silicato de alúmina hidratado, pero en pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o magnesio

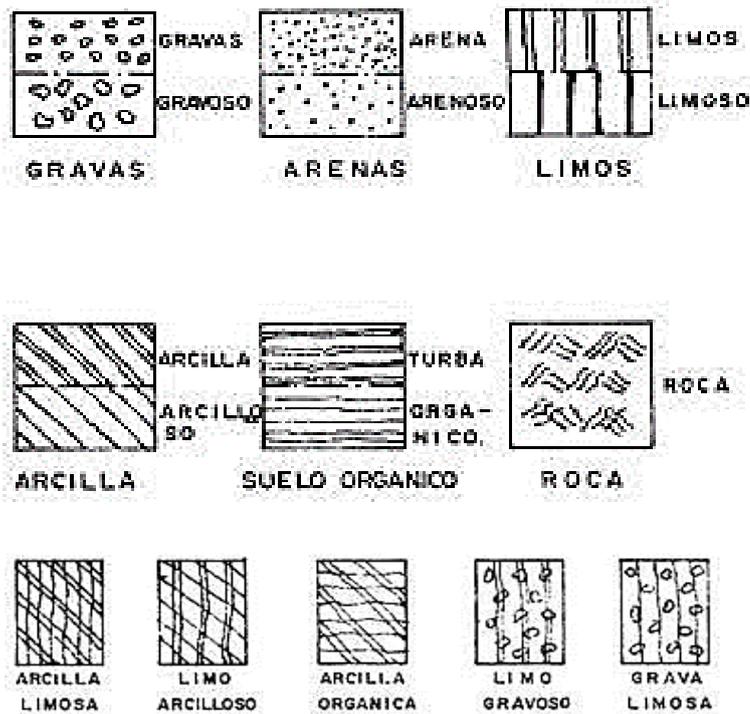
hidratados. Su estructura es cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar. La lámina que conforma la arcilla es de dos tipos: elásticos de tipo silícico y de tipo lumínico (17).

- **Limo:** Son suelos de granos finos que cuentan con poca o nula plasticidad, pudiendo ser de tipo orgánico e inorgánico, el primero se produce en canteras y el segundo se encuentra en los ríos. El diámetro característico de estos está entre 0.05mm y 0.005mm, son inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas (17). Los limos orgánicos cuentan con baja permeabilidad y alta comprensibilidad, por ello se consideran suelos pobres para cimentar.

- **Suelos cohesivos y no cohesivos:** Se clasifican de esta manera por la cohesión, característica que los hace diferentes y distintivos.

Los no cohesivos se forman por partículas de roca que no cuentan con cementación como son la arena y la grava. Mientras que los cohesivos poseen cohesión, y tiene la propiedad de atracción molecular como lo son las arcillas. (17)

Figura 1: Simbología usada para representar un suelo.



Fuente: (*Mecánica de suelos y cimentaciones*, p.29, 2004)

## 2.2.4. Clasificación de los suelos.

Las distintas clasificaciones de suelo tienen por objetivo capturar y describir el complejo material para sus aplicaciones o correspondientes necesidades: pavimentos, caminos, agricultura, geomecánica o minería. Estos incluyen los más conocidos: el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y el sistema de la American Association of State Highway & Transportation Officials (AASHTO)

### 2.2.4.1. Sistema de clasificación AASHTO.

El Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras de 1929, reúne a los suelos en 7 grupos: A-1 a A-7. Los materiales granulares se clasificaron en A-1, A-2 y A-3, en los que el 35% o menos de las partículas pasan el tamiz N° 200. Los que pasan más del 35% del tamiz N° 200 se clasifican en A-4, A-5, A-6 y A-7 y se

caracterizan por ser principalmente arcillas y limos. Este sistema toma su base en los siguientes criterios. (14)

- Tamaño de grano.
- Grava: suelo que pasa el tamiz de 75mm y fracción que se retiene en el tamiz número 10 (2mm).
- Arena: suelo que pasa el tamiz número 10 (2mm) y es retenido en el tamiz número 200.
- Limo y arcilla: suelo que pasa el tamiz número 200.
- Plasticidad.
- Los términos limoso y arcilloso se aplican cuando las fracciones de suelo fino tienen un índice de plasticidad menor o igual que 10 cuando es limoso, y un índice de plasticidad mayor o igual a 11 cuando se trata de un suelo arcilloso.
- Si se encuentran cantos y guijarros (tamaños mayores a 75mm), se excluyen de la muestra del suelo, sin embargo, este porcentaje extraído se registra para su influencia.

**Tabla 1: Clasificación de suelos en subrasantes.**

Clasificación general.	Materiales granulares (35% o > del total de la muestra que pasa por el núm. 200)			
Grupo de clasificación.	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Tamizaje (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min
Índice de plasticidad.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			
	Para A-7-5. $PI \leq LL - 30$ Para A-7-6 $PI \geq LL - 30$			

Fuente: (*Manual de Suelos y Pavimentos*, 2014)

#### 2.2.4.2. Sistema unificado de clasificación de suelos.

Desarrollado por Casagrande en 1948 para ser usado en trabajos de construcción en un aeródromo en el cuerpo de ingenieros del ejército, clasifica los suelos en dos grandes categorías:

- Suelos de grano grueso, en los que se clasifica a las gravas y arenas con porcentaje menor de 50% que pasa el tamiz número 200. Para estos los símbolos de grupo comienzan con el prefijo de G o S, el primero es para gravas y el segundo para arenas.
- Suelos de grano fino, cuentan con un 50% pasante por el tamiz número 200, los símbolos usados para este grupo son M, C y O. El primero para limos orgánicos, C para las arcillas inorgánicas y finalmente O para limos orgánicos

y arcillas. Además, comprende el símbolo Pt para usar en caso que se encuentre turba. (14)

También comprende otros símbolos que se utilizan en su clasificación.

W: Bien clasificado

P: Mal clasificado

L: Baja plasticidad ( $LL < 50$ )

H: Alta plasticidad ( $LL > 50$ ).

La clasificación adecuada de un suelo usando la clasificación SUCS se debe conocer a partir de los siguientes puntos:

- Porcentaje de grava, referida a la cantidad pasante del tamiz de 76.2mm y que se retiene en el tamiz número 4.
- Porcentaje de arena, fracción pasante del tamiz número 4 y retenida en el tamiz número 200.
- Porcentaje de limo y arcilla, fracción fina que pasa el tamiz número 200.
- Coeficiente de uniformidad y coeficiente de gradación.
- Límite líquido e índice de plasticidad que pasa el tamiz número 40.

**Tabla 2. Simbología usada en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).**

Suelo	Subgrupo	Sufijo
Grava(G)	Bien gradada	W
Arena (S)	Pobrementemente Gradada	P
Limo (M)	Limoso	M
Arcilla (C)	Arcilloso	C
Orgánico (O)	Límite líquido alto (mayor a 50)	L
Turba (Pt)	Límite líquido bajo (menor a 50)	H

Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.5. Subrasante.

Definida como la superficie acabada de la carretera al nivel de movimiento de tierras, en el que se coloca la estructura del pavimento. Puede decirse que la subrasante se ubica en la parte superior del terraplén en el que se coloca la estructura del pavimento, las cuales deben de estar conformados por suelos de características óptimas y compactados por capas para que se pueda construir un cuerpo en estado adecuado, de forma tal manera que la carga de tránsito no la afecte (4).

Las condiciones básicas para diseñar un pavimento según el MTC son el valor de CBR en condiciones de servicio, tránsito y características de los materiales que se colocan encima. En la construcción del pavimento los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel de la subrasante deben estar compactados al 95% de la máxima densidad seca, ello se obtiene por el ensayo de proctor modificado. (4)

El suelo encontrado por debajo del nivel de la subrasante a una profundidad de 0.60m deben de ser óptimos, estos deben tener un CBR mayor o igual al 6%, si es menor al 6% se considera como subrasante pobre o inadecuada, para ello existen alternativas de solución entre ellas: estabilización de suelos, elevación de la rasante, cambiar el trazado vial, en la que debe primar la técnica más conveniente y económica (4).

Figura 2 . Estructura característica de un pavimento.



Fuente: (*Pavimentos*, Claudio Giordani, p. 3)

#### **2.2.6. Caracterización de la subrasante.**

Para determinar las características físico – mecánicas de la subrasante, se deben de llevar a cabo estudios a travez del uso de calicatas de 1.5m de profundidad mínima, este número está determinado según el tipo de carretera por kilómetro, estas se deben ubicar longitudinalmente y en forma alternada con distancias aproximadas iguales. (4)

El número de calicatas se aplica en pavimentos nuevos, reconstruidos o mejorados. Los ensayos se realizan en el estudio de pre- inversión y deben formar parte del estudio definitivo. Si en la ejecución de la carretera se observa que ocurren cambios en el perfil de corte a terraplén o existe un cambio significativo debe ejecutarse más calicatas por kilómetro en puntos singulares. (4)

**Tabla 3. Número de calicatas para exploración de suelos.**

Tipo de carretera	Profundidad	Número mínimo de calicatas	Observación
Carreteras de IMDA mayo a 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas por km por sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada.
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido.</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido.</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas por km por sentido.</li> </ul>	
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, de una calzada dos carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 calicatas por km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000 y 401 veh/día, de una calzada dos carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 calicatas por km</li> </ul>	
Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 y 201 veh/día, de una calzada dos carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 calicatas por km</li> </ul>	
Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 calicatas por km</li> </ul>	

Fuente: (*Manual de carreteras*, p. 31, 2014)

### Registro de excavación.

De cada calicata realizada se obtienen muestras por cuarteo, descritas e identificadas mediante una ubicación con coordenadas UTM; WGS84 colocando su profundidad, número de muestra, entre otros y depositarlas en bolsas para su traslado a laboratorio. Debe llevarse, además, un registro de los espesores de cada estrato, sus particularidades de gradación y compacidad. (4)

Se deben extraer también muestras para los ensayos de módulo de resiliencia (Mr) y Capacidad de soporte del suelo (CBR), la cantidad de estos al igual que la ejecución de calicatas está determinada por el tipo de carreteras y el número de carriles. Estos ensayos se aplican tanto para la ejecución de pavimentos nuevos, rehabilitación y mejoramientos (4)

**Tabla 4. Número de ensayos CBR y Mr.**

<b>Tipo de Carretera</b>	<b>N<sup>a</sup> Mr y CBR</b>
Autopistas, carreteras de IMDA mayor a 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3km y 1 CBR cada 1km x sentido.</li><li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1Mr cada 2 km y 1 CBR cada 1km x sentido.</li><li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido.</li></ul>
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3km y 1 CBR cada 1km x sentido.</li><li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1Mr cada 2 km y 1 CBR cada 1km x sentido.</li><li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido.</li></ul>
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 y 2001 veh/día, de una calzada dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1Mr cada 3 km y 1 CBR cada 1km.</li></ul>
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000 y 401 veh/día, de una calzada dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada 1.5 km se realizará un CBR.</li></ul>
Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 y 201 veh/día, de una calzada dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada 2 km se realizará un CBR.</li></ul>
Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada 3 km se realizará un CBR.</li></ul>

Fuente: (*Manual de carreteras*, p. 33, 2014)

### **2.2.7. Estabilización de suelos.**

Es la alteración de las características de las muestras obtenidas, considerando el costo más bajo y la mejor calidad, estas estabilizaciones pueden ser química y mecánica. La química ejecuta la adición de sustancias químicas para mejorar las propiedades de este, mientras que la mecánica aplica metodologías que mejoran las propiedades sin tomar en consideración la aplicación de otros factores que unas las partículas. (14)

El *Manual de Carreteras* (2014) refiere que la aplicación de aditivos químicos y procesos mecánicos corresponden al mejoramiento de las características físicas de un suelo ya sean estos métodos naturales o artificiales (sintéticos), por tanto se conoce a este proceso como estabilización. El mejoramiento de la resistencia mecánica y que cuenten con estas propiedades permanentemente son el principal objetivo de la estabilización, las técnicas para realizar esto son muy variadas, el ingeniero responsable debe de optar por la solución más adecuada ya sea económica y técnicamente. (4)

### **Criterios para establecer la estabilización de suelos**

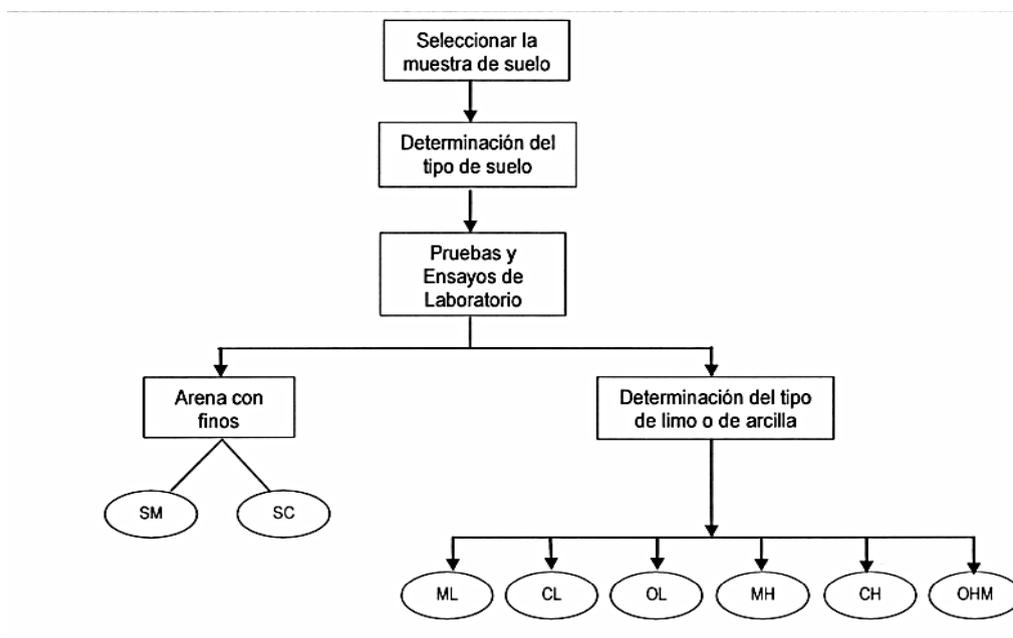
Los criterios más relevantes son los siguientes:

- Aquellos suelos que cuenten con un CBR menor al 6%, se consideran como subrasante inadecuada; si presentan zonas mojadas o áreas suaves, estos califican para un análisis de estabilización de suelos.
- Cuando en la subrasante exista presencia de arcillas o limos que al humedecerlas puedan penetrar a las capas superiores logrando contaminarlas.
- Si la subrasante está superior a la napa freática como ínfimo en 0.60m se considera subrasante extraordinaria y muy buena, 0.80m para la subrasante

buena y regular, si es una subrasante pobre, inadecuada cuando está a 1 m, 1.20 respectivamente.

- En regiones superiores a los 4 000 m se debe evaluar el desarrollo del congelamiento y heladas que está asociada con la capa freática, la susceptibilidad del suelo entre otros.
- Para determinar la estabilización de un suelo es necesario conocer el tipo de suelo existente.

Figura 3. Procedimiento para realizar la determinación del suelo.



Fuente: (*Manual de carreteras*, p. 33, 2014)

Características a considerar un método estabilizador:

- Tipo de suelo.
- Uso propuesto del suelo estabilizado.
- Tipo de aditivo para estabilizar el suelo.
- Disponibilidad del tipo de aditivo.
- Disponibilidad del equipo adecuado.
- Costos comparativos.

## **Tipos de estabilización de suelos.**

A continuación, se muestran los tipos de estabilización más comunes mencionados por el MTC (2018):

### **-Mecánica.**

“Se mejora las propiedades del suelo sin alterar la estructura y composición básica de este, por lo cual utiliza métodos de compactación para reducir el porcentaje de vacíos que se presentan en el suelo.” (4)

### **-Por combinación.**

Debe tenerse en cuenta el acoplamiento de suelos existentes con los de préstamo, para ello hay que escarificar la profundidad de 0.15m y colocar este aporte, estos se humedecerán hasta contar con la humedad adecuada para compactarse cumpliendo con los requisitos de densidad y espesores hasta la subrasante. (4)

### **-Por sustitución.**

Se presentan en dos situaciones: cuando la capa se construye directamente sobre el suelo natural o cuando este deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición. En la primera situación el suelo debe de escarificarse, conformar y compactar a la densidad adecuada para terraplenes en la profundidad de 0.15m, seguidamente se coloca los materiales en los anchos para garantizarla cota de subrasante (4).

En otro caso implica el retiro total del suelo natural de acuerdo al ancho de reemplazo, una vez que la cota de excavación sea alcanzada se procede a colocar y compactar el suelo mediante capas. (4)

### **-Con cal.**

La cantidad de cal a utilizar para estabilizar suelos generalmente varía de acuerdo a la capa, en las arcillas la cal afecta las características de compactación ya que cambia el índice de plasticidad, además aumenta la humedad de compactación permitiendo que el suelo se densifique. (14)

## -Con cemento.

Se obtiene por la mezcla íntima del material con cemento, agua y otras adiciones, seguida del curado y compactado adecuado, para determinar la adecuada dosificación de agua, se realiza el ensayo de proctor. Esto permite que el suelo estabilizado se endurezca y tenga más resistencia (4)

### 2.2.8. Componentes del diseño estructural de pavimentos.

Según Yang Huang (2004), los factores a tomar en cuenta en el diseño se dividen en 4 grupos: criterios de falla, materiales, ambiente, tráfico y carga.(18)

Figura 4. Componentes del diseño que afectan a la subrasante



Fuente: (*Métodos de diseños y pavimentos*, p. 11, 2015)

#### 2.2.8.1. Tráfico y carga.

Incluye las cargas por eje, número de repeticiones, las velocidades del vehículo y las áreas de contacto con los neumáticos, por lo general cuando se usen métodos mecanicistas. (18)

AASHTO 93 usa el concepto del número de ejes equivalentes de carga estándar ESAL para definir la variable tráfico, este representa todo el volumen del tráfico vehicular que transita considerando los siguientes factores:

- Cantidad de vehículos.
- Periodo de diseño.

- Factor de distribución direccional.
- Tipo de vehículos.
- Factor de distribución de carril.
- Tasa de crecimiento.
- Factor camión.

### **2.2.8.2. Ambiente.**

Los factores que alteran el diseño estructural de un pavimento son temperatura y precipitación principalmente, pero también pueden afectar diferentes factores ambientales. En el método empírico – mecanicista se divide en un número de periodos, cada cual tiene diferente módulo de capa por lo que es evaluado y sumado determinando la vida útil de diseño. (18)

### **2.2.8.3. Materiales.**

Se especifican las características de los materiales en procedimientos empíricos ya que con estos pueden determinar las respuestas del pavimento como son: los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos.

Según (18), las propiedades generales para pavimentos flexibles son las siguientes:

- Cuando la mezcla asfáltica en caliente (HMA) se considere lineal viscoelástica.
- Propiedades de fatiga cuando se base en la fisuración por fatiga.
- Si el diseño se basa en el ahuellamiento se deben especificar los parámetros de deformación en caliente.

#### 2.2.8.4. Criterios de falla.

En el método AASHTO las condiciones generales del pavimento están determinadas por el índice de serviciabilidad presente (PSI). Por lo que los criterios de falla en pavimentos flexibles son los siguientes (18):

- **Fisuramiento por fatiga:** Es la relación de la cantidad de repeticiones permitidas de cargas con la deformación que ocurra en este a través de la prueba de fatiga de laboratorio.
- **Ahuellamiento:** Es la deformación permanente en la zona a lo largo del recorrido de los neumáticos.
- **Agrietamiento térmico:** Son producidas por la baja temperatura y fatiga térmica, este último es parecido al agrietamiento por cargas repetidas causadas por la tensión de la capa de asfalto que se debe al ciclo diario de temperatura.

#### 2.2.9. Polímeros.

Se define así a las moléculas de gran tamaño, las cuales son constituidas por eslabones orgánicos que se denominan monómeros y se unen mediante enlaces covalentes, estos formados fundamentalmente por los átomos de carbono. Estas moléculas orgánicas constituyen los materiales plásticos que se conocen.

Son provocados mediante un proceso llamado polimerización, en este se produce una reacción de los monómeros que pasan luego a formar parte de una cadena macromolecular, para lograr esta polimerización existen dos métodos entre ellos: de adición o crecimiento de cadena y condensación o crecimiento de pasos.

### 2.2.9.1. Tipos de botellas de plástico y su reciclaje.

Actualmente continúan produciéndose variadas presentaciones, entre ellos están los envases descartables, que se clasifican en 7 fracciones considerando el material de su elaboración. Si se quiere reconocerlos en la parte inferior están letras y números indicando el tipo de botella y cuáles son las prevenciones que se deben tener en cuenta al utilizarlas.

- **PET.**

Los envases de tereftalato de polietileno, cuentan con el dígito “uno”, lo cual indica que es fuerte y durable, característica útil para su portabilidad. Estas botellas se utilizan principalmente para refrescos, agua, jugo y bebidas deportivas y cuenta con las siguientes propiedades: buena resistencia química – térmica y elevado aguante (corrosión y desgaste). A continuación, se muestra el tipo de botella que se utilizó, así como también se la simbología de este.

Figura 5. Envases PET.



Fuente: (*Reciclaje*, Centro de estudios Rivas y Mengar, p.2)

- **HDPE (polietileno de alta densidad).**

Estas cuentan con el dígito 2 impuesto en su símbolo ya que son hechas de polietileno de alta densidad, ello quiere decir que son más densas, versatilidad y resistencia. Son usados, principalmente, para almacenar productos de limpieza químicos o industriales, las botellas de HDPE reemplazaron al vidrio y el metal desde el año 1970.

Figura 6. Envase típico y simbología del HDPE.



Fuente: (*Reciclaje*, Centro de estudios Rivas y Mengar, p.2)

• **V (Vinílicos)**

Estos envases plásticos cuentan con el dígito 3, por tanto, está hecho de PVC (policloruro de vinilo). Tiene gran flexibilidad y se utiliza principalmente para líquidos expansibles y contraíbles, así evitar que estos no se rompan. Este envase también es muy resistente por lo que se usa para productos como detergentes, aceites, limpiavidrios, entre otros.

Figura 7. Envase típico y simbología de V o PVC.



Fuente: (*Reciclaje*, Centro de estudios Rivas y Mengar, p.2)

• **LDPE (polietileno de baja densidad).**

Al igual que los anteriores envases descartables estas llevan un número impreso en la parte inferior, en este caso es “cuatro”; están hechos de polietileno de baja densidad; este material tan delgado lo convierte en un perfecto aislador de humedad.

Se fabrica a precios muy bajos, ya que pueden fundirse fácilmente. Sus principales características son: transparencia, fuerza y flexibilidad.

Figura 8. Envase y simbología del LDPE.



Fuente: (Reciclaje, Centro de estudios Rivas y Mengar, p.2)

• **PP (polipropileno).**

Este envase cuenta con el número “cinco” impreso en la parte posterior, el polipropileno cuenta con una fusión elevada, lo que lo hace indispensable para artículos que necesitan ser calentados. Estos contienen alimentos y líquidos calientes

Figura 9. Envase y simbología del PP.



Fuente: (Reciclaje, Centro de estudios Rivas y Mengar, p.2)

• **PS (poliestireno).**

Estos envases cuentan con una baja fusión, lo que permite que se derrita en contacto con el calor, se presenta generalmente en platos, vasos y bandejas descartables, y todo lo que se pueda desechar. Son fáciles de reciclar e incluso después de reciclados se pueden obtener diferentes entregables.

Figura 10. Envases y simbología del PS.



Fuente: (*Reciclaje*, Centro de estudios Rivas y Mengar, p.2)

- **Otros**

Para la identificación de estos envases hay que tener en cuenta el dígito “siete”, ello significa que es la combinación de los materiales mencionados anteriormente o de otros plásticos.

Figura 11. Símbolos típicos de otros tipos de envases plásticos.



Fuente: (*Reciclaje*, Centro de estudios Rivas y Mengar, p.2)

### 2.2.10. Valor relativo de soporte, California Bearing Ratio (CBR).

La resistencia por punzonamiento de un suelo se indica mediante el CBR, este se encuentra sujeto a un estudio con relación a otro que se denomina suelo patrón; es utilizado en suelos granulares y componentes de la subrasante de pavimentos de carreteras.

Existen 3 maneras de ejecutar este ensayo.

- En de campo.

- En laboratorio con muestras compactadas en circunstancias de densidad y humedad controlada.
- En laboratorio con muestras inalteradas.

### 2.2.10.1. CBR *in situ*.

Este determina el CBR en el lugar donde estará sometido a las situaciones que la estructura soporta. Para esto primero se define la densidad *in situ* en el lugar de ensayo bajo las siguientes condiciones.

Se debe de retirar el material representativo del área a ensayar, esta área debe estar uniforme y horizontal tanto como sea posible. Se eligen zonas donde no existan piedras superiores a los de 3/4" y se coloca un sistema de reacción montando un gato, con anillos dinamométricos y pistón en forma vertical.

La forma de expresar los resultados de este es igual a la del laboratorio, es decir, se dibuja la curva esfuerzo – penetración y se calcula el CBR, para ello usan los valores de penetración de 0.1" y 0.2". El ensayo está diseñado para un soporte de 0.1" y 0.2" de penetración, cuando esta relación es mayor se debe repetirse la prueba, si vuelve a dar un resultado similar se debe usar la relación de 0.2" de penetración.

Figura 12 . Ensayo CBR *in situ*.



### 2.2.10.2. CBR de laboratorio a humedad y densidad controladas.

A diferencia del ensayo *in situ* el CBR de laboratorio prepara sus muestras controlando la densidad y humedad; esta prueba evalúa la resistencia potencial de las diferentes capas estructurales de un pavimento, que incluye materiales reciclados para usar en pavimentos (19).

**Tabla 5. Penetración del gato para definir la curva.**

<b>Mm (milímetros)</b>	<b>In (pulgadas)</b>
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

Fuente: (*Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones*, p.254, 2016)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método general: método científico.**

##### **3.1.1. Metodología de Investigación.**

Hernandez Sampieri, Roberto y otros (2010) mencionan que, “en el enfoque cuantitativo se empieza por plantear un problema, por construir un marco teórico, se genera una hipótesis y se analizan los datos mediante una medición numérica y métodos estadísticos, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (20).

En el enfoque cuantitativo se utilizan métodos y técnicas que tengan relación: medir, magnitud, observar, medir unidades de análisis, para ser recolectadas y procesadas para contestar preguntas de investigación y corroborar hipótesis planteadas confiando en la medición de variables e instrumentos de investigación. (21)

El trabajo forma parte del enfoque Cuantitativo, ya que las circunstancias que se observa pueden ser probados y son secuenciales a la vez.

##### **3.1.2. Tipo de Investigación.**

“La investigación aplicada se encuentra en todos los proyectos de ingeniería civil, siempre y cuando solucionen alguna problemática”. (22)

Esta investigación cuenta como fin estudiar un problema el cual es ejecutable. La misma aporta nuevas ideas si es realizada correctamente y ofrecer información útil y confiable, además de integrar una teoría antes planteada. (23)

Conociendo el fin y condición del trabajo decimos que es APLICADA, ya que emplea los conocimientos existentes a casos cotidianos, considerando las normas vigentes. Además, los resultados serán utilizados como solución de problemas cotidianos. (24)

### **3.1.3. Nivel de Investigación.**

“Las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y, de hecho, implican los propósitos de éstos (exploración, descripción y correlación o asociación)” .(20)

Para la investigación explicativa su principal objetivo es buscar el porqué de los hechos, fenómenos y eventos, mediante la relación causa – efecto, ello quiere decir que explica la ocurrencia de un evento y la circunstancia donde se manifiesta y su relación con las variables. (25)

El nivel pertenece al EXPLICATIVO, ya que procura dar a conocer la influencia de los polímeros en la mejora del CBR en suelos arcillosos a nivel de subrasante, además de dar una descripción.

### **3.1.4. Diseño de la Investigación.**

“Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula”. (20)

El diseño experimental es un plan para poder responder preguntas de una investigación, además de orientar al investigador en la realización del experimento. Los pasos para desarrollar una investigación experimental son distintos según diferentes autores, pero todos buscan la correcta planificación del experimento. (21)

En la presente investigación se emplea el diseño EXPERIMENTAL, ya que toma la observación de los eventos que se provocaron para manipularlos en laboratorio. Este manejo es intencional, ya que se puede analizar las consecuencias de un evento (efecto) a partir de una o más variable (causa).

### **3.2. Población y muestra.**

#### **3.2.1. Población.**

La población está determinada por el conjunto de elementos que cuentan con características comunes, estas se utilizan para determinar el problema a investigar y sus objetivos. (25)

La población, además, puede estar definida como el total de las unidades de estudio que contienen características similares; está constituida por un conjunto de objetos que son medibles y establecen una unidad de investigación. (21)

La población está dada por suelos con presencia de arcilla a cota subrasante del km 0+000 al km 5+000 del Distrito San Miguel, Provincia de San Román, Departamento de Puno.

#### **3.2.2. Muestra.**

La muestra recae en el subconjunto que representa a la población. A partir de una población determinada puede obtenerse la muestra, además su principio descansa en que las partes representan el todo, por lo tanto, refleja las características que definen a cada una de ellas. (25)

La subrasante de la carretera del Distrito Santa María – Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel, Provincia San Román, Puno es tomada como muestra. Considerando los tramos con presencia considerable de arcilla, por lo que se toma la progresiva km 2+500 – km 3+500 (tramo crítico), para la ejecución de los estudios correspondientes.

El espécimen está determinado por la tabla 3 en el que menciona el número de puntos a explorar según el MTC. Para la investigación se ubicaron 3 puntos distribuidos en el tramo crítico de la vía, con el fin de ubicar el suelo que reúna los requisitos para ser adecuado para la investigación.

### **3.2.2.1. Muestreo.**

Tamayo (2012) menciona: “La finalidad del muestreo es identificar la población escogida, partiendo de la misma, la cual puede ser escogido, al azar o por criterio propio”.

El trabajo se basó en un muestreo de tipo no probabilístico, debido a que el espécimen elegido fue elegido convenientemente (azar)

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

### **3.3.1. Técnicas.**

La técnica a emplear para la recolección de datos es la observación, para producir un conocimiento válido y confiable, para conectarse con la realidad y formar una idea sobre el problema que se estudia (26). Se realizaron excavaciones de calicatas para la obtención de muestras que serán analizadas en laboratorio para así conocer sus propiedades físicas y mecánicas.

Otra técnica usada es la documental, ya que predomina el acopio de información de todo tipo, esta es muy empleada en el enfoque cuantitativo y cualitativo. (27)

En esta investigación se recogió la información de otros trabajos de investigación de la zona, lo que demuestra que existe una presencia significativa de arcillas en la zona de estudio, ello ayuda a determinar la población para el presente trabajo de investigación.

### **3.3.2 Instrumentos.**

Se utilizó instrumentos de mano como: cinta métrica, envases impermeables, herramientas manuales e instrumentos de laboratorio, entre otros, de esta manera ejecutar ensayos conocidos; también se usó material de cómputo y apunte para el procesamiento de los datos obtenidos en el laboratorio.

### 3.4. Método de análisis de datos.

#### 3.4.1. Metodología empleada.

Se emplea el método científico, relacionando la estabilidad de suelos con presencia de arcilla con el problema. Para ello se tomaron especímenes del tramo crítico para ser analizadas al natural y posteriormente a la adición de polímeros al 1% y 3%.

Aplicando de una dosis adecuada de polímeros reciclados, se determina el efecto que esta causa en la densidad máxima seca y también se puede comparar los resultados obtenidos en estado natural, y con la adición de polímeros reciclados.

#### 3.4.2. Trabajo de campo.

Se realizó la excavación de calicatas C-01, C-02 y C-03, se ejecutó el procedimiento de campo visual (espesor, color, textura) para tener una clasificación de los suelos y se obtuvieron muestras considerables para ser analizadas en laboratorio.

##### 3.4.2.1 Calicatas.

Se realizó la excavación de 3 calicatas, que tienen una profundidad de 1.50m, con área de 1.00m x 1.20m en la franja derecha de la vía con el fin de obtener muestras y contar con un perfil estratigráfico del área de estudio como se muestra en la siguiente tabla 6.

**Tabla 6. Descripción de las coordenadas geográficas de las calicatas.**

<b>Progresiva (km)</b>	<b>Calicata</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Lado</b>
Km 2+500	C - 01	1.50	Derecho
Km 3+000	C - 02	1.50	Derecho
Km 3+500	C - 03	1.50	Derecho

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Calicata C – 01.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Calicata C – 02.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2.2 Determinación del uso de polímeros reciclados.

#### Obtención de los polímeros reciclados.

Se utilizaron envases reciclables de PET 1 (ver figura 5) los cuales se obtuvieron de RECIPLAST – Juliaca. Para volverlos aditivos se transportaron a una máquina trituradora y se obtuvo los polímeros en una sola dimensión, ver figura 15.

Figura 15. Empresa recicladora RECIPLAST – Juliaca.



Fuente: Elaboración propia.

### Dimensiones de los polímeros reciclados.

Triturados los polímeros se procede a realizar un ensayo de granulometría por las mallas ½”, esta pasó a un 95.12% retenido en la malla N<sup>o</sup> 4, las cantidades a utilizarse son de 1% y 3% respecto al peso seco del suelo.

La porción utilizada para el ensayo CBR debe ser los polímeros que se retienen en el tamiz N<sup>o</sup> 4 debido a que actúa en función de la poca presencia de gravas.

Figura 16. Polímeros reciclados a usar (tamizados).



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3. Ensayos de laboratorio para el desarrollo de la investigación.

Se realizan ensayos según el MTC en su *Manual de Suelos y Pavimentos* (2014), véase la tabla 7 para determinar las características del suelo.

Tabla 7. Ensayos usados en la investigación.

ENSAYOS	NORMA
<b>Propiedades físicas</b>	
Análisis granulométrico	MTC E 107
Contenido de Humedad	MTC E 108
Límite líquido	MTC E 110
Límite plástico	MTC E 111
Clasificación de suelos SUCS	NTP 339.134
Clasificación de suelos AASHTO	NTP 339.135
<b>Propiedades mecánicas</b>	
Proctor modificado	MTC E 115
CBR (California Bearing Ratio)	MTC E 132

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación de resultados.

##### 4.1.1. Características físicas de los suelos analizados.

##### 4.1.1.1. Análisis granulométrico de suelos.

La tabla 8 se presenta el resumen de las pruebas para las 2 calicatas desarrolladas con respecto al estrato analizado.

**Tabla 8. Resultados de análisis granulométricos.**

MALLA		Porcentaje que pasa (%)		
		C - 01	C - 02	C - 03
Tamices ASTM	Abertura (mm)	E - 02	E - 02	E - 02
2"	50.000	100.00	100.00	100.00
1 ½"	37.500	100.00	100.00	100.00
1"	25.000	100.00	100.00	100.00
¾"	19.000	100.00	100.00	100.00
½"	12.5000	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.5000	100.00	100.00	100.00
No 4	4.750	96.93	97.44	96.95
No 10	2.000	93.25	93.59	93.05
No 20	0.840	85.83	86.37	86.05
No 40	0.425	75.55	73.74	73.70
No 100	0.150	63.18	58.30	60.26
No 200	0.075	46.93	39.11	42.88

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se presenta en la tabla anterior se observa que el porcentaje que pasa la malla número 200 es mayor al 50% por lo que cuenta con un porcentaje considerable de limos, arcillas y arenas lo que refiere que estos suelos son pocos resistibles a la acción de cargas, se preparó un resumen de los porcentajes de arena, grava y finos de las calicatas analizadas en la tabla 9.

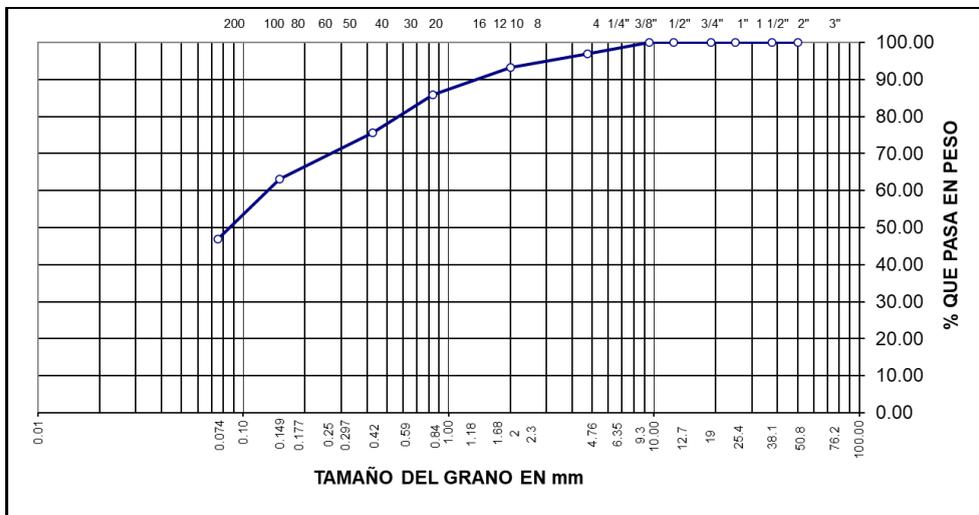
**Tabla 9. Porcentajes de suelos (grava, arena, finos).**

Suelo	C-01	C-02	C-03
Grava (No. 2" a No4)	3.07	2.56	3.05
Arena (No 4 a No 200)	50.00	58.33	54.07
Finos (menor a 200)	46.93	39.11	42.88

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17, 18 y 19 se presentan las curvas granulométricas según el % que pasa por cada tamiz.

**Figura 17. Curva granulométrica de la calicata 01 (suelo natural)**



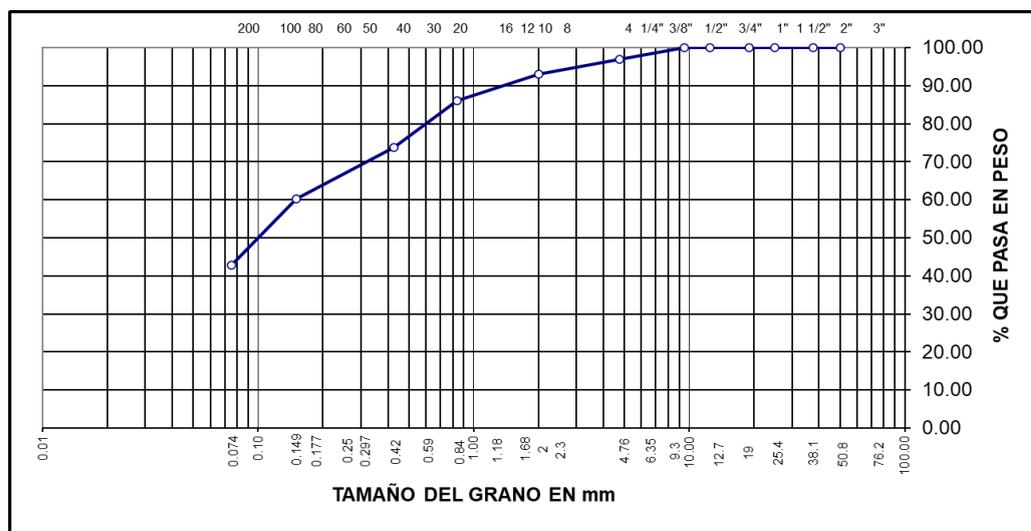
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 18. Curva granulométrica de la calicata 02 (Suelo natural)**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Curva granulométrica de la calicata 03 (natural).



#### 4.1.1.2. Contenido de humedad.

Mediante este ensayo se conoce si la humedad natural es mayor o menor que la humedad óptima, en la tabla 10 se muestra un resumen de los puntos estudiados con las características requeridas.

**Tabla 10. Resultados de contenido de humedad y humedad óptima.**

Calicata	Progresiva	Estrato	Contenido de humedad (%)	Humedad óptima
C-01	2+500	E-02	26.12	14.40
C-02	3+000	E-02	24.91	14.70
C-03	3+500	E-02	23.46	14.50

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.3. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Los datos obtenidos de los ensayos de límites de consistencia son esenciales para poder clasificar un suelo, además de la ayuda que representa en la toma de decisiones con respecto a si requiere o no un estabilizador, véase la tabla 11.

**Tabla 11. Resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia.**

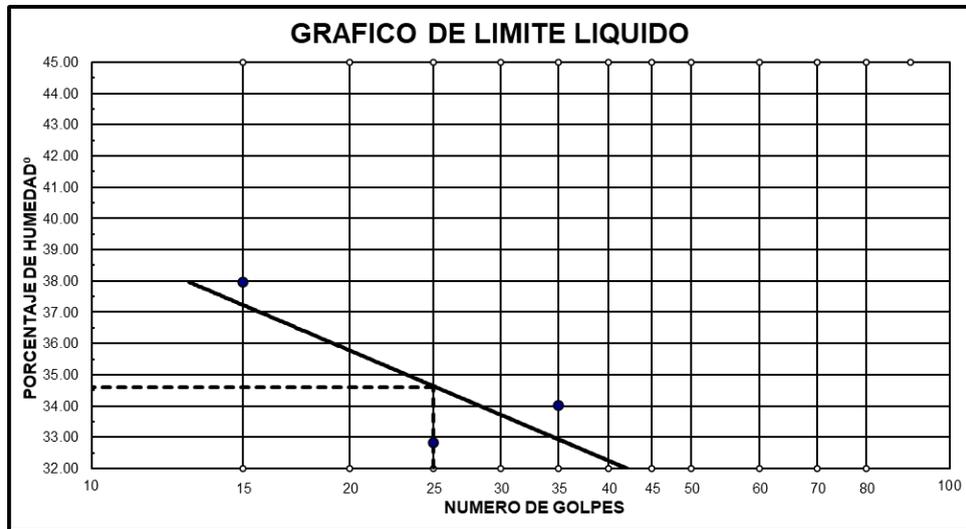
Calicata	Estrato	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
C-01	E-02	34.60	17.73	16.87
C-02	E-02	36.00	20.65	15.35
C-03	E-02	34.90	26.87	8.03

Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 20, 21 y 22 muestran los diagramas de fluidez (relación del % de humedad y el número de golpes) de la calicata 01 y 02.

Figura 20. Relación porcentaje de humedad - número de golpes

(calicata 01)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Relación porcentaje de humedad – número de golpes (calicata

02)

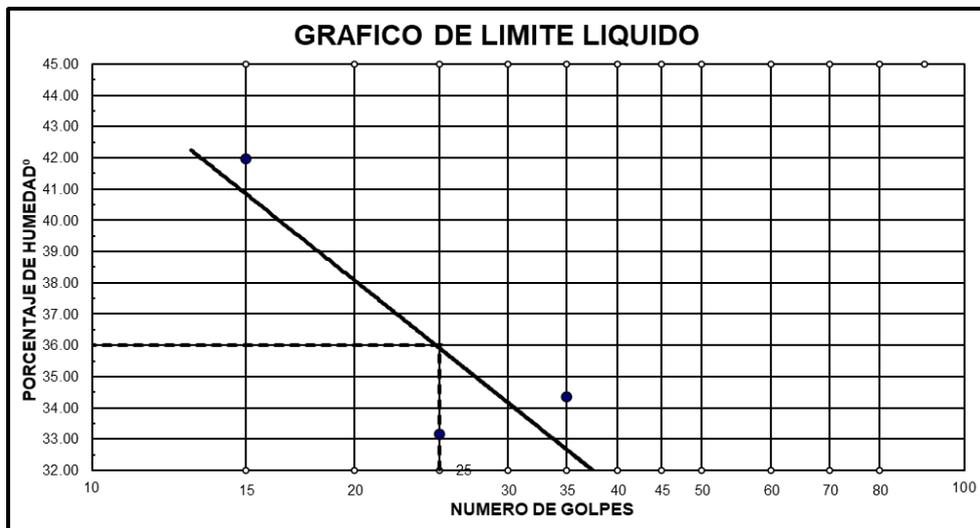
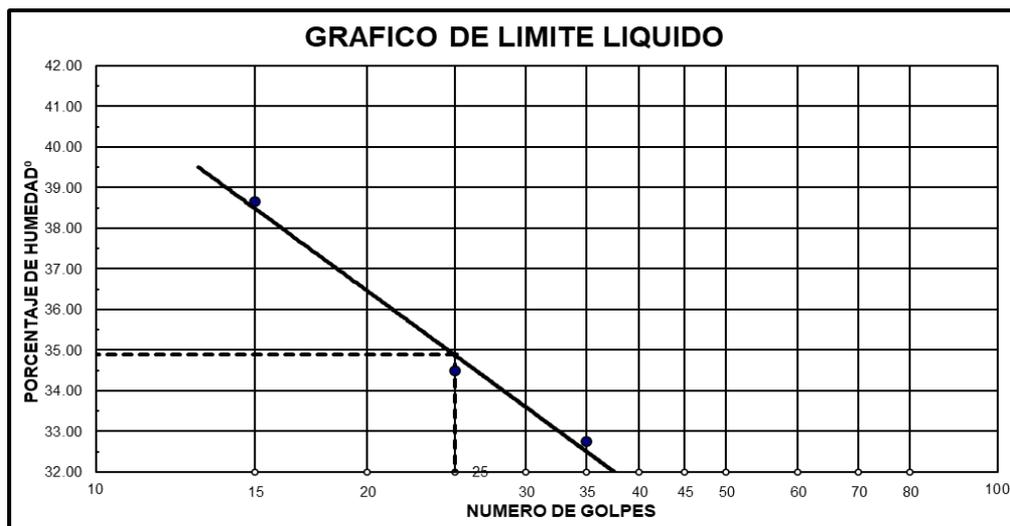


Figura 22. Relación porcentaje de humedad – número de golpes



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.4. Clasificación de suelo por SUCS.

Para la clasificación por este método se considera los porcentajes pasantes por las mallas No 4, No 200 además toma en cuenta los resultados de los límites de consistencia, en la tabla 12 se presenta la clasificación con todos los datos mencionados anteriormente.

Tabla 12. Clasificación por el método SUCS.

Calicata	C – 01	C – 02	C – 03
Progresiva	2+500	3+000	3+500
Estrato	E – 02	E – 02	E – 02
Profundidad (m)	1.50	1.50	1.50
Grava (2" – No 4)	3.07	2.56	3.05
Arena (No 4 – No 200)	50.00	58.33	54.07
Finos (menor a 200)	46.93	39.11	42.88
Límite líquido	34.60	36.00	34.90
Índice de plasticidad	16.87	15.35	8.03
Clasificación SUCS	CL - ML	CL	CL
Denominación	Arcilla y limo de baja plasticidad		Arcilla de baja plasticidad

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.5. Clasificación por AASHTO.

La clasificación AASHTO requiere de los resultados de los ensayos granulométricos, esencialmente los porcentajes que pasan la malla No. 10, No. 40 y finalmente la No. 200; este al igual que el anterior método se considera en los resultados de los límites de consistencia. También se debe conocer el índice de grupo que se encuentra relacionado al límite líquido, índice de plasticidad y el porcentaje que pasa por la malla No.200. En la tabla 13 se contempla la clasificación por el método AASHTO para el suelo en estudio.

**Tabla 13. Clasificación de suelos, método AASHTO.**

<b>Calicata</b>	<b>C – 01</b>	<b>C – 02</b>	<b>C – 03</b>
Progresiva	2+500	3+000	3+500
Estrato	E – 02	E – 02	E – 02
Profundidad (m)	1.50	1.50	1.50
Porcentaje pasante No 10	93.25	93.59	93.05
Porcentaje pasante No 40	75.55	73.74	73.70
Porcentaje pasante No 200	46.93	39.11	42.88
Límite líquido	34.60	36.00	34.90
Índice de plasticidad	16.87	20.65	8.03
Índice de grupo	0	1	1
Clasificación AASHTO	A – 4 (0)	A – 6 (1)	A – 4 (2)
Denominación	Suelos limosos	Suelos arcillosos	Suelos arcillosos

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Características mecánicas del suelo patrón

##### 4.1.2.1. Proctor modificado.

Esta prueba muestra la relación del contenido de humedad y el peso seco específico, mediante el cual se determina la humedad óptima y la densidad seca máxima, en la tabla 14 se detallan los resultados obtenidos por el ensayo.

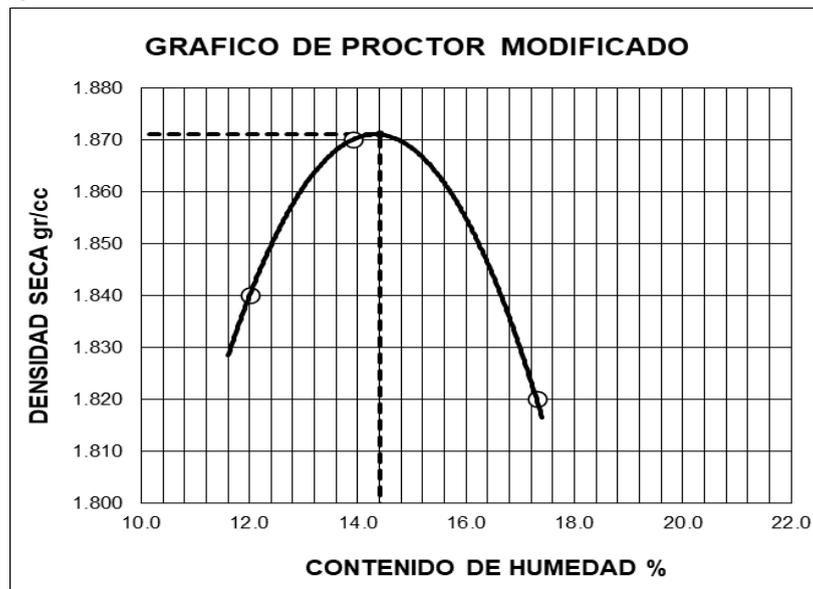
**Tabla 14. Resultados de la muestra patrón mediante el ensayo de proctor modificado.**

Calicata	Progresiva	Estrato	Humedad Óptima (%)	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )
C-01	2+500	E-02	14.40	1.871
C-02	3+000	E-02	14.70	1.850
C-03	3+500	E-02	14.50	1.860

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23 se observa la relación humedad – densidad seca de la calicata 01 y su respectivo contenido de humedad óptimo.

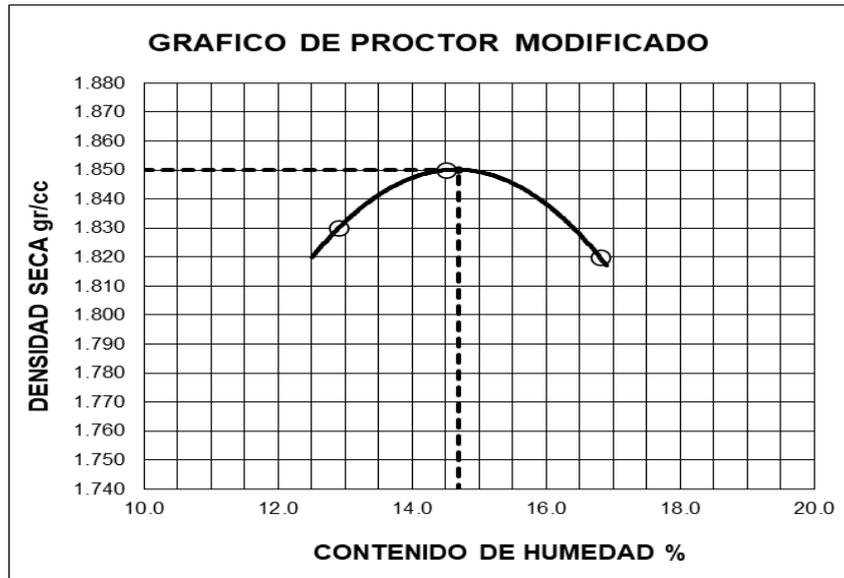
Figura 23. Relación humedad – densidad seca de la calicata 01.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 24 detalla igualmente la relación humedad – densidad seca de la calicata 02.

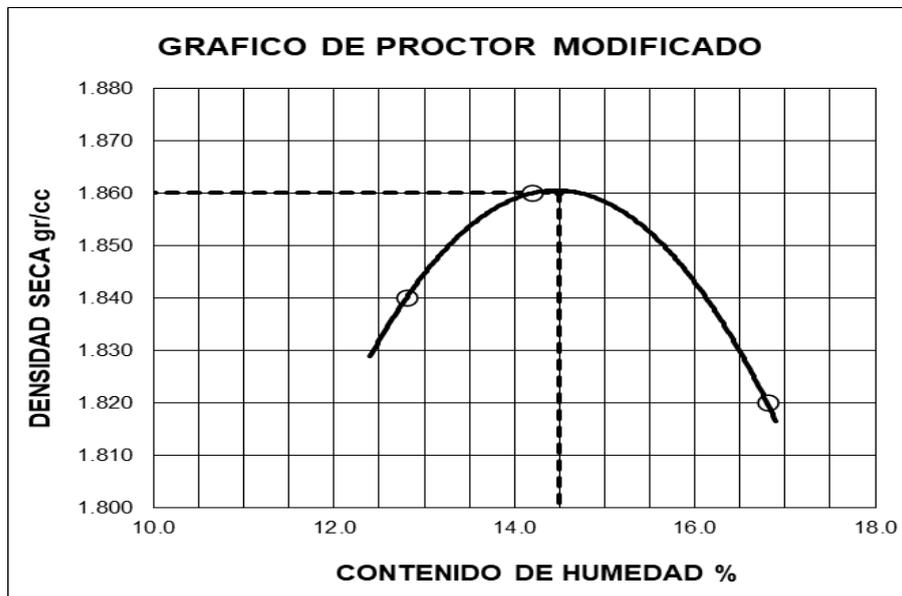
Figura 24. Relación densidad seca – humedad de la calicata 02.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25 se muestra la relación humedad – densidad seca para la calicata 03 en el suelo natural.

Figura 25. Relación humedad – densidad seca de la calicata 03.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.2. CBR (California Bearing Ratio)

Este ensayo es el principal del estudio, ya que en base al resultado se determina el comportamiento del polímero reciclado en la muestra. A continuación, se presenta el resumen de los resultados de CBR del suelo patrón (natural) en la tabla 15.

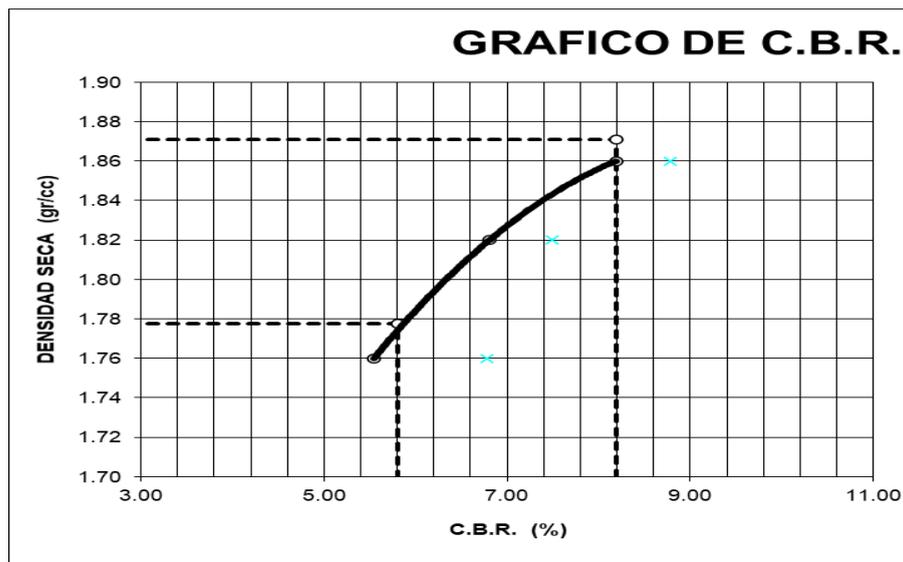
**Tabla 15. Resultados del ensayo CBR de la muestra patrón.**

Golpes		Calicata 1			Calicata 2			Calicata 3		
		12	25	56	12	25	56	12	25	56
D.M. Seca	Gr/c m <sup>3</sup>	1.76	1.82	1.86	1.73	1.80	1.86	1.72	1.78	1.85
Expansión	%	0.82	0.80	0.36	1.38	1.30	0.84	0.84	0.38	0.08
Valor CBR 1''	100 % D.M .S	5.5	6.6	8.2	4.8	6.6	7.4	4.5	6.6	7.8

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26 se detalla la curva de CBR (Relación CBR – Densidad Seca) de la calicata 01, observando la densidad al 95% y al 100%.

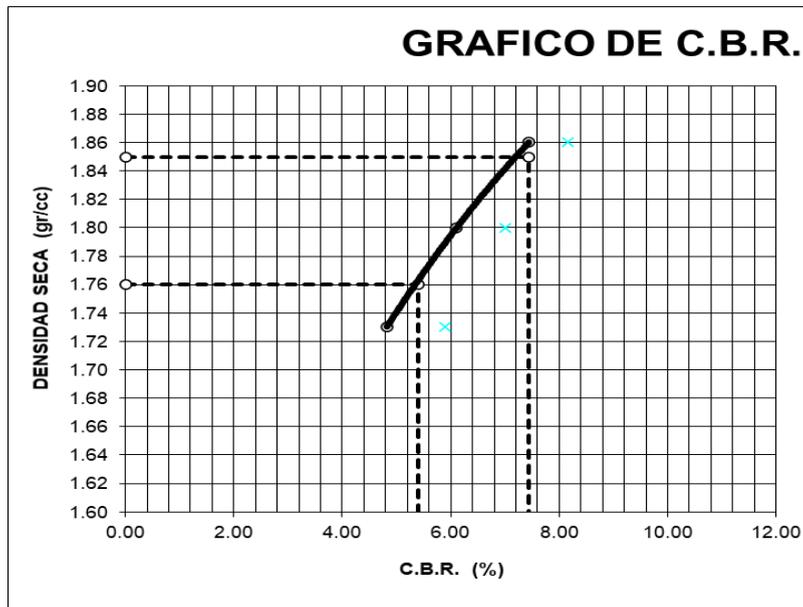
Figura 26. Relación CBR – Densidad de la calicata 01.



Fuente: Elaboración Propia.

La figura 27 al igual que el anterior detalla la relación de CBR y densidad seca de a calicata 02.

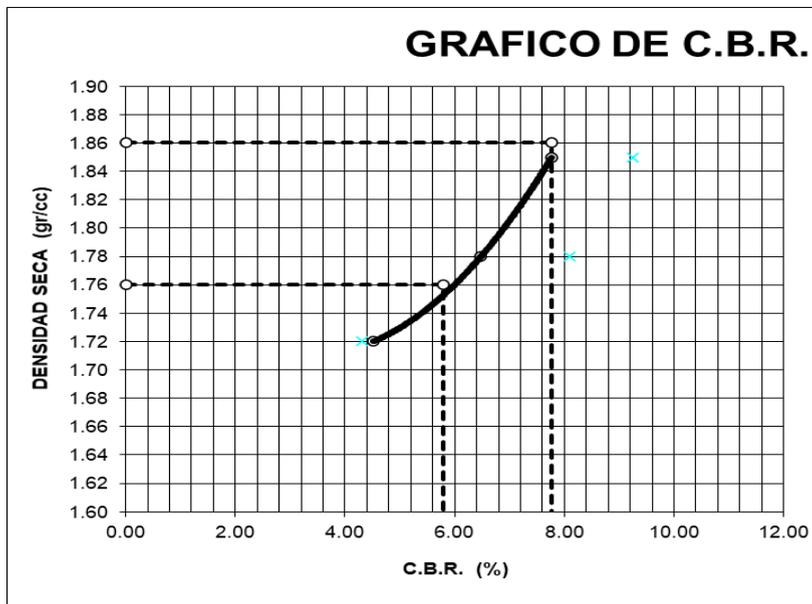
Figura 27. Gráfico de la relación CBR y la densidad seca en la calicata 02.



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 28 se detalla la relación CBR y densidad seca de la calicata 03.

Figura 28. Relación densidad seca – CBR de la calicata 03.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Características físicas del polímero triturado.

##### 4.1.3.1 Análisis granulométrico de los polímeros triturados.

Para determinar la dosificación adecuada del polímero reciclado triturado se realizó un ensayo de análisis granulométrico por tamizado desde la malla 3/4" a la malla No. 4 para clasificarlos por sus dimensiones, la grava es considerada en las dimensiones de 4.76 mm a 50.80 mm.

**Tabla 16. Análisis granulométrico de los polímeros triturados.**

MALLA		Peso retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa
Tamices ASTM	Abertura (mm)				
3/4"	19.000	10.02	1.28	1.28	98.72
1/2"	12.5000	21.11	2.71	3.99	96.01
3/8"	9.5000	107.03	13.72	17.71	82.29
No 4	4.750	148.65	19.06	36.77	63.23
Base		15.8	2.03	38.8	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4. Características mecánicas de los suelos adicionados con polímeros reciclados triturados.

##### 4.1.4.1 Proctor modificado con adición de polímeros reciclados.

La adición de polímeros reciclados triturados en los suelos influye en la densidad seca máxima, así como el contenido de humedad óptimo. Por tanto, en la tabla 17 se presentan los resultados de este ensayo en los porcentajes propuestos para la investigación (1% y 3%).

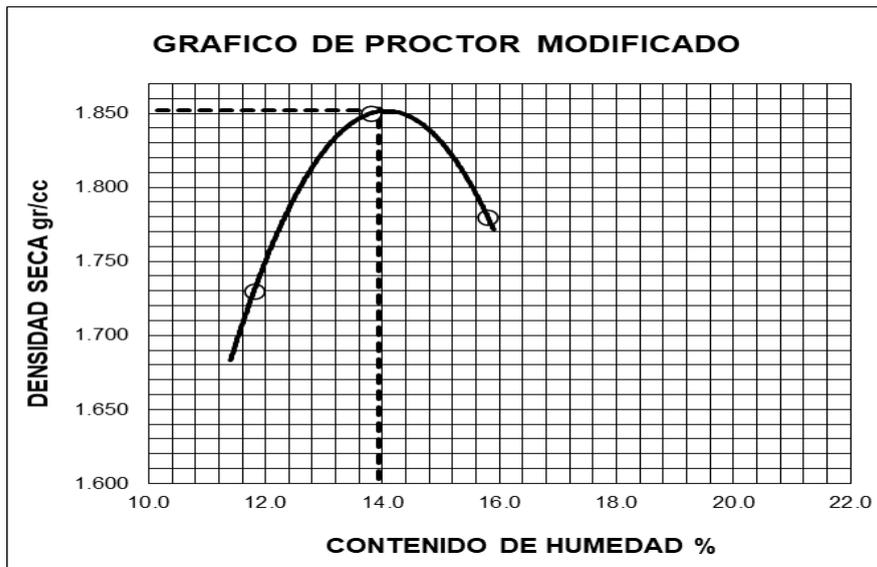
**Tabla 17. Resumen del ensayo de proctor modificado con la adición de polímeros en 1% y 3%.**

Calicata	Progresiva	Estrato	Polímero añadido (%)	Humedad óptima (%)	Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )
C – 01	2+500	E – 02	1%	13.93	1.852
C – 01	2+500	E – 02	3%	13.85	1.822
C – 02	3+000	E – 02	1%	14.66	1.831
C – 02	3+000	E – 02	3%	14.40	1.810
C – 03	3+500	E – 02	1%	14.10	1.840
C – 03	3+500	E – 02	3%	14.20	1.81

Fuente: Elaboración propia.

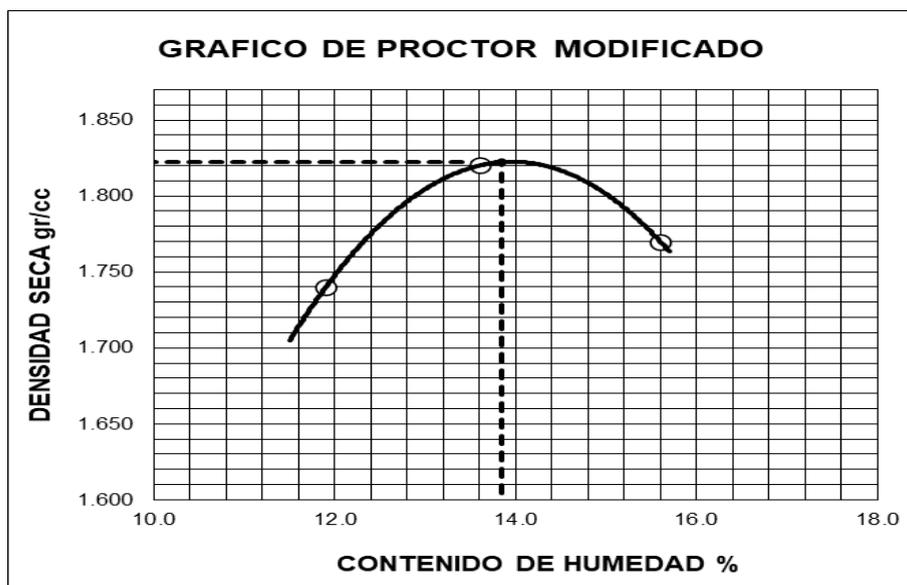
En la figura 29 y 30 se observa la curva de la densidad seca – contenido de humedad en los que se aprecia la densidad seca máxima y la humedad óptima de la calicata 01 al adicionarle el 1% de polímero reciclado triturado.

Figura 29. Relación densidad seca- contenido de humedad adicionado de 1% de polímero reciclado (C-01).



Fuente: Elaboración propia.

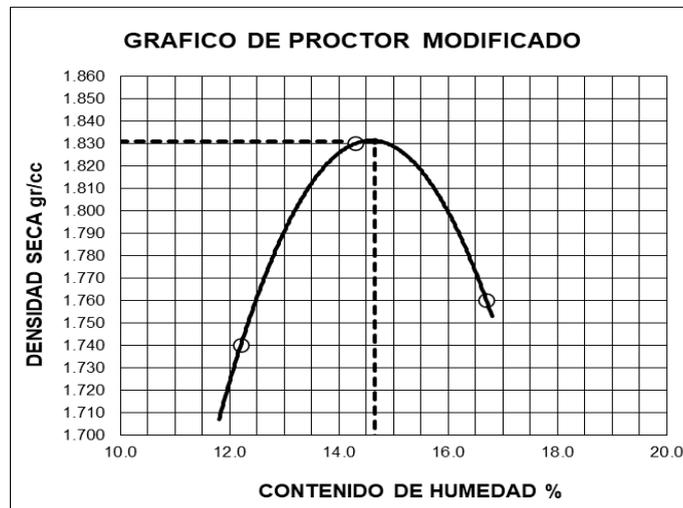
Figura 30. Relación de la densidad seca y el contenido de humedad adicionado con 3% de polímero reciclado (C - 01)



Fuente: Elaboración propia.

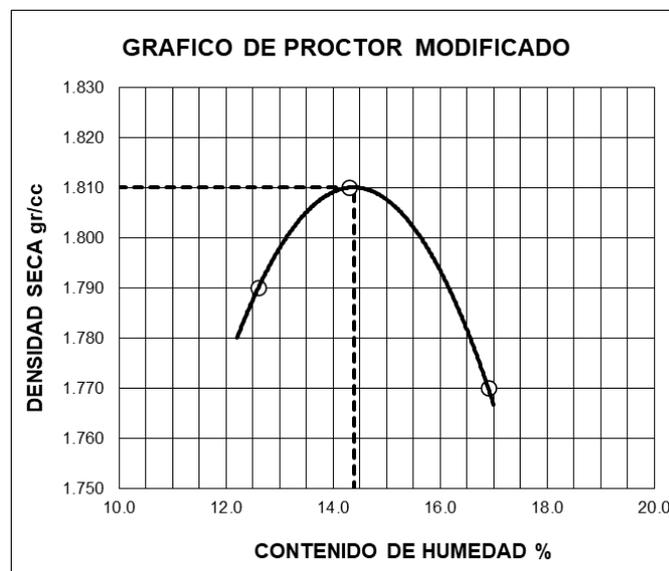
De la misma forma en la figura 31 y 32 se muestra la curva de la relación densidad seca- contenido de humedad de la calicata 02 adicionado con diferentes porcentajes de polímeros reciclados que fueron triturados y tamizados.

Figura 31. Relación densidad seca – contenido de humedad adicionado con 1% de polímero reciclado (C – 02).



Fuente: Elaboración propia.

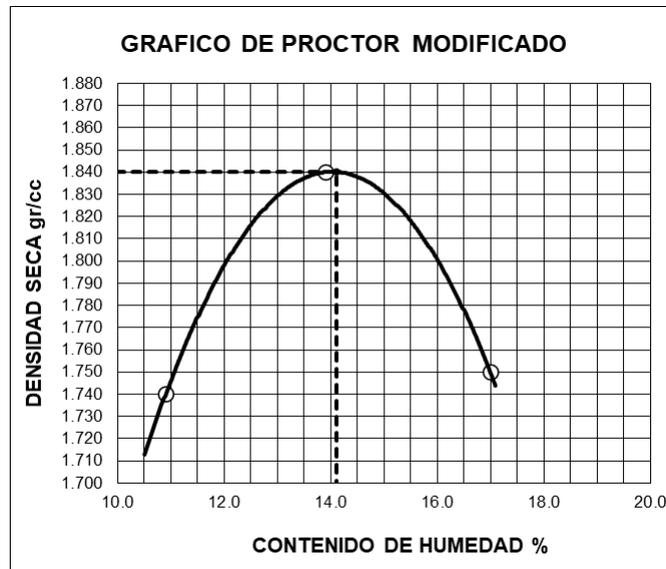
Figura 32. Relación densidad seca – contenido de humedad adicionado con 3% de polímero reciclado (C – 02).



Fuente: Elaboración propia.

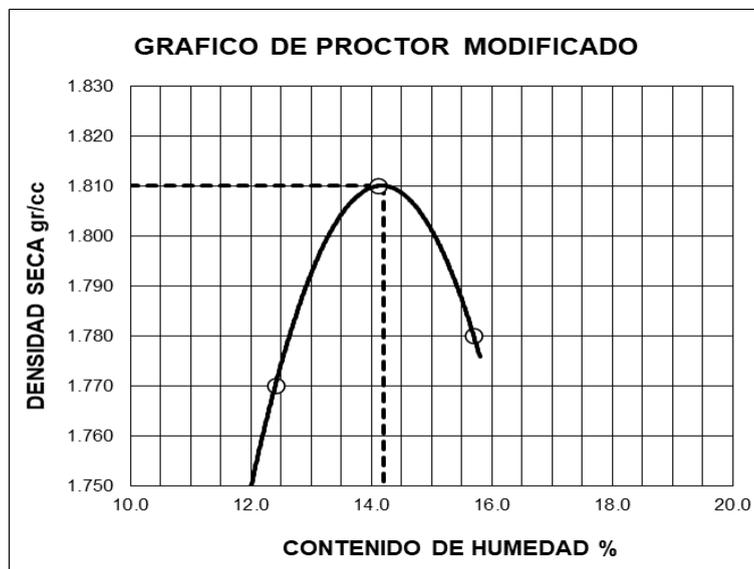
En la figura 33 y 34 se observa la curva de la densidad seca – contenido de humedad en los que se aprecia la densidad seca máxima y la humedad óptima de la calicata 03 al adicionarle el 1% de polímero reciclado triturado.

Figura 33. Relación densidad seca – contenido de humedad para ca calicata 03 adicionado el 1% de polímeros.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Relación densidad seca – contenido de humedad para ca calicata 03 adicionado el 1% de polímeros.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4.2. CBR adicionado con polímeros reciclados.

En el preparado de las muestras se utilizó el porcentaje entre los 4.76 mm a 12.70 mm de dimensión para sustituir la cantidad de grava que le hace falta a la muestra y alcanzar un CBR aceptable.

En la tabla 18 se aprecian los resultados de los ensayos de CBR más la adición de polímeros al 1% en cada calicata, también a los 12, 25 y 56 golpes.

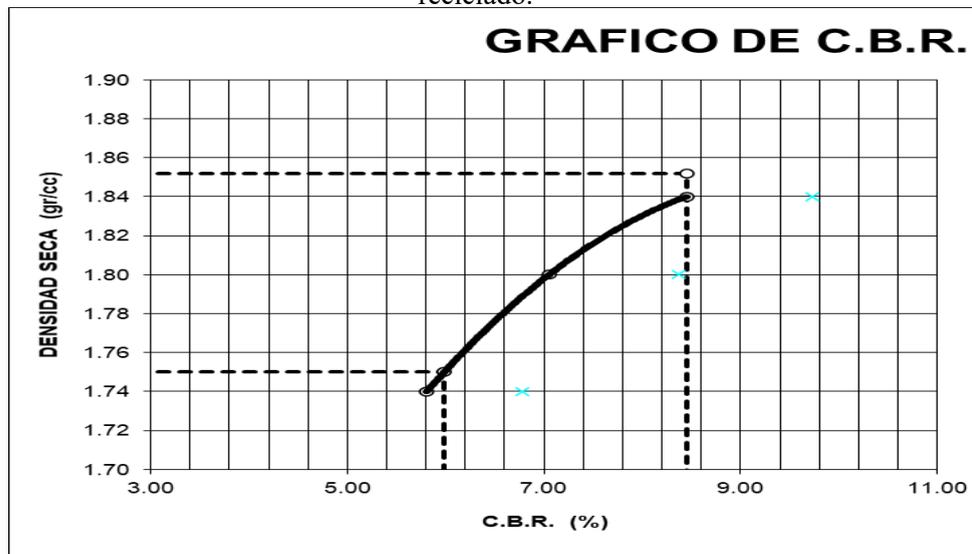
**Tabla 18. Resultados de CBR más el 1% de polímero reciclado.**

Golpes		Calicata 1			Calicata 2			1% de polímero reciclado triturado		
		1 % de polímero reciclado triturado			1% de polímero reciclado triturado			1% de polímero reciclado triturado		
		12	25	56	12	25	56	12	25	56
D.M. Seca	Gr/cm <sup>3</sup>	1.74	1.80	1.84	1.7	1.75	1.83	1.68	1.76	1.84
Expansión	%	1.28	1.28	1.06	1.32	1.68	1.78	1.64	1.65	1.30
Valor CBR 1''	100% D.M. Seca	5.8	6.6	8.4	5.5	6.6	7.4	4.8	6.6	8.1

Fuente: Elaboración propia.

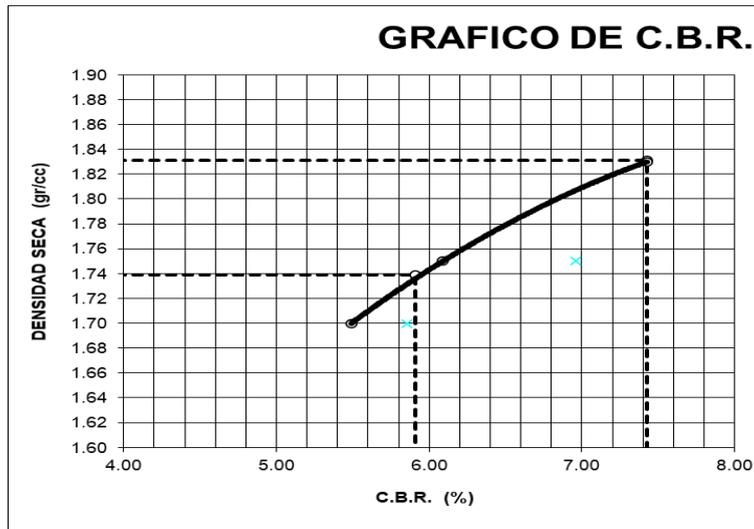
La figura 35, 36 y 37 muestran los gráficos de la curva CBR, la relación de la densidad seca y el CBR (%), se distingue el CBR al 100 y 95 %.

Figura 35. Relación densidad seca – CBR en la calicata 01 con la adición del 1% de polímero reciclado.



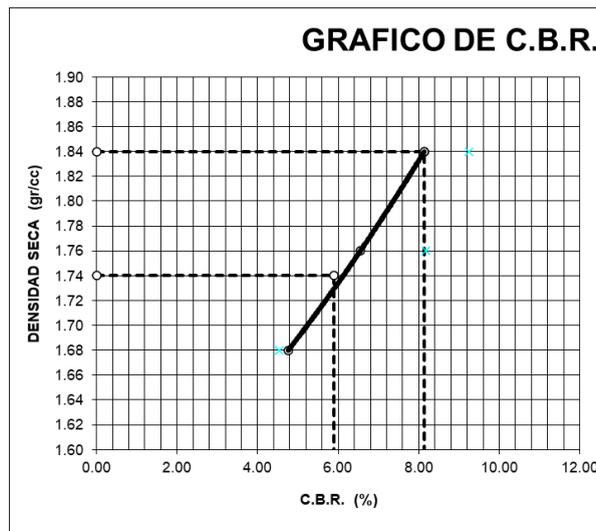
Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Relación densidad seca – CBR (%) en la calicata 02 con la adición del 1% de polímero reciclado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Relación densidad seca – CBR (%) en la calicata 03 adicionado con 1% de polímeros.



Fuente: Elaboración propia.

La tabla 19 detalla los resultados del ensayo de CBR de la muestra más la adición del 3% de polímero reciclado triturado a los 12, 25 y 56 golpes.

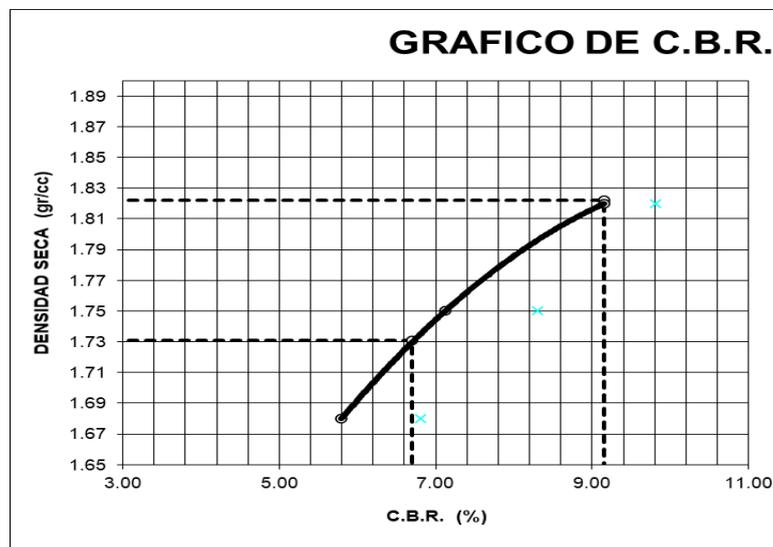
**Tabla 19. Resultados de CBR más el 3% de polímero reciclado triturado.**

Golpes		Calicata 1			Calicata 2			Calicata 3		
		3 % de polímero reciclado triturado			3% de polímero reciclado triturado			3% de polímero reciclado triturado		
		12	25	56	12	25	56	12	25	56
D.M. Seca	Gr/cm3	1.68	1.75	1.82	1.69	1.74	1.81	1.63	1.72	1.81
Expansión	%	1.28	1.28	1.06	1.92	1.72	1.96	2.07	1.30	1.30
Valor CBR 1”	100% D.M. Seca	5.8	6.6	9.2	5.5	6.6	8.3	5.1	6.6	8.6

Fuente: Elaboración propia.

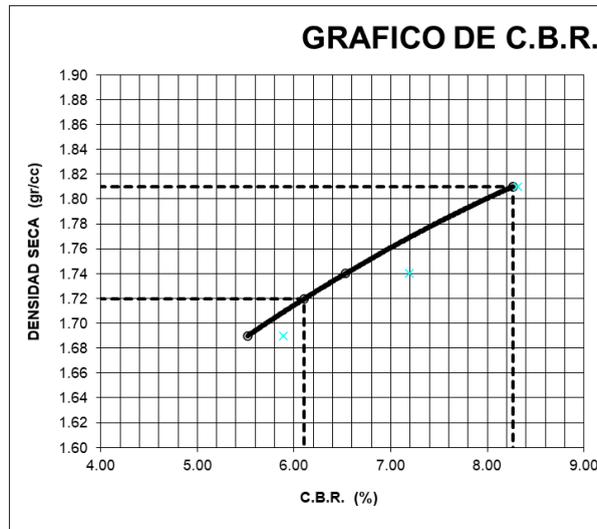
Las figuras 38, 39 y 40 muestran la curva que relaciona la densidad seca y el CBR (%) para calcular el CBR al 100 y 95% del suelo adicionado con 3% de polímero reciclado.

Figura 38. Relación densidad seca – CBR ce la calicata 01 adicionado el 3% de polímero reciclado.



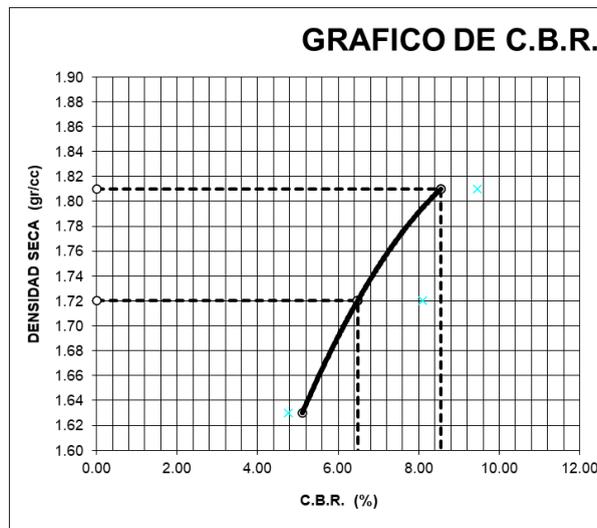
Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Relación densidad seca – CBR de la calicata 02 adicionado con el 3% de polímero reciclado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Relación densidad seca – CBR de la calicata 02 adicionado con el 3% de polímero reciclado.



Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Prueba de hipótesis.

### 4.2.1. Contenido de humedad óptimo en los suelos adicionados con polímeros reciclados.

Ho: La adición de polímeros reciclados triturados no influyen significativamente en la humedad óptima para subrasantes.

H1: La adición de polímeros reciclados influyen significativamente en la humedad óptima para subrasantes.

La tabla 20 muestra un resumen del contenido de humedad óptimo del suelo analizado con los diferentes porcentajes de polímeros añadidos y el suelo natural o suelo patrón.

**Tabla 20. Contenido de humedad óptimo para las diferentes dosificaciones.**

Muestra	Natural (0%)	1%	3%
1	14.40	14.00	13.85
2	14.70	14.30	14.06
3	14.50	14.10	14.20

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la prueba de hipótesis se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), mediante el programa SPSS los resultados que se obtuvieron se muestran en las tablas 21 y 22.

**Tabla 21. Cuadro de las funciones estadísticas descriptivas de las diferentes dosificaciones**

Dosificación	Media	Desviación estándar	N
1	14,5333	,15275	3
2	14,1333	,15275	3
3	14,0367	,17616	3
Total	14,2344	,26726	9

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 22. Análisis de varianza entre grupos para la humedad óptima.**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	F (tabulado)
Modelo corregido	,416 <sup>a</sup>	2	,208	8,031	,020	5,143
Intersección	1823,575	1	1823,575	70408,289	,000	
Dosificación	,416	2	,208	8,031	,020	
Error	,155	6	,026			
Total	1824,146	9				
Total corregido	,571	8				

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra que el F calculado es > que el tabulado, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, lo cual quiere decir que la dosificación influye significativamente en la humedad óptima de los suelos en estudio. Esto se corrobora con el valor de P= 0.02 y este a la vez es menor a 0.05, consecuentemente se acepta la hipótesis alterna.

Para conocer si hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos se realizó la prueba de Duncan, los resultados se muestran en la tabla 23.

**Tabla 23. Resultados de la prueba Duncan para la humedad óptima.**

Dosificación	N	Subconjunto	
		1	2
3	3	14.0367	
2	3	14.1333	
1	3		14.5333
Sig.		,490	1,000

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 23 indica que no existe diferencias significativas entre las medias de los grupos 3 y 2, mientras que en el grupo 1 se encuentran diferencias significativas con respecto a las demás dosificaciones.

#### **4.2.2. Densidad seca máxima en los suelos adicionados con polímeros reciclados.**

Ho: La adición de polímeros reciclados triturados no influye significativamente en la densidad seca máxima para subrasantes.

H1: La adición de polímeros reciclados influyen significativamente en la densidad seca máxima para subrasantes.

En la tabla 24 se muestra la densidad seca máxima para las diferentes dosificaciones obtenidas del ensayo de proctor modificado, así como la densidad del suelo patrón (natural).

**Tabla 24. Densidad seca máxima para las diferentes dosificaciones.**

Muestra	Natural (0%)	1%	3%
1	1.870	1.852	1.822
2	1.850	1.831	1.810
3	1.860	1.840	1.810

Fuente: Elaboración propia.

Para la prueba de hipótesis se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), mediante la ayuda de un software, los resultados se muestran en las tablas 25 y 26.

**Tabla 25. Funciones estadísticas descriptivas de la densidad seca máxima con diferentes dosificaciones.**

Dosificación	Media	Desviación estándar	N
1	1,86000	,010000	3
2	1,84100	,010536	3
3	1,81400	,006928	3
Total	1,83833	,021575	9

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 26. Análisis de varianza entre grupos para la densidad seca máxima.**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	F (tabulado)
Modelo corregido	,003 <sup>a</sup>	2	,002	18,568	,003	5,143
Intersección	30,415	1	30,415	352299,903	,000	
Dosificación	,003	2	,002	18,568	,003	
Error	,001	6	8,633E-5			
Total	30,419	9				
Total corregido	,004	8				

Fuente: Elaboración propia.

El valor de F calculado en la tabla es de 18.568 y el F tabulado es de 5.143, por lo que se afirma que  $F_c > F_t$  aceptas la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, además el valor de p es  $<$  que 0.05 siendo este valor igual a 0.003. Esto da veracidad a la afirmación que rechaza la hipótesis nula y acepta la alterna.

Por lo anterior se realizó la prueba de Duncan con el fin de comprobar si la diferencia es estadísticamente significativa al nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 27. Resultados de la prueba de Duncan para la máxima densidad seca.**

Dosificación	N	Subconjunto		
		1	2	3
3	3	1,81400		
2	3		1,84100	
1	3			1,86000
Sig.		1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 27 se deduce que existe diferencia significativa entre las medias de los grupos de las diferentes dosificaciones, es estadísticamente significativa.

#### 4.2.3. Capacidad portante de los suelos adicionados con polímeros reciclados.

##### 4.2.3.1. CBR al 100 % de la MDS con polímeros reciclados.

Ho: La adición de polímeros reciclados triturados no influye significativamente en el CBR al 100% de la MDS para subrasantes.

H1: La adición de polímeros reciclados influye significativamente en el CBR al 100% de la MDS para subrasantes.

La tabla 28 detalla los resultados del ensayo de CBR al 100% de la densidad máxima seca para las diferentes dosificaciones de polímeros reciclados triturados.

**Tabla 28. CBR al 100% de la MDS con adición de polímeros**

Muestra	Natural (0%)	1%	3%
1	7.50	8.45	8.56
2	7.40	7.43	8.26
3	7.80	8.10	8.60

Fuente: Elaboración propia.

Para la prueba de hipótesis al igual que los anteriores casos se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) y se obtuvieron los resultados de las tablas 29 y 30.

**Tabla 29. Funciones estadísticas descriptivas del CBR al 100% de la MDS añadido con polímeros.**

Dosificación	Media	Desviación estándar	N
1	7,56667	,208167	3
2	7,99333	,518298	3
3	8,47333	,185831	3
Total	8,01111	,490852	9

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 30. Análisis de varianza entre grupos para el CBR al 100% de la MDS añadido con polímeros.**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	F (tabulado)
Modelo corregido	1,234 <sup>a</sup>	2	,617	5,344	,046	5,143
Intersección	577,601	1	577,601	5000,875	,000	
Dosificación	1,234	2	,617	5,344	,046	
Error	,693	6	,115			
Total	579,529	9				
Total corregido	1,927	8				

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se observó que el valor de F calculado equivale a 5334 y el valor de F tabulado es 5.143, entonces se afirma que  $F_c > F_t$  en consecuencia se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. Además, se observa que el valor de P es igual a 0.046 y este a la vez es menor que 0.05, ello corrobora la afirmación de aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula.

Con el fin de conocer si las medias son estadísticamente significativas se realizó la prueba de Duncan, los resultados se muestran en la tabla 31.

**Tabla 31. Resultados de la prueba Duncan para el CBR al 100% de la MDS.**

Dosificación	N	Subconjunto	
		1	2
3	3	7,56667	
2	3	7,99333	7,99333
1	3		8,47333
Sig.		,175	,134

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 31 se muestra que en la dosificación 1 y 2 no existen diferencias significativas, mientras que la dosificación 3 presenta diferencias significativas con respecto a las demás dosificaciones.

#### 4.2.3.2. CBR al 95 % de la MDS con polímeros reciclados.

Ho: La adición de polímeros reciclados triturados no influye significativamente en el CBR al 95% de la MDS para subrasantes.

H1: La adición de polímeros reciclados influye significativamente en el CBR al 95% de la MDS para subrasantes.

La tabla 32 detalla los resultados del CBR al 95% de la máxima densidad seca adicionada con polímeros reciclados.

**Tabla 32. CBR al 95% de la MDS adicionado con polímeros reciclados.**

Muestra	Natural (0%)	1%	3%
1	5.80	5.98	6.70
2	5.40	5.91	6.10
3	5.80	5.59	6.50

Fuente: Elaboración propia.

Para la prueba de hipótesis se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) mediante la ayuda de un software, los resultados se muestran en las tablas 33 y 34.

**Tabla 33. Funciones estadísticas descriptivas del CBR al 95% de la MDS adicionada con polímeros reciclados.**

Dosificación	Media	Desviación estándar	N
1	5,6667	,23094	3
2	5,8267	,20793	3
3	6,4333	,30551	3
Total	5,9756	,41250	9

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 34. Análisis de varianza entre grupos para el CBR al 95% de la MDS adicionado con polímeros**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	F (tabulado)
Modelo corregido	,981 <sup>a</sup>	2	,491	7,752	,022	5,143
Intersección	321,365	1	321,365	5076,862	,000	
Dosificación	,981	2	,491	7,752	,022	
Error	,380	6	,063			
Total	322,727	9				
Total corregido	1,361	8				

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 34 se observó que el F calculado equivale a 7.752 y el F tabulado es 5.143 por lo tanto se puede afirmar que  $F_c > F_t$  por lo que la hipótesis nula queda

rechazada mientras que la hipótesis alterna es aceptada. Además, el valor de p es 0.022 el cual es menor a 0.05 lo que corrobora la afirmación de aceptar la hipótesis alterna y rechazar la nula.

Para verificar si existen diferencias estadísticamente significativas en los grupos se realizó la prueba de Duncan con un nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 35. Resultados de la prueba Duncan para el CBR al 95% de la MDS.**

Dosificación	N	Subconjunto	
		1	2
3	3	5,6667	
2	3	5,8267	
1	3		6,4333
Sig.		,466	1,000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 35 se observa que en la dosificación 1 y 3 las medias no son estadísticamente significativas al igual que las dosificaciones 2 y 1 igualmente las medidas demuestran que estos no son estadísticamente significativos.

### 4.3. Discusión de resultados.

#### 4.3.1. Características físicas del suelo natural y el polímero reciclado.

De acuerdo con la tabla 8 y 9 se muestran los % pasantes del ensayo de análisis granulométrico de las calicatas del estrato 2, en el que se observa un porcentaje de 46.93 que pasó por la malla No. 200 en la calicata 01 y 39.11 pasante por la malla No. 200 en la calicata 02, esto representa un porcentaje considerable de presencia de finos en ambas muestras lo que se contrasta con los porcentajes de 3.07 para la calicata 01 y 2.56 para calicata 02 en relación al pasante por la malla No. 4 que corresponde a la presencia de gravas según lo mencionado por (28) que los porcentajes pasantes por la malla N°. 200 son considerados como suelos finos y los retenidos como suelos gruesos. Ello indica que las muestras de suelos obtenidas son poco resistentes ante los efectos de cargas, en base a estos resultados del análisis granulométrico puede decirse que nos encontramos en suelos con contenido de arcillas y (17) menciona que los suelos finos son los que pasan por la malla N° 200.

El contenido de humedad resultante es de 26.12% para la calicata 1 y 24.91 para la calicata 2 según la tabla 10, este porcentaje se evaluó con relación al de humedad óptima que resultó ser menor en ambas calicatas. Esta evaluación se realizó para conocer que el suelo debe secarse, aumentar la energía de compactación o en última instancia cambiar este suelo por otro material que cumpla con lo requerido por la norma del MTC.

Los resultados que obtenidos en los límites de consistencia son de 34.60 y 36.00 correspondientes a ambas calicatas para el límite líquido y con un índice de plasticidad de 16.87 para la calicata 1, 15.35 para la calicata 2 lo que demuestra que estos son altamente plásticos según lo mencionado por (17). Los datos fueron de vital importancia para la clasificación SUCS y AASHTO que se muestran en las tablas 13 y 12 en los que se obtuvo que los suelos en estudio pertenecen a los limosos en la calicata 1 y arcillosos en la calicata 2 en relación al sistema de clasificación AASHTO.

Para la clasificación por el método SUCS los resultados obtenidos son de arcilla y limo de baja plasticidad en relación de la calicata 1 y arcilla de baja plasticidad para la calicata 2. Para esta clasificación también se consideran aspectos importantes el índice de grupo y los límites de consistencia que contrastan lo mencionado por (17) donde se toma en cuenta el porcentaje del límite líquido, los porcentajes pasantes por las diferentes y principales mallas y el % de gravas, arenas y finos; estos fueron detallados en las tablas 12 y 13 del presente estudio. Todo ello refleja, además, lo mencionado respecto al análisis granulométrico sobre la presencia de arenas y finos en el suelo. La clasificación de SUCS tanto como la de AASHTO confirman que estos son suelos arcillosos y según el MTC debe cumplir con sus parámetros para ser usados en subrasante.

El análisis por tamizado para los polímeros reciclados triturados, fueron a partir de la malla 3/4" a la malla No. 4 los cuales representan la presencia de gravas tan necesaria para que la muestra alcance un porcentaje de CBR mínimo y ser considerado subrasante, y que, en posteriores ensayos, en diferentes porcentajes, mejoro esta propiedad mecánica.

#### **4.3.2. Capacidad portante (CBR) en el suelo natural y suelo adicionado con polímeros.**

Los resultados de los porcentajes de CBR al 95% de la máxima densidad seca muestran un aumento mínimo en la resistencia del suelo cuando se añade el 1% de polímeros reciclados triturados en relación a los porcentajes de CBR del suelo natural o patrón siendo estos igual a 5.80, 5.40, 5.80 de CBR para el suelo natural y de 5.98, 5.91 y 5.59 para el 1% de polímeros, en cambio para la dosificación del 3% de polímeros se observa un aumento significativo en el valor de CBR, este es 6.70, 6.10, 6.50 para las diferentes calicatas, ello permite pueda usarse como subrasante según la norma, se conoce en este sentido que un porcentaje de CBR mínimo de 6% es considerado óptimo para subrasantes. Esto contrasta con lo mencionado por (29) en el cual se observa un aumento del porcentaje de CBR al 95% de la MDS debido a la adición de caucho molido en los suelos estudiados.

A apoyados en los resultados obtenidos se observó que los porcentajes de CBR en relación al 100% de la máxima densidad seca muestran que existe un aumento en el porcentaje de CBR a medida que se incluye una dosificación mayor de polímeros reciclados que fueron triturados anteriormente. Se observa un aumento de CBR de 7.50 en el suelo patrón a 8.45 para la adición de 1% y 8.56 al 3% de polímeros adicionados para la calicata 1; un CBR de 7.40, 7.43 y 8.26 para los respectivos porcentajes en la calicata 2 y finalmente un porcentaje de CBR de 7.80, 8.10 y 8.60 para las diferentes dosificaciones en la calicata 3. Esto corrobora la afirmación que se realizó en las propiedades físicas del suelo, específicamente en granulometría la cual menciona que

el porcentaje de gravas que hacen falta en el suelo patrón son las que se sustituyeron con la adición de los polímeros a diferentes porcentajes en relación al peso total de la muestra. Estos resultados muestran un aumento significativo en la resistencia del suelo, mientras que se observa una disminución de la densidad seca en las calicatas para las diferentes dosificaciones.

Se conoce que la capacidad portante de suelo (CBR) está en función del porcentaje de adición de los polímeros, el cual coincide con la prueba de hipótesis realizada. Los resultados que menciona (10) demuestra un aumento del porcentaje de CBR debido a la adición de ceniza volcánica como material estabilizante en suelos arcillosos. Estos resultados se deben a la propiedad física del polímero que constituye resistencia.

En las figuras 38 y 39 se muestran los porcentajes de CBR tanto al 100 como al 95% de la máxima densidad seca, si bien al 100% de la MDS los valores de CBR son mayores al 6% en todos los casos no se puede afirmar que estos fueran óptimos para subrasantes, se debían comprobar que eran adecuados con los valores de CBR correspondientes al 95% de la MDS que resultaron mayores al 6% cuando se adicionó el 3% de polímeros reciclados triturados a las muestras ensayadas. Puede afirmarse, por tanto, que la dosificación adecuada para estabilizar la subrasante es la adición del 3% de polímeros.

#### **4.3.3. Contenido de humedad óptimo en suelos naturales y en suelos adicionados con polímeros.**

El contenido de humedad resultante de las muestras se relaciona al óptimo contenido de humedad de las calicatas en las dosificaciones propuestas, así como también para el ensayo patrón. Estos resultados se obtuvieron del ensayo de proctor modificado. Se observó una disminución de la humedad óptima que va desde 14.40, 14.70 y 14.50 (%) para el suelo patrón a 14.00, 14.30, 14.10 para la dosificación del

1% de adición de polímeros, así como también para la dosificación del 3% disminuye en los siguientes porcentajes 13.85, 14.06, 14.20 (%). Esto demuestra que si aumenta el contenido de humedad menor será el peso específico seco, que alcanza un valor máximo mediante el cual se puede determinar el óptimo contenido de humedad, también se afirma que los polímeros reciclados influyen significativamente en el óptimo contenido de humedad según la prueba de hipótesis aplicada. Esto se demuestra en el trabajo realizado por (29) donde ocurre lo contrario, a medida que aumentó el porcentaje de humedad mayor fue el peso específico seco.

#### **4.3.4. Densidad seca máxima en suelos naturales y suelos con polímeros reciclados.**

Los valores de la máxima densidad seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) obtenidos en los ensayos de proctor modificado demostró que este disminuye en relación al aumento del porcentaje de polímeros aplicados, esto ocurre porque la adición de los polímeros reduce la porosidad de los suelos y se expresa en la disminución de la densidad seca máxima del suelo. Estos valores van desde 1.870, 1.850 y 1.860 para las calicatas del suelo patrón o natural a 1.852, 1.831 y 1.840 para las muestras con adición del 1% de polímeros reciclados y finalmente para la dosificación del 3% los valores son de 1.822, 1.810 y 1.810.

En relación al porcentaje de humedad óptima del suelo, se demostró que disminuye en relación que aumenta la dosificación del polímero en el suelo, la densidad seca disminuye debido a que los polímeros disminuyen el peso de la muestra y provoca que la densidad disminuya, esto también se compara con los resultados obtenidos por (30). Dichos resultados demuestran que el suelo, para ser estabilizado, debe considerar algún método para reducir la humedad ya que esta es mayor según datos obtenidos del ensayo de contenido de humedad. Los suelos deben ser secados o tal vez aumentar la energía de compactación para ser usados como subrasantes, ello es mencionado por (4)

con la adición del porcentaje adecuado de polímeros (quedo demostrado que la dosificación adecuada para estos suelos es del 3% ) en función de su peso.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado, en relación a los objetivos trazados para esta investigación, puede concluirse que:

1. La investigación ha demostrado que se logró estabilizar las arcillas mediante la adición de polímeros reciclados; considerando las diferentes dosificaciones, la adecuada para considerar una subrasante óptima es de 3% con respecto al peso total de la muestra. Los polímeros modificaron las propiedades mecánicas del suelo patrón, mejorándolos, y se obtuvo las condiciones adecuadas para utilizarlos como materiales óptimos en la ejecución de obras viales según el MTC.
2. La influencia de los polímeros reciclados en la humedad óptima fue significativa, de acuerdo a los resultados obtenidos se observó que esta disminuye la influencia de los diferentes porcentajes de polímeros reciclados actúan como gravas al mezclarlos con arcillas.
3. La máxima densidad seca que se obtuvo está directamente relacionada con la humedad óptima ya que estos se obtienen del ensayo de proctor modificado razón por la cual se observó que a medida que la humedad óptima disminuye, la densidad seca máxima actúa de la misma forma, disminuyendo su valor por cada dosificación añadida.
4. El valor de CBR fue influenciado por los polímeros en cada muestra y diferente porcentaje, se observó que este aumenta porcentualmente según los factores mencionados con anterioridad. Según el MTC, que especifica condiciones para que un suelo sea adecuado para ser utilizado como subrasante, la investigación arrojó que la dosificación que cumple con todos estos requisitos fue de 3% adicionado con polímeros reciclados.
5. Los polímeros reciclados pueden aumentar el valor de CBR de un suelo, pero se debe tener en cuenta la dosificación y tamaños de estos. Si se adicionan polímeros

que se encuentren mal dimensionados o en dosificaciones erróneas podrían dar resultados adversos.

6. La alternativa de proponer polímeros reciclados para estabilizar un suelo, constituye una forma de uso para los materiales que contaminan el medio ambiente y que permanecen alrededor de 160 años para ser degradados, de ahí la importancia de su empleo en la reducción de los efectos negativos que puedan ocasionar.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda considerar algún medio para reducir la humedad del suelo y utilizarlo en el método de estabilización ya que esta disminuye cuando se aumenta la dosificación del polímero, lo que provoca que la densidad seca también tenga una disminución.
2. Se recomienda probar nuevas dosificaciones de polímeros añadidos con algún aditivo para tener información sobre el comportamiento de las arcillas a la adición del polímero y aditivos. Observar detenidamente la variación de las propiedades mecánicas de estas (CBR, humedad óptima y densidad seca máxima).
3. Usar materiales reciclables para la estabilización de suelo representa una buena opción para la solución de los problemas ambientales, ya que el uso de estos es cada vez mayor, y causan un impacto negativo en el medio ambiente. Teniendo en cuenta que los materiales reciclables cuentan con disponibilidad, accesibilidad y costo reducido se recomienda su utilización para la estabilización de arcillas.
4. Considerar la evaluación de una propuesta económica que sea viable, a partir del diseño de un pavimento completo y observar la influencia de los espesores en la subrasante, de forma que se puedan reducir costos en la ejecución de obras viales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. **OCHOA AVEROS, Sara.** *Estudio experimental sobre la estabilización de una subrasante limo arcillosa con RCD-concreto fino (partículas < 2mm) para aplicación en pavimentos.* Foz de Iguacu : s.n., 2019.
2. **GOÑAS LABAJOS, Olger y SALDAÑA NUÑEZ, Jhon H.** *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada.* 1, Chachapoyas : s.n., 2018, Vol. III. 2414-8822/2520-0356.
3. **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.** *Ministerio de Vivienda y Construcciones.* [En línea] 2018. [Citado el: 15 de 12 de 2021.] [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf).
4. —. *Manual de carreteras, suelos geología y pavimentos.* LIMA : s.n., 2014.
5. **LAICA MOPOSITA , Juan Gabriel.** *Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una subbase.* Ambato : s.n., 2016.
6. **ABDULLAH SALEH, Shalaw, KHUDHUR HUSSEIN, Salar y JALAL KHOSHNAW, Ganjeena.** *Effect of Soil Stabilization on Subgrade Soil Using Cement, Lime and Fly.* Irak : s.n., 2020, Vol. VI. 2414-5602.
7. **WIDJAJAKUSUMA, J, y otros.** *Study on tropical organic soil stabilization based on biogrouting.* 2019. 620012032.
8. **SERRANO RODRIGUEZ, Erika Julieth y PADILLA GONZALEZ, Edgar Alexander.** *Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos.* Bogotá : Revista Ingeniería Solidaria , 2019.
9. **ARMISTEAD, Samuel J, y otros.** *Biopolymer Stabilization/Solidification of Soils: A Rapid, Micro-Macro, Cross-Disciplinary Approach.* 2020.

10. **VARGAS GONZA, Brayan.** *"Estabilización de un suelo arcilloso con ceniza volcánica para el mejoramiento de subrasante en la progresiva km 5+100 al 6+100 del tramo Asirumi - Rosaspata Huancane"*. Juliaca : s.n., 2020.
11. **VARGAS QUISPE, Nadia.** *"Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos"*. Huancayo : s.n., 2017.
12. **LAPA RAMOS, Cristopher Emerson.** *"Estabilización de bases granulares con fibra de caucho reciclado tallado"*. Huancayo : s.n., 2018.
13. **SOSA CUTIPA, Raul.** *"Estabilización de suelos en la superficie de rodadura con perma (Zyme 30x) de la carretera no pavimentada Chupa - Arapa, Azangaro, Puno"*. Juliaca : s.n., 2018.
14. **DAS, Braja M.** *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México : Cengage Learning, 2013. 978-607-519-373-1.
15. **JUAREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRIGUEZ, Alfonso.** *Mecánica de Suelos*. México : Limusa, S. A., 2010. 968-18-0069-9.
16. **BRIONES ALVA, Maria y IRIGOIN GONZALES, Nelson.** *Zonificación mediante el Sistema Unificado de Clasificación de suelos SUCS y la capacidad portante del suelo para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo Lucmacucho alto - sector Lucmacucho, Distrito de Cajamarca*. Cajamarca : s.n., 2015.
17. **CRESPO VILLALAZ, Carlos.** *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México : Limusa, 2004. 968-18-6489-1.
18. **HUANG, YANG H.** *Pavement Analisis and Desing*. 2004. 0-13-142473-4.
19. **ASTM D 1883, Standar Test Method for CBR.** *California Bearing Ratio*.
20. **HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar.** *Metodología de la investigación*. México : s.n., 2010. 978-1-4562-2396-0.

21. **ÑAUPAS PAITAN, Humberto, y otros.** *Metodología de la investigación Cualitativa - Cuantitativa y Redacción de la Tesis.* Colombia : Ediciones de la U, 2018. 958-762-877-7.
22. **BORJA S., Manuel.** *Metodología de la investigación científica para ingenieros.* Chiclayo : s.n., 2016.
23. **BAENA PAZ, Guillermina.** *Metodología de la investigación Serie integral por competencias.* México : Patria, 2017. 978-607-744-748-1.
24. **VARA HORNA, Aristides Alfredo.** *7 pasos para una tesis exitosa.* Lima : s.n., 2012.
25. **GALLARDO ECHENIQUE, Eliana Esther.** *Metodología de la Investigación.* Huancayo : s.n., 2017. 978-612-4196.
26. **USECHE, Maria Cristina, y otros.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos.* Colombia : Gente Nueva, 2019. 978-956-6037-01-0.
27. **MUÑOZ ROCHA, Carlos I.** *Metodología de la investigación.* México : s.n., 2016. 9786074265422.
28. **LAMBE, William y WHITMAN, Robert V.** *Mecánica de suelos.* México : LIMUSA S.A., 2004. 968-18-1894-6162.
29. **MORILLO CHAMORRO, Diana Rosa.** *"Velocidad de propagación de ondas sísmicas internas en suelos alterados con adición de caucho molido - 2020".* Huancayo : s.n., 2020.
30. **CAPIA MAMANI, Cliver.** *"Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca-Caminaca, 2019".* Juliaca : s.n., 2020.
31. **SAEZ, Esteban.** *"Fundamentos de Geotecnia ICE-2604".* Pontificia Universidad Católica de Chile ´ Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica, 2012.

# **ANEXOS**

**ANEXO 01: Operacionalización de variables.**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>ESCALA</b>
Polímeros reciclados	Los polímeros son sustancias formadas por pequeñas moléculas a las cuales llamamos monómeros que se encuentran unidas, constituidas fundamentalmente por carbono y producidas mediante un proceso llamado polimerización.	Para clasificar los polímeros a ser usados en la investigación se procederá a realizar las técnicas de observación para seleccionar los plásticos a usar así triturarlos y realizar una prueba de granulometría.	Determinación del polímero reciclado	Dimensiones de polímeros	Kg	Nominal
Estabilización de suelos arcillosos a	La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son	Las características de los suelos son medidas mediante la técnica de observación para ubicar los lugares de las calicatas y la documentación para	Características del suelo	Textura y clasificación	Cualidades	De Razón
			Valor de Soporte CBR > 6% del suelo arcilloso	Resistencia	Porcentaje (%)	Nominal

nivel de subrasante	<p>variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. (Manual de Carreteras sección de suelos y pavimentos (MTC, 2013 pág. 113).</p>	<p>conocer los ensayos requeridos para calcular la resistencia del suelo a nivel de subrasante.</p>	Densidad máxima seca	Densidad	Gr/ cm <sup>3</sup>	Nominal
---------------------	---	---	----------------------	----------	---------------------	---------

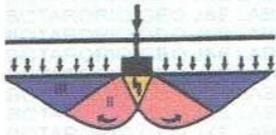
Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 02: Matriz de consistencia.**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<p><b>Problema general:</b> ¿Se podrá estabilizar los suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera que une el C.P. de Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Estabilizar los suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera C.P Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román</p>	<p><b>Antecedente nacional:</b> VARGAS GONZA, Brayan. “Estabilización de un suelo arcilloso con ceniza volcánica para el mejoramiento de subrasante en la progresiva km5+100 al 6+100 del tramo Asiruni–Rosaspata Huancané”</p> <p><b>Antecedente internacional:</b> <b>LAICA MOPOSITA, Juan Gabriel</b> “Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una subbase”</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> El uso de polímeros reciclados PET estabiliza los suelos arcillosos a nivel de la subrasante de la carretera C.P. Santa María – Circunvalación, San Miguel- San Román.</p>	<p><b>Variable independiente:</b>  Polímeros reciclados</p> <p><b>Dimensiones:</b> Determinación del polímero reciclado</p>	<p><b>Método:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental</p> <p><b>Población y muestra.</b> <b>Población:</b> Suelos arcillosos a nivel de la subrasante del Distrito de San Miguel</p> <p><b>Muestra:</b> Suelo arcilloso del tramo 2+500 al 3+500</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b>  Observación</p> <p>Recolección documental</p> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b>  Técnica electrónica</p>
<p><b>Problemas específicos:</b> 1. ¿Cómo influye la utilización de los polímeros reciclados PET, en la humedad optima de la carretera que une el C.P. de Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román? 2. ¿Cómo influye la utilización de los polímeros reciclados PET, en la densidad seca máxima de la carretera que une el C.P. de Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román? 3. ¿Cómo influye la utilización de los polímeros reciclados PET, en la capacidad y resistencia del suelo de la carretera que une el C.P. de Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b> 1. Evaluar la influencia de los polímeros reciclados PET en la humedad optima del suelo de la carretera ubicada entre el C.P Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román. 2. Evaluar la influencia de los polímeros reciclados PET en la densidad seca máxima del suelo de la carretera ubicada entre el C.P Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román. 3. Evaluar la influencia de los polímeros reciclados PET en la capacidad y resistencia del suelo de la carretera ubicada entre el C.P Santa María y la Av. Circunvalación del Distrito de San Miguel – San Román.</p>	<p><b>SERRANO RODRIGUEZ, Erika Julieth y PADILLA GONZALEZ, Edgar Alexander.</b> “Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales poliméricos reciclados”</p> <p><b>Marco teórico referencial:</b> <b>Caracterización de la subrasante:</b> Para determinar las características de la subrasante se llevan a cabo estudios mediante la ejecución de calicatas de 1.5m de prof. mínima, en número de calicatas determinada según el tipo de carretera por kilómetro. <b>Estabilización de suelos:</b> Es un proceso de alteración de las propiedades del suelo, considerando el costo más bajo y la mejor calidad. <b>Polímeros:</b> Se definen así a las moléculas que son constituidas por eslabones orgánicos que se denominan monómeros que se unen mediante enlaces covalentes, estos formados</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b> 1. La utilización de los polímeros reciclados PET influye en la humedad optima del suelo de la carretera que une el C.P. Santa María – Circunvalación, San Miguel- San Román. 2. La utilización de los polímeros reciclados PET influye en la densidad seca máxima del suelo de la carretera que une el C.P. Santa María – Circunvalación, San Miguel- San Román. 3. La utilización de los polímeros reciclados PET influye en capacidad de soporte y resistencia del suelo de la carretera que une el C.P. Santa María – Circunvalación, San Miguel- San Román.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b>  Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante</p> <p><b>Dimensiones:</b> Características del suelo</p> <p>Valor de Soporte CBR &gt; 6% del suelo arcilloso</p> <p>Densidad máxima seca</p>	

Fuente de elaboración propia.

ANEXO 03: Resultados de los ensayos practicados (C-01, C-02, C-03)



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	sábado, 14 de Agosto de 2021

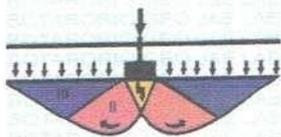
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 815 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000				100.00		Grava : 3.07 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 50.00 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Fino : 46.93 %
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		W natural : 16.45 %
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	25.00	3.07	3.07	96.93		L.L. : 34.60 %
No.10	2.000	30.00	3.68	6.75	93.25		L.P. : 17.73 %
No.20	0.840	60.45	7.42	14.17	85.83		I.P. : 16.87 %
No.40	0.425	83.78	10.28	24.45	75.55		
No.100	0.150	100.78	12.37	36.82	63.18		CLASIFICACION
No.200	0.075	132.45	16.25	53.07	46.93		SUCS : SC
<No.200		382.54	46.94	100.0			AASHTO : A-6 ( 5 )

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



*Percy*  
**Ing. Percy Tupa Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA  
 DE SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP: 231720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: 14/08/2021

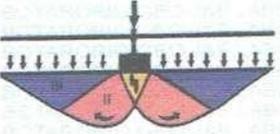
## DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°		1	2		
Tarro N°					
Peso del Tarro	gr	0.00			
Peso del tarro + Suelo Húmedo	gr	268.00			
Peso del tarro + Suelo Seco	gr	212.50			
Peso del Agua	gr	55.50			
Peso del suelo seco	gr	212.50			
Contenido de Humedad	%	26.12			
Promedio de Humedad	%	26.12			

OBSERVACIONES: Ensayo efectuado por la Norma de la ASTM USA 2216-84.



*Percy Tupa Ruiz*  
Ing. Percy Tupa Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO SOCIEDAD CIP. 218720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



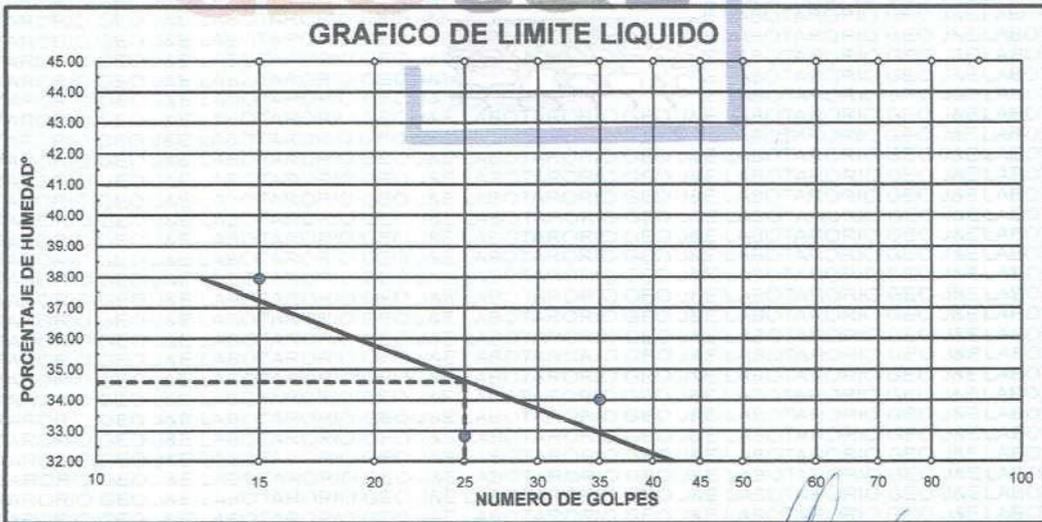
<b>PROYECTO</b>	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCONVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
<b>UBICACION</b>	: C.P. SANTA MARIA
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
<b>PROFUND.</b>	: 1.50m
<b>FECHA</b>	: sábado, 14 de Agosto de 2021

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

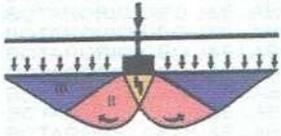
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 7	No. 9
01. No.DE GOLPES	35	25	15		
02. TARRO No.	01	02	03	7	9
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	27.42	27.68	25.47	8.00	7.95
04. SUELO SECO * TARRO g	23.30	23.50	21.50	7.40	7.42
05. PESO DEL AGUA g	4.12	4.18	3.97	0.60	0.53
06. PESO DEL TARRO g	11.19	10.77	11.04	4.25	4.19
07. PESO DEL SUELO SECO g	12.11	12.73	10.46	3.15	3.23
08. HUMEDAD %	34.02	32.84	37.95	19.05	16.41

<b>L.L.=</b>	<b>34.60 %</b>	<b>L.P.=</b>	<b>17.73 %</b>	<b>I.P.=</b>	<b>16.87 %</b>
--------------	----------------	--------------	----------------	--------------	----------------

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Ing. Percy T. ...  
ESPECIALISTA EN LABORATORIOS  
DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO (SEUTECN)  
CIP. 218720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"

**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

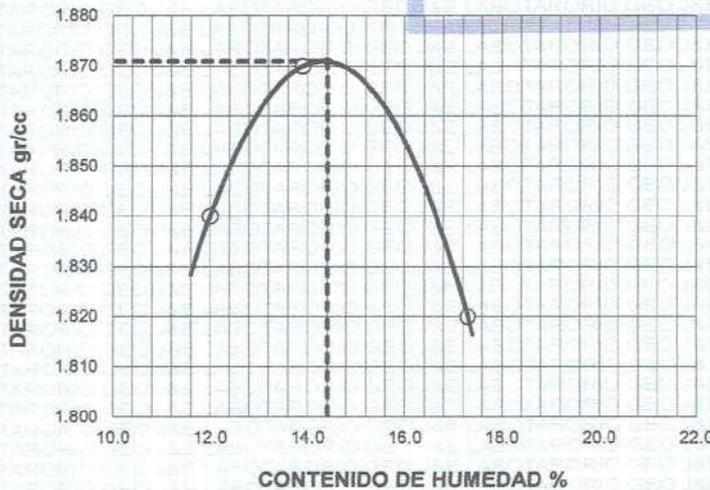
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021

## PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	6,282	6,349	6,348		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,910	1,977	1,976		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	2.06	2.13	2.13		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	76.32	77.96	64.79		
SUELO SECO + RECIPIENTE	70.36	70.94	57.80		
PESO RECIPIENTE	20.54	20.42	17.41		
PESO DE AGUA	5.96	7.02	6.99		
PESO DE SUELO SECO	49.82	50.52	40.39		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.00	13.90	17.30		
DENSIDAD SECA	1.84	1.87	1.82		

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca  
**1.871 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.40 %**



*Ing. Percy Tupa Ruiz*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECÁNICA  
DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO (GEOTECNIA)  
CIP 219720

# LABORATORIO GEO J&E

**GEO J&E**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD  
 PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCONVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"

UBICACION : C.P. SANTA MARIA  
 SOLICITA : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio  
 MUESTRA : CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION  
 PROFUND. : 1.50m  
 FECHA : sábado, 14 de Agosto de 2021 PORCENTAJE AÑADIDO : 1%

## PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5,889	5,849	5,815		
PESO MOLDE	3,899	3,899	3,899		
PESO SUELO COMPACTADO	1,790	1,950	1,916		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.93	2.10	2.06		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	67.90	52.99	55.93		
SUELO SECO + RECIPIENTE	63.03	48.54	50.52		
PESO RECIPIENTE	21.62	16.33	16.25		
PESO DE AGUA	4.87	4.45	5.41		
PESO DE SUELO SECO	41.41	32.21	34.27		
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.80	13.80	15.80		
DENSIDAD SECA	1.73	1.85	1.78		

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

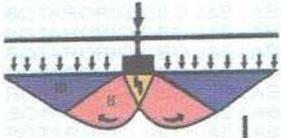


Max. densidad seca  
**1.852 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**13.93 %**



*Percey Ann Ruiz*  
 Ing. Percey Ann Ruiz  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 DE SUELOS PATENTADO Y CONTROL DE CALIDAD



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE  
DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN  
MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"

**UBICACIÓN** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

**PROFUND.** : 1.50m

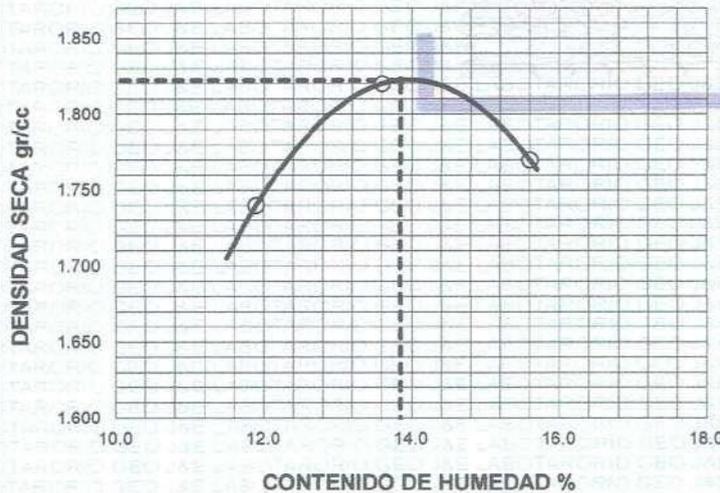
**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021

**PORCENTAJE AÑADIDO** : 3%

## PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	6,180	6,294	6,277		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,808	1,922	1,905		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.95	2.07	2.05		
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	59.29	53.58	59.06		
SUELO SECO + RECIPIENTE	54.69	49.12	53.30		
PESO RECIPIENTE	16.06	16.40	16.40		
PESO DE AGUA	4.60	4.46	5.76		
PESO DE SUELO SECO	38.63	32.72	36.90		
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.90	13.60	15.60		
DENSIDAD SECA	1.74	1.82	1.77		

**GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO**

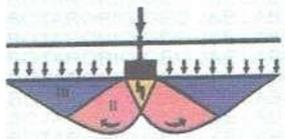


Max. densidad seca  
**1.822 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**13.85 %**



*Renzo Alex Zapana Bustincio*  
Ing. Renzo Alex Zapana Bustincio  
SOCIETY OF SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*	PORCENTAJE ANADIDO :	0%
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA		
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio		
MUESTRA	:	CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION		
PROFUND.	:	1.50m		
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021		

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) ( ASTM D-1883 )

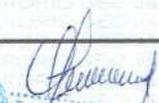
Molde N°		1	2	3			
Capa N°		5	5	5			
Golpes por capa N°		56	25	12			
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13301		11904		12699	
Peso del molde	gr.	8744		7486		8343	
Peso del suelo húmedo	gr.	4557		4418		4356	
Volúmen del molde	cc.	2141,21		2123,08		2169,48	
Densidad Humeda	gr./cc	2,13		2,08		2,01	
Humedad	%	14,40		14,20		14,00	
Densidad seca	gr./cc	1,86		1,82		1,76	
Tarro N°		1	2	3			
Tarro suelo húmedo	gr.	61,75	64,71	64,21			
Tarro suelo seco	gr.	56,02	58,93	58,31			
Agua	gr.	5,73	5,78	5,9			
Peso del Tarro	gr.	16,23	18,31	16,125			
Peso del suelo seco	gr.	39,79	40,62	42,185			
Humedad	%	14,4	14,2	14,0			
Promedio de la humedad	%						

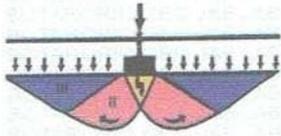
## ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	11	0,2794	0,221	28	0,7112	0,562	20	0,508	0,401
16-8-21	12.00	4	18	0,4572	0,361	40	1,016	0,803	41	1,0414	0,823

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>
0.30	0.600	0.25	4	74	25	2	54	18	1	44	15
1.00	1.300	0.50	9	124	41	8	114	38	4	74	25
1.30	1.900	0.075	16	194	65	13	164	55	9	124	41
2.00	2.500	0.100	19	225	75	17	204	68	13	164	55
3.00	3.800	0.150	29	325	108	24	275	92	20	235	78
4.00	5.000	0.200	36	395	132	30	335	112	27	305	102
5.00	6.000	0.250	43	465	155	35	385	128	31	345	115
6.00	7.500	0.300	50	535	178	41	445	148	36	395	132
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

  
 Ing. Percy Tapia  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
 DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP 30120

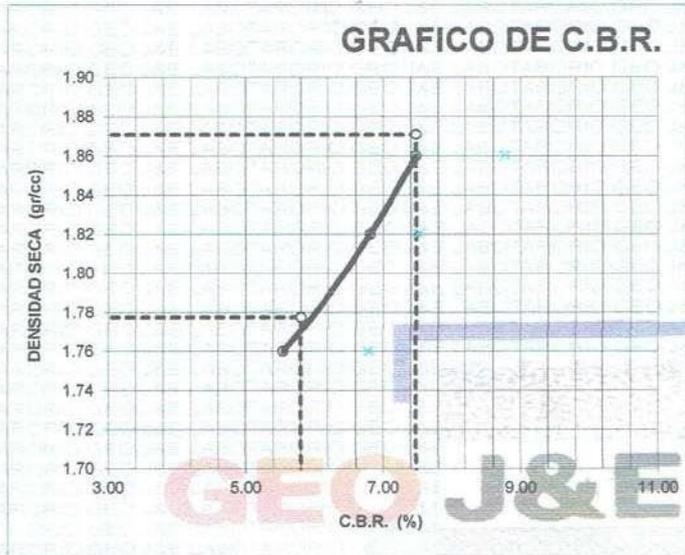


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 0%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 7.5%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.8%

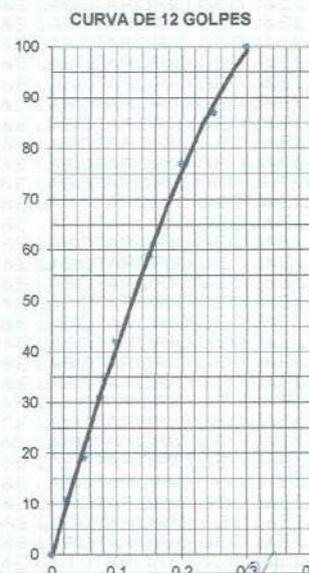
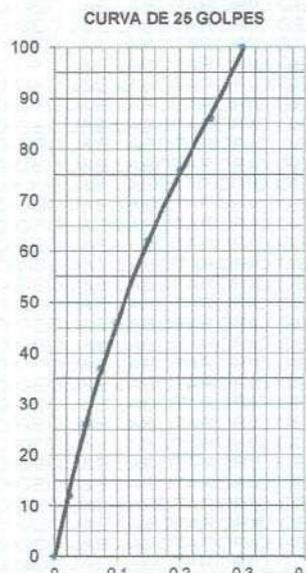
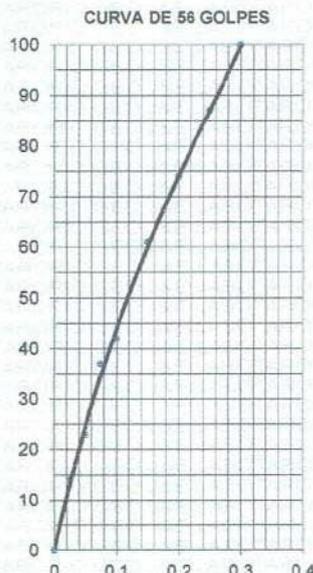
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

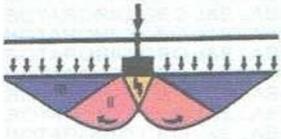
C.B.R 0.1"= 7.5%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.5%



*Percy Tupac...*  
 Ing. Percy Tupac...  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
 DE SUELOS, FUNDACIONES Y CONCRETO ASISTENTE  
 CIP: 218720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*	
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	:	CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	:	1.50m	
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE AÑADIDO : 1%

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	SIN SUMERGIR		SUMERG.		SIN SUMERGIR	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SUMERG.		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12997		11828		13009
Peso del molde	gr.	8499		7486		8744
Peso del suelo húmedo	gr.	4498		4342		4265
Volúmen del molde	cc.	2141.21		2123.06		2141.21
Densidad Humeda	gr./cc	2.1		2.05		1.99
Humedad	%	13.90		14.00		14.10
Densidad seca	gr./cc	1.84		1.80		1.74
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	64.07		59.69		79.02
Tarro suelo seco	gr.	58.24		54.36		71.38
Agua	gr.	5.83		5.33		7.64
Peso del Tarro	gr.	16.3		16.31		17.35
Peso del suelo seco	gr.	41.94		38.05		54.03
Humedad	%	13.9		14.0		14.1
Promedio de la humedad	%					

## ENSAYO EXPANSION

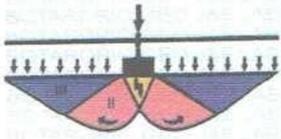
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	28	0.7112	0.562	36	0.9144	0.722	35	0.889	0.702
16-8-21	12.00	4	53	1.3462	1.063	64	1.6256	1.284	64	1.6256	1.284

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	3	64	21	0	34	11
1.00	1.300	0.50	11	144	48	9	124	41	4	74	25
1.30	1.900	0.075	17	204	68	14	174	58	9	124	41
2.00	2.500	0.100	22	255	85	18	214	71	14	174	58
3.00	3.800	0.150	32	355	118	27	305	102	21	245	82
4.00	5.000	0.200	40	435	145	34	375	125	27	305	102
5.00	6.000	0.250	47	505	168	41	445	148	32	355	118
6.00	7.500	0.300	54	576	192	48	515	172	36	395	132
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*Perce Zapana*  
**Ing. Percy Zapana Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO RESISTIVO  
 CIP. 218720

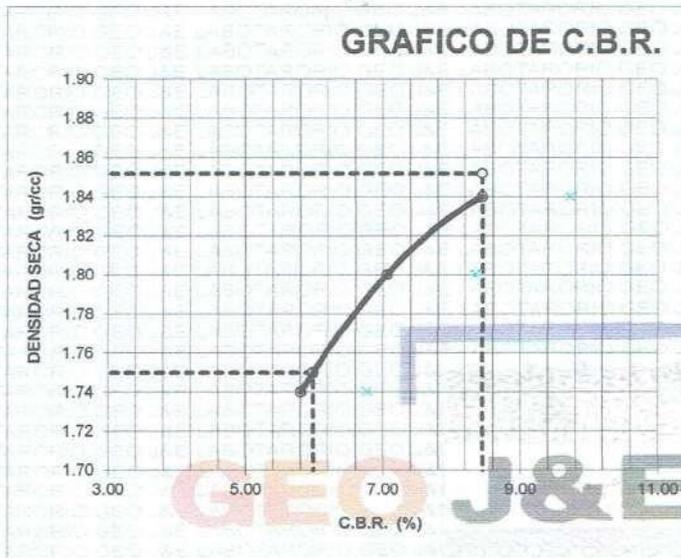


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 1%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 8.45%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.98%

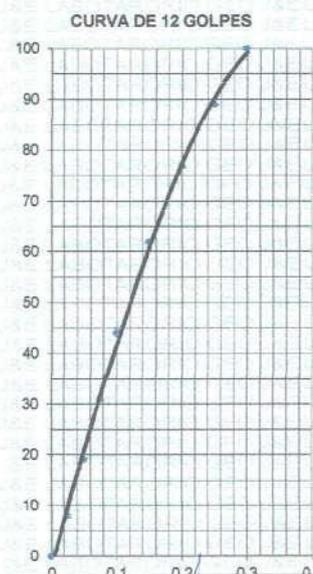
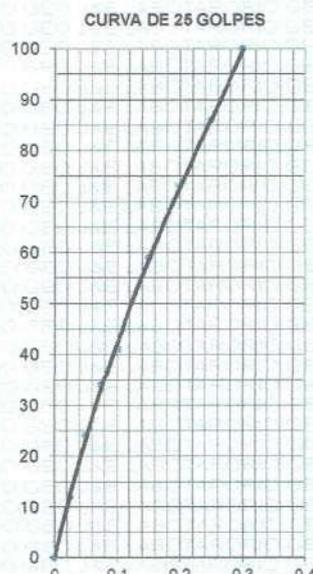
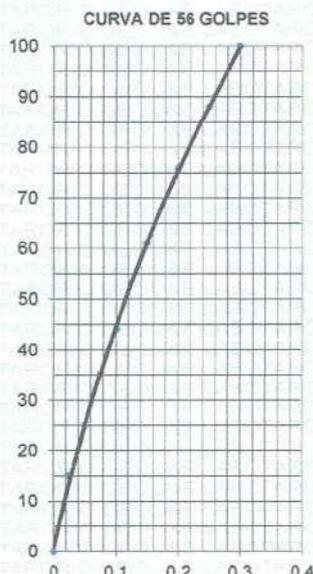
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

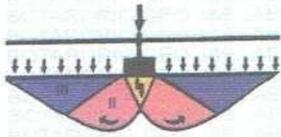
C.B.R 0.1"= 8.4%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.8%



*[Handwritten Signature]*  
 The. Percy Tupa Kuro  
 [Stamp]



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 3%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12228	11592		11673	
Peso del molde	gr.	7811	7279		7641	
Peso del suelo húmedo	gr.	4417	4313		4032	
Volúmen del molde	cc.	2132.7	2189.48		2104.92	
Densidad Humeda	gr./cc	2.07	1.99		1.92	
Humedad	%	13.80	13.90		14.00	
Densidad seca	gr./cc	1.82	1.75		1.68	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	60.74	51.64		61.09	
Tarro suelo seco	gr.	55.77	47.37		55.61	
Agua	gr.	4.97	4.27		5.48	
Peso del Tarro	gr.	19.74	16.68		16.5	
Peso del suelo seco	gr.	36.03	30.69		39.11	
Humedad	%	13.8	13.9		14.0	
Promedio de la humedad	%					

## ENSAYO EXPANSION

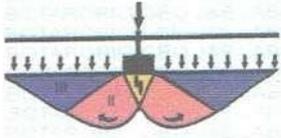
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	28	0.7112	0.562	36	0.9144	0.722	35	0.889	0.702
16-8-21	12.00	4	53	1.3462	1.063	64	1.6256	1.284	64	1.6256	1.284

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	3	64	21	0	34	11
1.00	1.300	0.50	12	154	51	8	114	38	5	84	28
1.30	1.900	0.075	18	214	71	13	164	55	9	124	41
2.00	2.500	0.100	24	275	92	18	214	71	14	174	58
3.00	3.800	0.150	32	355	118	26	295	98	21	245	82
4.00	5.000	0.200	41	445	148	34	375	125	27	305	102
5.00	6.000	0.250	48	515	172	43	465	155	33	365	122
6.00	7.500	0.300	56	596	199	50	535	178	38	415	138
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*Renzo Alex Zapana Bustincio*  
 Inge. Civil  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, FUNDACION Y CONTROL DE CALIDAD  
 C.R. 218720

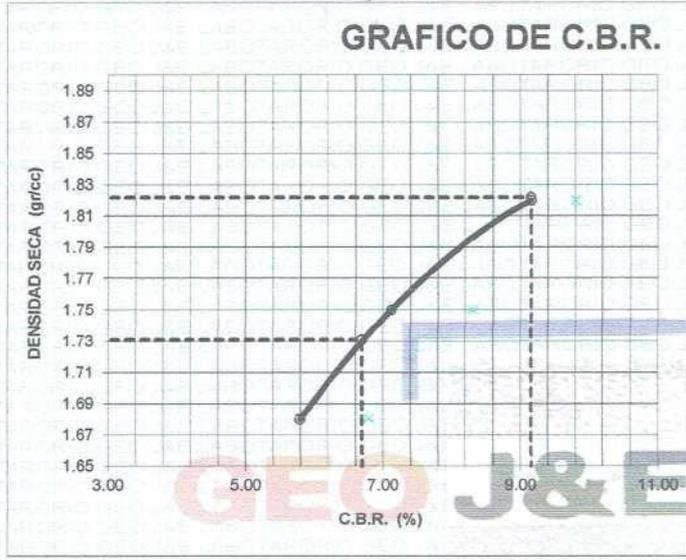


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 3%



PARAMETROS DE C.B.R.

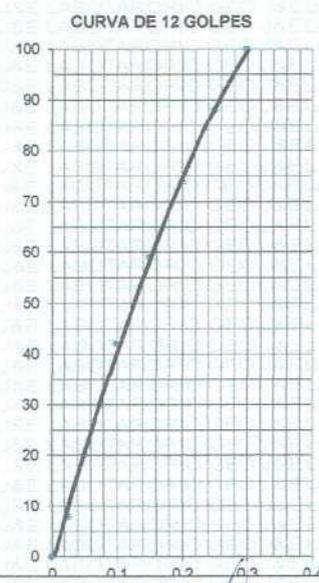
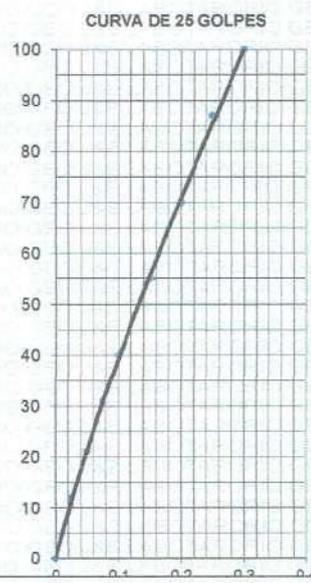
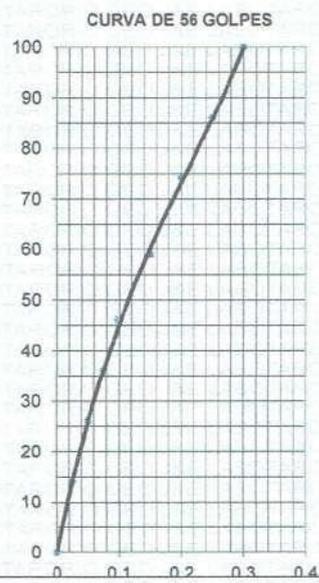
C.B.R.01" AL 100% = 9.15%

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 6.70%

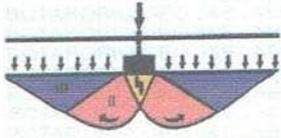
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 9.2%      C.B.R 0.1"= 6.6%      C.B.R 0.1"= 5.8%



*Percy Tupá Ruiz*  
 Ing. Percy Tupá Ruiz  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCONVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021

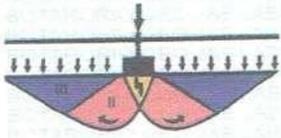
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 780 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000				100.00		Grava : 2.56 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 58.33 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Fino : 39.11 %
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		W natural : 16.45 %
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	20.00	2.56	2.56	97.44		LL. : 36.00 %
No.10	2.000	30.00	3.85	6.41	93.59		LP. : 20.65 %
No.20	0.840	56.30	7.22	13.63	86.37		IP. : 15.35 %
No.40	0.425	98.50	12.63	26.26	73.74		
No.100	0.150	120.45	15.44	41.70	58.30		CLASIFICACION
No.200	0.075	149.68	19.19	60.89	39.11		SUCS : SC
<No.200		305.07	39.11	100.0			AASHTO : A-6 (2)

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



*Percy Tupa Ruiz*  
**Ing. Percy Tupa Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA  
 DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONTROL DE CALIDAD



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



<b>PROYECTO</b>	: *ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
<b>UBICACIÓN</b>	: C.P. SANTA MARIA
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
<b>PROFUND.</b>	: 1.50m
<b>FECHA</b>	: 14/08/2021

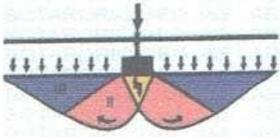
## DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°		1	2		
<b>Tarro N°</b>					
<b>Peso del Tarro</b>	gr	0.00			
<b>Peso del tarro + Suelo Húmedo</b>	gr	250.00			
<b>Peso del tarro + Suelo Seco</b>	gr	200.15			
<b>Peso del Agua</b>	gr	49.85			
<b>Peso del suelo seco</b>	gr	200.15			
<b>Contenido de Humedad</b>	%	24.91			
<b>Promedio de Humedad</b>	%	24.91			

OBSERVACIONES: Ensayo efectuado por la Norma de la ASTM USA 2216-84.



*Percy Tapu Ruiz*  
**Ing. Percy Tapu Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



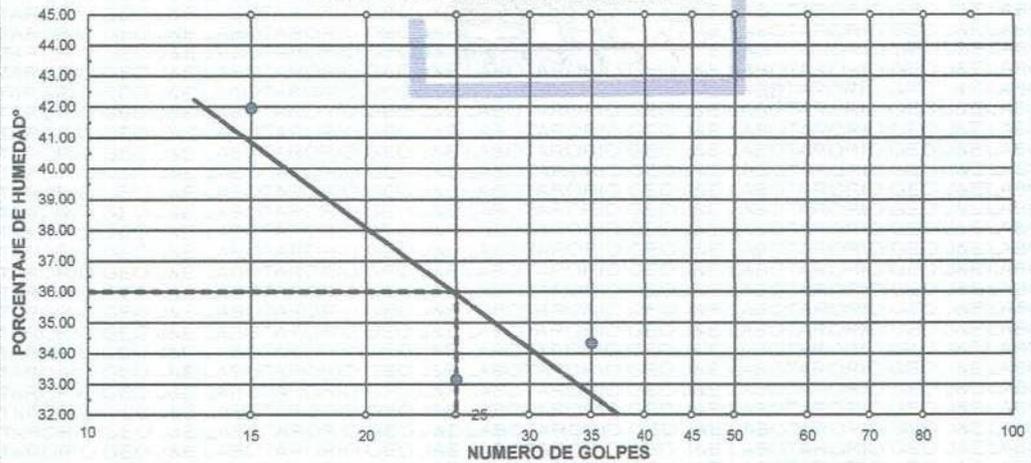
PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCONVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

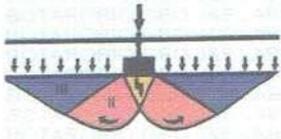
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 7	No. 9
01. No.DE GOLPES	35	25	15		
02. TARRO No.	01	02	03	7	9
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	30.10	29.89	31.03	7.90	7.89
04. SUELO SECO * TARRO g	25.00	25.00	25.00	7.30	7.20
05. PESO DEL AGUA g	5.10	4.89	6.03	0.60	0.69
06. PESO DEL TARRO g	10.15	10.25	10.63	4.15	4.10
07. PESO DEL SUELO SECO g	14.85	14.75	14.37	3.15	3.10
08. HUMEDAD %	34.34	33.15	41.96	19.05	22.26

L.L.= 36.00 %      L.P.= 20.65 %      I.P.= 15.35 %

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO




  
 Ing. Percy Juan Ruiz
   
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*

**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

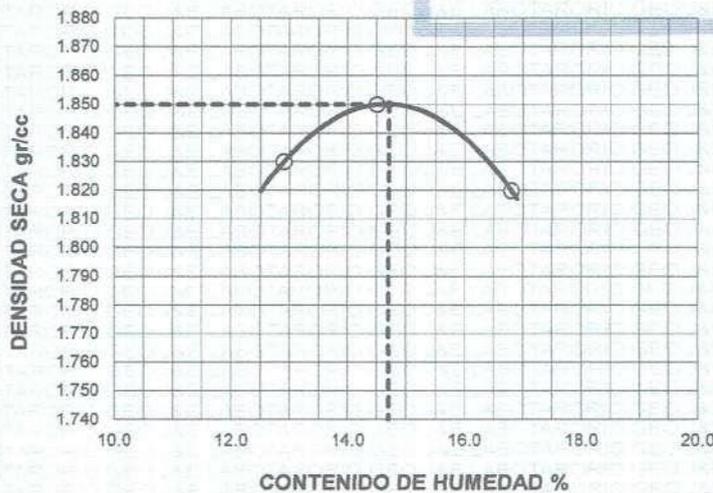
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	6,294	6,341	6,342		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,922	1,969	1,970		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	2.07	2.12	2.12		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	57.51	64.45	68.21		
SUELO SECO + RECIPIENTE	52.81	58.35	60.73		
PESO RECIPIENTE	16.28	16.27	16.17		
PESO DE AGUA	4.70	6.10	7.48		
PESO DE SUELO SECO	36.53	42.08	44.56		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.90	14.50	16.80		
DENSIDAD SECA	1.83	1.85	1.82		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

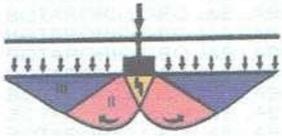


Max. densidad seca  
**1.850 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.70 %**



*Percy Tupa Ruiz*  
Ing. Percy Tupa Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONTROL DE CALIDAD  
CIP 111111



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*

**UBICACIÓN** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

**PROFUND.** : 1.50m

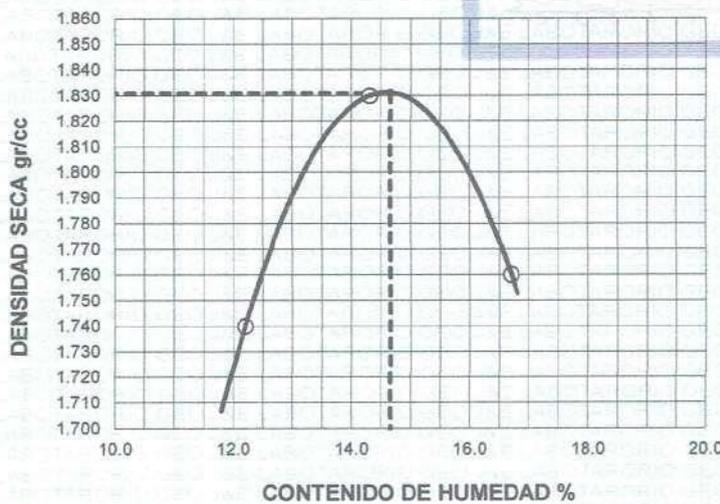
**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021

**PORCENTAJE AÑADIDO** : 1%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	6,185	6,316	6,278		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,813	1,944	1,906		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.95	2.09	2.05		
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	52.85	66.61	57.18		
SUELO SECO + RECIPIENTE	48.90	61.85	51.49		
PESO RECIPIENTE	16.42	28.62	17.46		
PESO DE AGUA	3.95	4.76	5.69		
PESO DE SUELO SECO	32.48	33.23	34.03		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.20	14.30	16.70		
DENSIDAD SECA	1.74	1.83	1.76		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

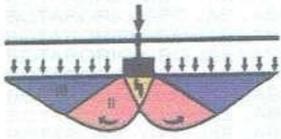


Max. densidad seca  
**1.831 gr/cm3**

Conten. humedad óptima  
**14.66 %**



Ing. Percy Rupa  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
DE SUELOS PAVIMENTO Y CONTROL DE CALIDAD  
CIP: 218720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"

**UBICACIÓN** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

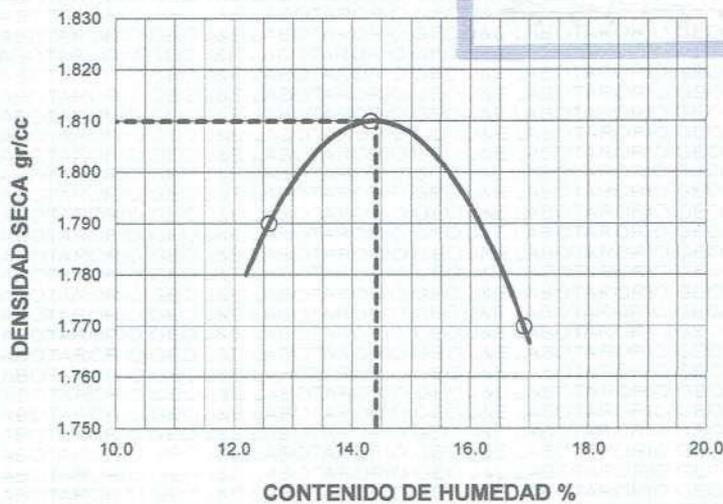
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 3%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	6,243	6,298	6,294		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,871	1,926	1,922		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	2.01	2.07	2.07		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	55.35	52.09	52.55		
SUELO SECO + RECIPIENTE	51.00	47.61	47.34		
PESO RECIPIENTE	16.60	16.32	16.52		
PESO DE AGUA	4.35	4.48	5.21		
PESO DE SUELO SECO	34.40	31.29	30.82		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.60	14.30	16.90		
DENSIDAD SECA	1.79	1.81	1.77		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

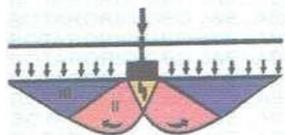


Max. densidad seca  
**1.810 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.40 %**



*Ing. Percy J. Zapana*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD  
DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO  
CIP 219720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021
		PORCENTAJE ANADIDO : 0%

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

	1		2		3	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12123	13172		11575	
Peso del molde	gr.	7600	8744		7279	
Peso del suelo húmedo	gr.	4523	4428		4296	
Volúmen del molde	cc.	2123.06	2141.21		2169.48	
Densidad Humeda	gr./cc	2.13	2.07		1.98	
Humedad	%	14.70	14.70		14.70	
Densidad seca	gr./cc	1.86	1.80		1.73	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	56.46	69.25		65.66	
Tarro suelo seco	gr.	51.33	63.29		59.84	
Agua	gr.	5.13	5.96		5.82	
Peso del Tarro	gr.	16.4	22.8		20.37	
Peso del suelo seco	gr.	34.93	40.49		39.47	
Humedad	%	14.7	14.7		14.7	
Promedio de la humedad	%					

## ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	35	0.889	0.702	33	0.8382	0.662	22	0.5588	0.441
16-8-21	12.00	4	69	1.7526	1.385	65	1.651	1.304	42	1.0668	0.843

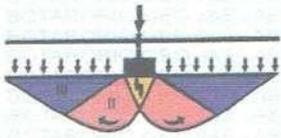
## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	4	74	25	3	64	21	2	54	18
1.00	1.300	0.50	9	124	41	7	104	35	4	74	25
1.30	1.900	0.075	14	174	58	11	144	48	8	114	38
2.00	2.500	0.100	19	225	75	15	184	61	11	144	48
3.00	3.800	0.150	26	295	98	22	255	85	17	204	68
4.00	5.000	0.200	33	365	122	28	315	105	23	265	88
5.00	6.000	0.250	38	415	138	34	375	125	27	305	102
6.00	7.500	0.300	43	465	155	39	425	142	30	335	112
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*Ingeniero*  
**Ing. Percy Yupa Ruiz**  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
REGISTRO PROFESIONAL EN INGENIERIA GEOTECNICA

CIP. 218720

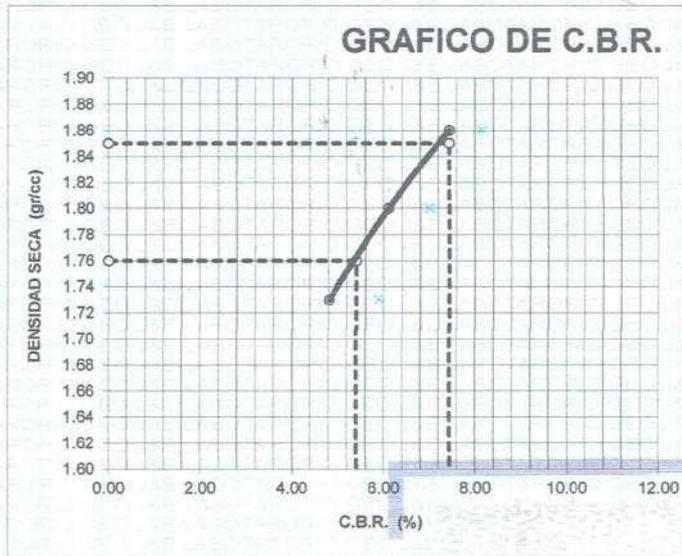


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustino
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021
PORCENTAJE ANADIDO	: 0%



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01\* AL 100% = 7.4%

C.B.R. 01\* AL 95% M.D.S. = 5.4%

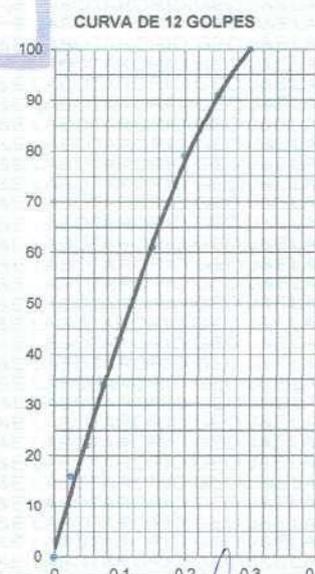
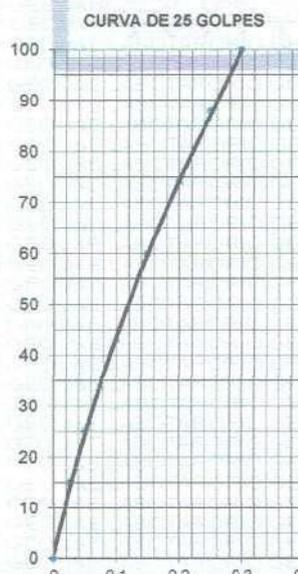
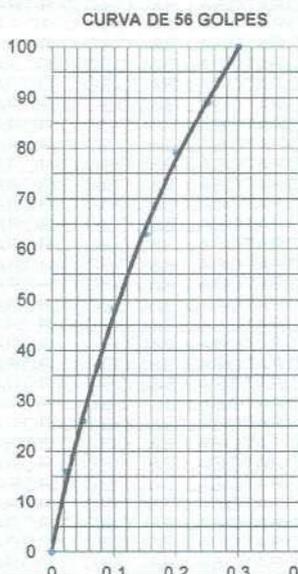
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

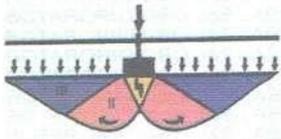
C.B.R. 0.1"= 7.4%

C.B.R. 0.1"= 6.6%

C.B.R. 0.1"= 4.8%



Ing. Percy Tupa Rui  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONTROL DE CALIDAD  
CIP 21117



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021
		PORCENTAJE ANADIDO : 1%

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12902	11677		11740	
Peso del molde	gr.	8343	7349		7600	
Peso del suelo húmedo	gr.	4559	4328		4140	
Volúmen del molde	cc.	2169.48	2151.09		2123.06	
Densidad Humeda	gr./cc	2.1	2.01		1.95	
Humedad	%	14.70	14.70		14.70	
Densidad seca	gr./cc	1.83	1.75		1.70	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	56.46	69.25		65.66	
Tarro suelo seco	gr.	51.33	63.29		59.84	
Agua	gr.	5.13	5.96		5.82	
Peso del Tarro	gr.	16.4	22.8		20.37	
Peso del suelo seco	gr.	34.93	40.49		39.47	
Humedad	%	14.7	14.7		14.7	
Promedio de la humedad	%					

## ENSAYO EXPANSION

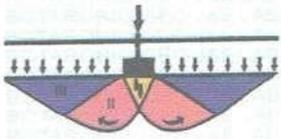
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	45	1.143	0.903	43	1.0922	0.863	34	0.8636	0.682
16-8-21	12.00	4	89	2.2606	1.786	84	2.1336	1.686	66	1.6764	1.324

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	4	74	25	3	64	21	1	44	15
1.00	1.300	0.50	10	134	45	7	104	35	5	84	28
1.30	1.900	0.075	15	184	61	11	144	48	9	124	41
2.00	2.500	0.100	19	225	75	15	184	61	13	164	55
3.00	3.800	0.150	26	295	98	22	255	85	18	214	71
4.00	5.000	0.200	33	365	122	28	315	105	23	265	88
5.00	6.000	0.250	40	435	145	34	375	125	28	315	105
6.00	7.500	0.300	46	495	165	40	435	145	33	365	122
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*[Signature]*  
Ing. Percy Tupa B.  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO  
DE SUELOS FUNDACION Y CONTROL DE CALIDAD

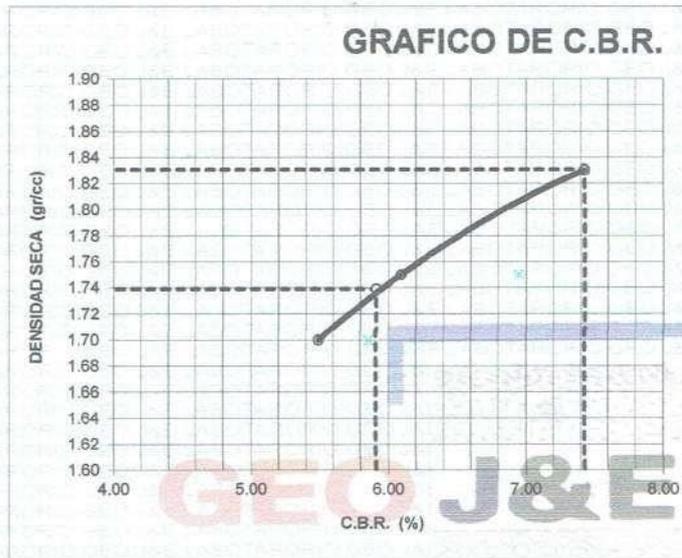


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUINVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO'	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach, Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 1%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 7.43%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.91%

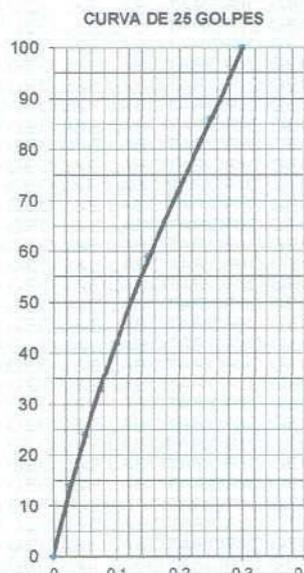
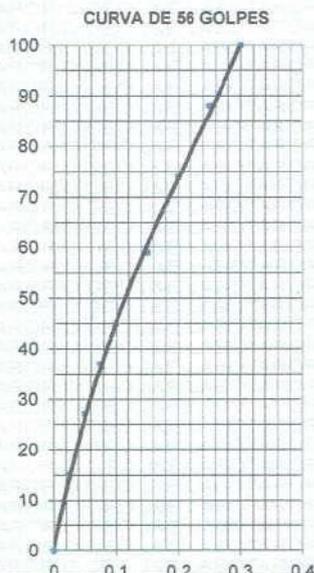
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

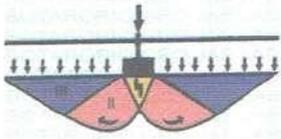
C.B.R 0.1"= 7.4%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.5%



*Percy Tupa Ruiz*  
 Ing. Percy Tupa Ruiz  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 GEO J&E



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 3%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) ( ASTM D-1883 )

Molde N°		1	2	3
Capa N°		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12007	11587	12631
Peso del molde	gr.	7641	7279	8499
Peso del suelo húmedo	gr.	4366	4308	4132
Volúmen del molde	cc.	2104.92	2169.48	2141.21
Densidad Humeda	gr./cc	2.07	1.99	1.93
Humedad	%	14.60	14.60	14.50
Densidad seca	gr./cc	1.81	1.74	1.69
Tarro N°		1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr.	64	55.71	56.63
Tarro suelo seco	gr.	57.94	50.71	50.8
Agua	gr.	6.06	5	4.83
Peso del Tarro	gr.	16.41	16.36	17.43
Peso del suelo seco	gr.	41.53	34.35	33.37
Humedad	%	14.6	14.6	14.5
Promedio de la humedad	%			

## ENSAYO EXPANSION

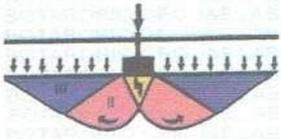
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	64	1.6256	1.284	57	1.4478	1.144	62	1.5748	1.244
16-8-21	12.00	4	96	2.4384	1.926	86	2.1844	1.726	98	2.4892	1.966

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	6	94	31	5	84	28	4	74	25
1.00	1.300	0.50	11	144	48	9	124	41	7	104	35
1.30	1.900	0.075	15	184	61	13	164	55	10	134	45
2.00	2.500	0.100	21	245	82	16	194	65	13	164	55
3.00	3.800	0.150	28	315	105	23	265	88	19	225	75
4.00	5.000	0.200	34	375	125	29	325	108	23	265	88
5.00	6.000	0.250	40	435	145	35	385	128	30	335	112
6.00	7.500	0.300	45	485	162	39	425	142	38	415	138
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*Ingeniero Percy Tupa Ruiz*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS PARA VIALTO Y CALIFICACION

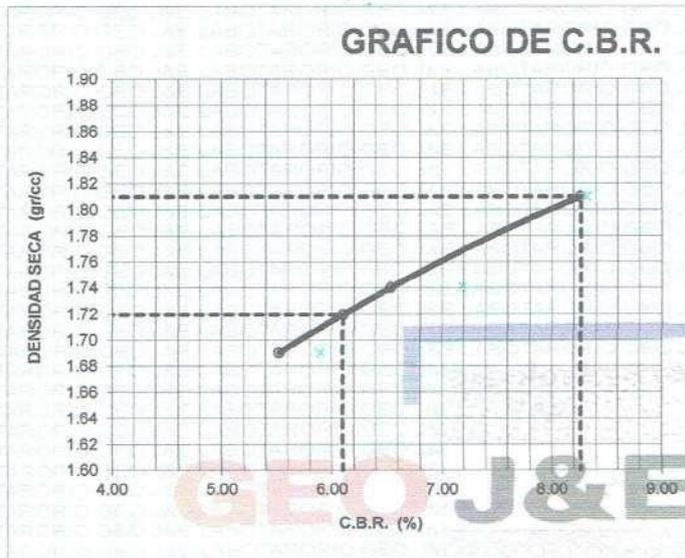


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 3%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = **8.26%**  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = **6.10%**

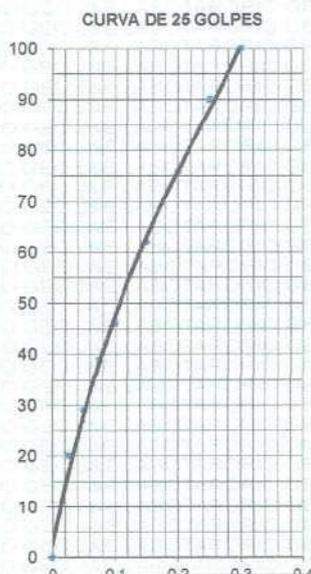
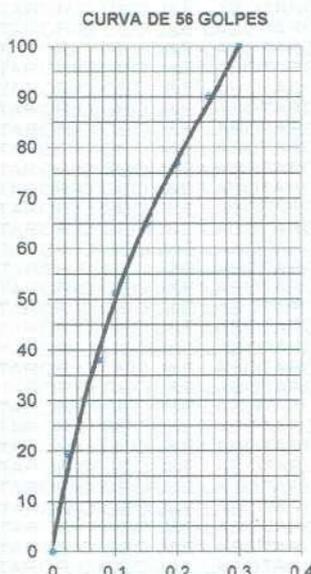
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 8.3%

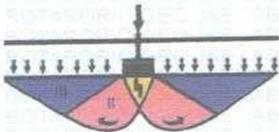
C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.5%



*Percy Tupa*  
 Ing. Percy Tupa  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
 DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO  
 CIP. 218720





# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



<b>PROYECTO</b>	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
<b>UBICACIÓN</b>	: C.P. SANTA MARIA
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
<b>PROFUND.</b>	: 1.50m
<b>FECHA</b>	: 14/08/2021

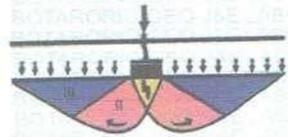
## DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°		1	2		
<b>Tarro N°</b>					
<b>Peso del Tarro</b>	gr	0.00			
<b>Peso del tarro + Suelo Húmedo</b>	gr	260.00			
<b>Peso del tarro + Suelo Seco</b>	gr	210.60			
<b>Peso del Agua</b>	gr	49.40			
<b>Peso del suelo seco</b>	gr	210.60			
<b>Contenido de Humedad</b>	%	23.46			
<b>Promedio de Humedad</b>	%	23.46			

OBSERVACIONES: Ensayo efectuado por la Norma de la ASTM USA 2216-84.



*Percy Zapana*  
 Ing. Percy Zapana Bustincio  
 INGENIERO EN GEOTECNIA  
 DE SUELOS FUNDACIONES Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 218720



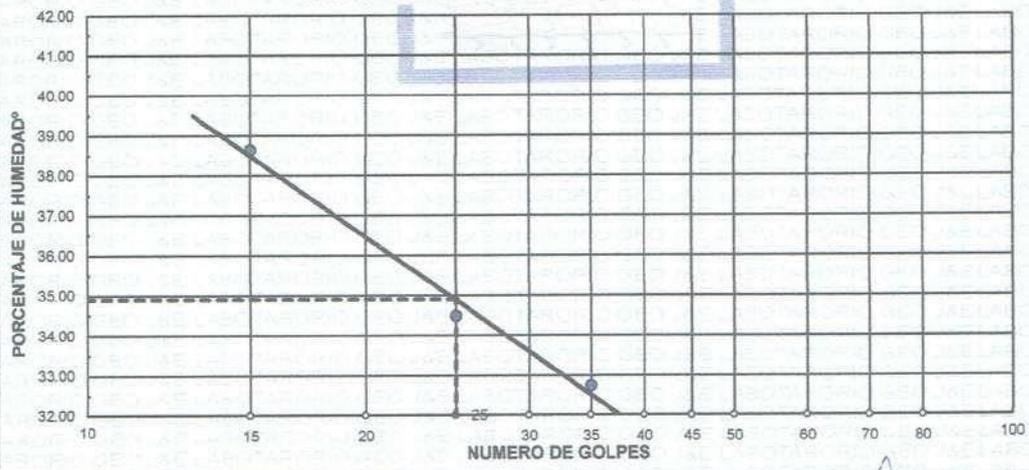
<b>PROYECTO</b>	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
<b>UBICACION</b>	: C.P. SANTA MARIA
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
<b>PROFUND.</b>	: 1.50m
<b>FECHA</b>	: sábado, 14 de Agosto de 2021

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

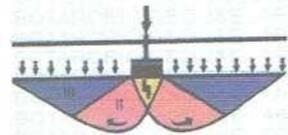
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 7	No. 9	No. 15
01. No.DE GOLPES	35	25	15			
02. TARRO No.	01	02	03	7	9	
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g 32.12	28.15	33.05	7.95	7.91	
04. SUELO SECO * TARRO	g 26.70	23.56	26.80	7.10	7.15	
05. PESO DEL AGUA	g 5.42	4.59	6.25	0.85	0.76	
06. PESO DEL TARRO	g 10.15	10.25	10.63	4.15	4.10	
07. PESO DEL SUELO SECO	g 16.55	13.31	16.17	2.95	3.05	
08. HUMEDAD	% 32.75	34.49	38.65	28.81	24.92	

L.L.= 34.90 %      L.P.= 26.87 %      I.P.= 8.03 %

## GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



*Percy Tupo*  
**Ing. Percy Tupo**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIR. 210720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*

**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

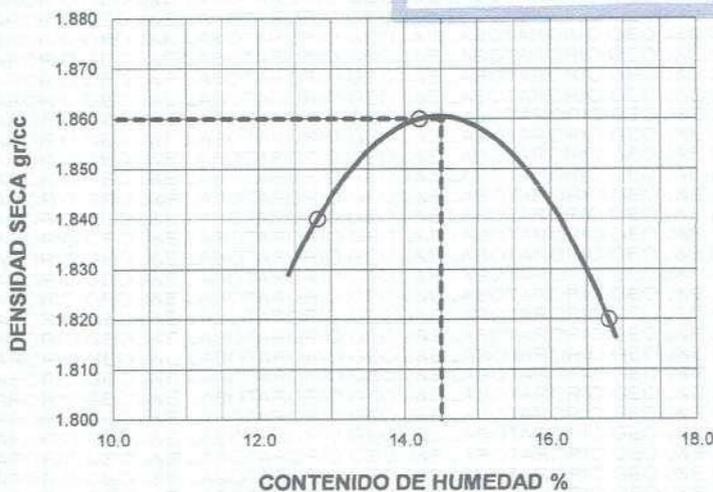
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 0%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	6,294	6,341	6,342		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,922	1,969	1,970		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	2.07	2.12	2.12		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	57.51	64.45	68.21		
SUELO SECO + RECIPIENTE	52.81	58.41	60.73		
PESO RECIPIENTE	16.20	16.01	16.17		
PESO DE AGUA	4.70	6.04	7.48		
PESO DE SUELO SECO	36.61	42.40	44.56		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.80	14.20	16.80		
DENSIDAD SECA	1.84	1.86	1.82		

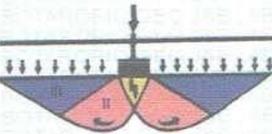
### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca  
**1.860 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.50 %**

*Percy Tupá Ruiz*  
  
**Ing. Percy Tupá Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 DE SUELOS TAVAPUNO



**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*

**UBICACIÓN** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

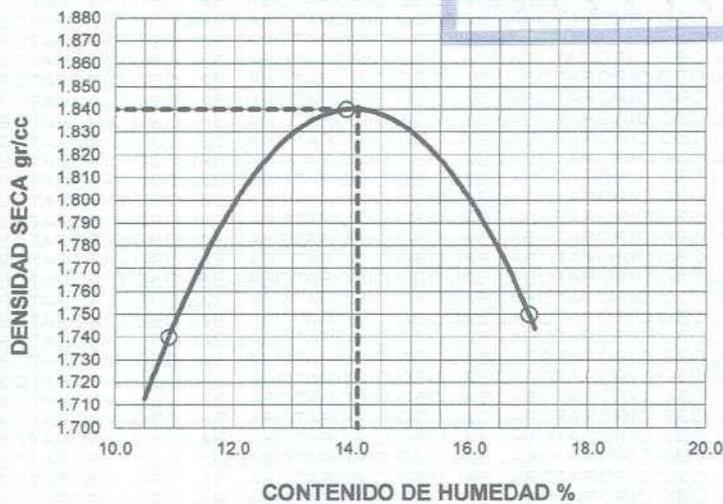
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 1%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	5,697	5,854	5,801		
PESO MOLDE	3,899	3,899	3,899		
PESO SUELO COMPACTADO	1,798	1,955	1,902		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.93	2.10	2.05		
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	66.81	50.71	56.86		
SUELO SECO + RECIPIENTE	62.30	46.50	51.00		
PESO RECIPIENTE	20.82	16.25	16.45		
PESO DE AGUA	4.51	4.21	5.86		
PESO DE SUELO SECO	41.48	30.25	34.55		
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.90	13.90	17.00		
DENSIDAD SECA	1.74	1.84	1.75		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

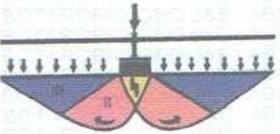


Max. densidad seca  
**1.840 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.10 %**



*Ing. Percy Tupa Ruiz*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS PAVIMENTO Y CONCRETO ASQUENIA  
CIP. 218720



**PROYECTO** : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO'

**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

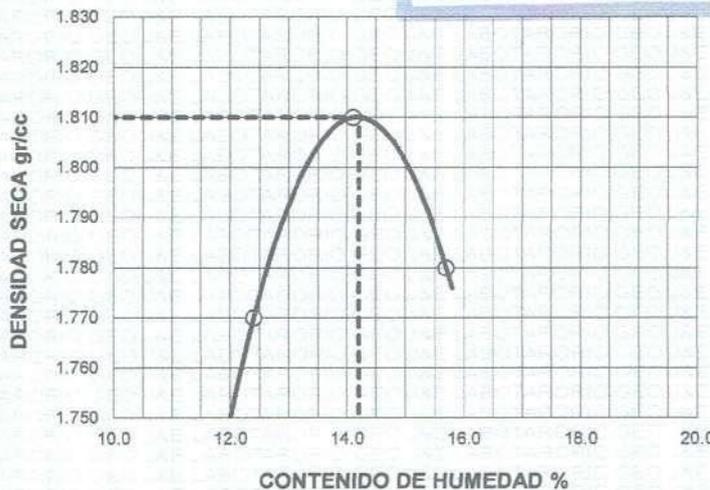
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 3%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	5,746	5,817	5,809		
PESO MOLDE	3,899	3,899	3,899		
PESO SUELO COMPACTADO	1,847	1,918	1,910		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.99	2.06	2.06		
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	55.97	74.85	59.43		
SUELO SECO + RECIPIENTE	51.62	69.11	53.60		
PESO RECIPIENTE	16.43	28.35	16.39		
PESO DE AGUA	4.35	5.74	5.83		
PESO DE SUELO SECO	35.19	40.76	37.21		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.40	14.10	15.70		
DENSIDAD SECA	1.77	1.81	1.78		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

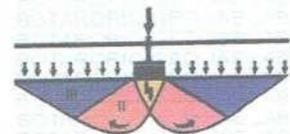


Max. densidad seca  
**1.810 gr/cm3**

Conten. humedad óptima  
**14.20 %**



*Ing. Percy Tupa Ruiz*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021
		PORCENTAJE AÑADIDO : 0%

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°		1	2	3			
Capa N°		5	5	5			
Golpes por capa N°		56	25	12			
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12105		11713		11679	
Peso del molde	gr.	7600		7279		7486	
Peso del suelo húmedo	gr.	4505		4434		4193	
Volúmen del molde	cc.	2123.06		2169.48		2123.06	
Densidad Humeda	gr./cc	2.12		2.04		1.97	
Humedad	%	14.50		14.50		14.50	
Densidad seca	gr./cc	1.85		1.78		1.72	
Tarro N°		1	2	3			
Tarro suelo húmedo	gr.	67.6	55.02	57.7			
Tarro suelo seco	gr.	61.64	50.125	52.42			
Agua	gr.	5.96	4.895	5.28			
Peso del Tarro	gr.	20.54	16.4	16.03			
Peso del suelo seco	gr.	41.1	33.725	36.39			
Humedad	%	14.5	14.5	14.5			
Promedio de la humedad	%						

## ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	3	0.0762	0.060	18	0.4572	0.361	22	0.5588	0.441
16-8-21	12.00	4	4	0.1016	0.080	19	0.4826	0.381	42	1.0668	0.843

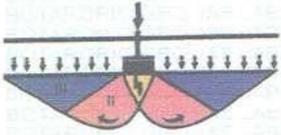
## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	4	74	25	4	74	25	2	54	18
1.00	1.300	0.50	9	124	41	8	114	38	5	84	28
1.30	1.900	0.075	15	184	61	12	154	51	8	114	38
2.00	2.500	0.100	20	235	78	16	194	65	10	134	45
3.00	3.800	0.150	29	325	108	26	295	98	13	164	55
4.00	5.000	0.200	38	415	138	33	365	122	16	194	65
5.00	6.000	0.250	45	485	162	40	435	145	18	214	71
6.00	7.500	0.300	52	556	185	45	485	162	21	245	82
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

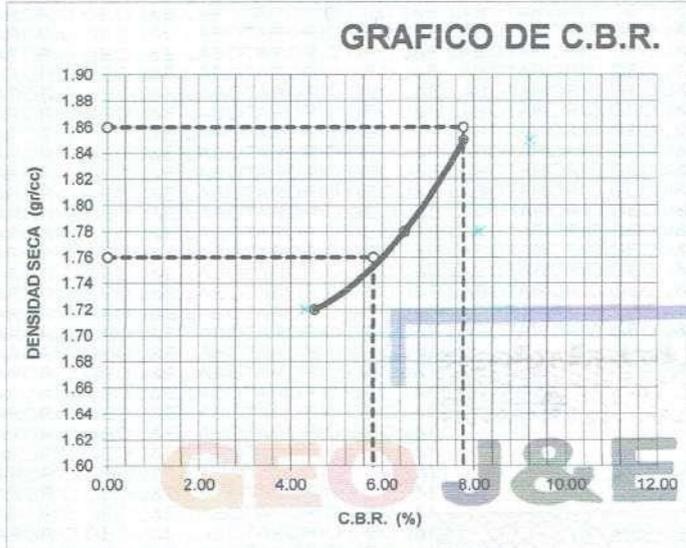


*Percy Tupá Ruiz*  
Ing. Percy Tupá Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO

SEP-21-20



PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO		
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA		
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio		
MUESTRA	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION		
PROFUND.	: 1.50m		
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE AÑADIDO :	0%



**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R.01" AL 100% = **7.8%**  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = **5.8%**

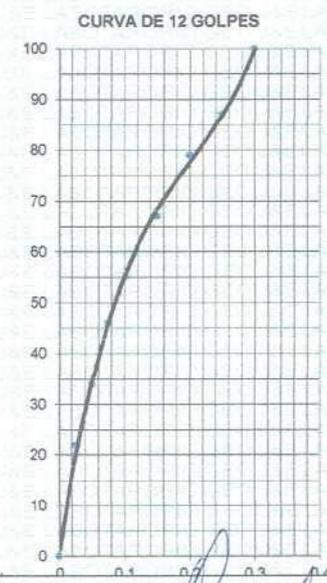
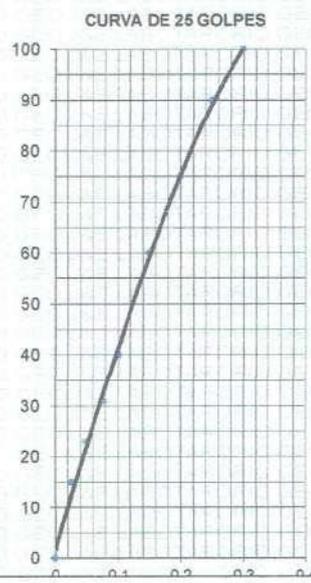
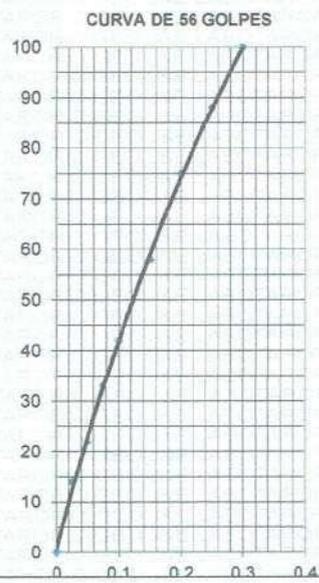
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

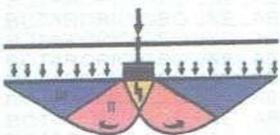
C.B.R 0.1"= 7.8%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 4.5%



  
 Ing. Percy Zapana Ruiz



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 1%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) ( ASTM D-1883 )

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr. 11752		11761		12625	
Peso del molde	gr. 7179		7486		8499	
Peso del suelo húmedo	gr. 4573		4275		4126	
Volúmen del molde	cc. 2169.48		2123.06		2141.21	
Densidad Humeda	gr./cc 2.11		2.01		1.93	
Humedad	% 14.40		14.50		14.60	
Densidad seca	gr./cc 1.84		1.76		1.68	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr. 62.56		62.46		73.55	
Tarro suelo seco	gr. 56.73		56.92		67.01	
Agua	gr. 5.83		5.54		6.54	
Peso del Tarro	gr. 16.23		18.65		22.2	
Peso del suelo seco	gr. 40.5		38.27		44.81	
Humedad	% 14.4		14.5		14.6	
Promedio de la humedad	%					

## ENSAYO EXPANSION

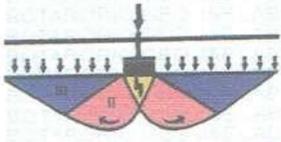
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	95	2.413	1.906	63	1.6002	1.264	40	1.016	0.803
16-8-21	12.00	4	65	1.651	1.304	82	2.0828	1.645	58	1.4732	1.164

## PENETRACION

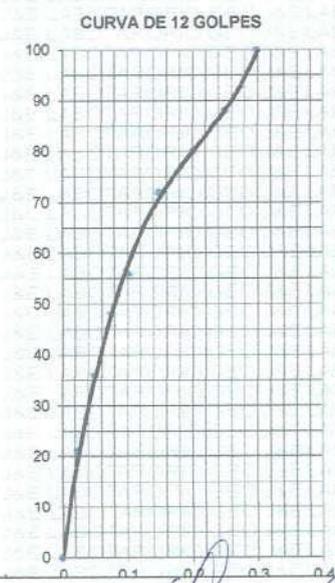
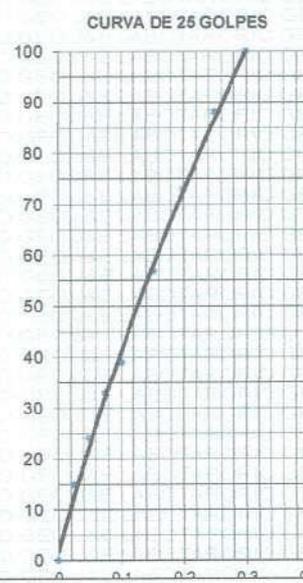
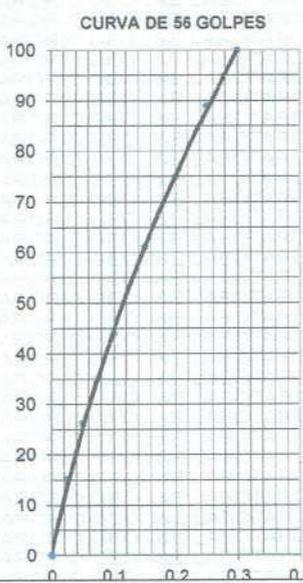
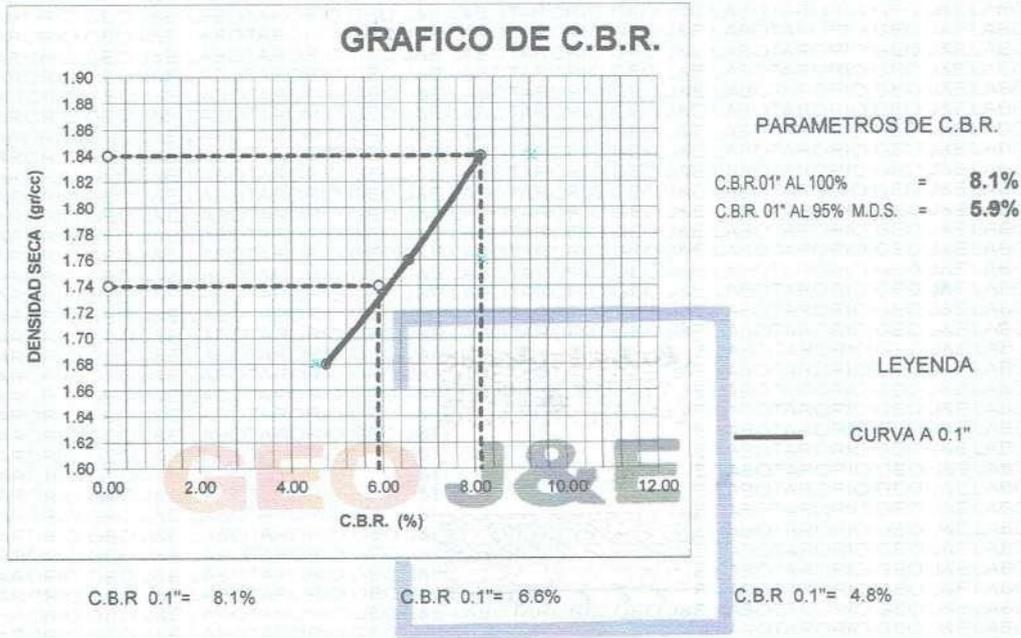
PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	4	74	25	2	54	18
1.00	1.300	0.50	11	144	48	9	124	41	6	94	31
1.30	1.900	0.075	16	194	65	13	164	55	9	124	41
2.00	2.500	0.100	21	245	82	16	194	65	11	144	48
3.00	3.800	0.150	30	335	112	25	285	95	15	184	61
4.00	5.000	0.200	38	415	138	33	365	122	17	204	68
5.00	6.000	0.250	46	495	165	41	445	148	19	225	75
6.00	7.500	0.300	52	556	185	47	505	168	22	255	85
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



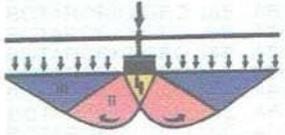
Ing. Percy Tupa Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE AÑADIDO : 1%



  
**Ing. Percy Tupa Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO-GEOTECNIA  
 CIP. 218720



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 3%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°		1	2	3			
Capa N°		5	5	5			
Golpes por capa N°		56	25	12			
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	11995		12007		12742	
Peso del molde	gr.	7641		7811		8744	
Peso del suelo húmedo	gr.	4354		4196		3998	
Volúmen del molde	cc.	2104.92		2132.7		2141.21	
Densidad Humeda	gr./cc	2.07		1.97		1.87	
Humedad	%	14.30		14.40		14.50	
Densidad seca	gr./cc	1.81		1.72		1.63	
Tarro N°		1	2	3			
Tarro suelo húmedo	gr.	60.64	59.63	65.17			
Tarro suelo seco	gr.	55.13	54.27	59.44			
Agua	gr.	5.51	5.36	5.73			
Peso del Tarro	gr.	16.53	16.96	19.9			
Peso del suelo seco	gr.	38.6	37.31	39.54			
Humedad	%	14.3	14.4	14.5			
Promedio de la humedad	%						

### ENSAYO EXPANSION

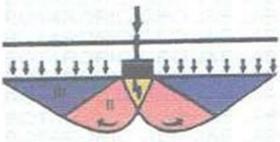
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	51	95	2.413	1.906	77	1.9558	1.545	76	1.9304	1.525
16-8-21	12.00	72	65	1.651	1.304	65	1.651	1.304	103	2.6162	2.067

### PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	4	74	25	2	54	18
1.00	1.300	0.50	12	154	51	9	124	41	6	94	31
1.30	1.900	0.075	17	204	68	13	164	55	9	124	41
2.00	2.500	0.100	22	255	85	16	194	65	12	154	51
3.00	3.800	0.150	30	335	112	26	295	98	15	184	61
4.00	5.000	0.200	39	425	142	33	365	122	18	214	71
5.00	6.000	0.250	45	485	162	40	435	145	21	245	82
6.00	7.500	0.300	51	546	182	45	485	162	23	265	88
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



  
**Ing. Percy Tupa Roca**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
 MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO



**ANEXO 03: Resultados de los ensayos practicados (C-01, C-02, C-03)**

PROYECTO	ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS REGISTRADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SAN JUAN DE LOS RIOS CON LA CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO'
UBICACION	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	1.50m
FECHA	sábado, 14 de Agosto de 2021



**PARAMETROS DE C.B.R.**

C.B.R.01\* AL 100% = **8.6%**  
 C.B.R. 01\* AL 95% M.D.S. = **6.5%**

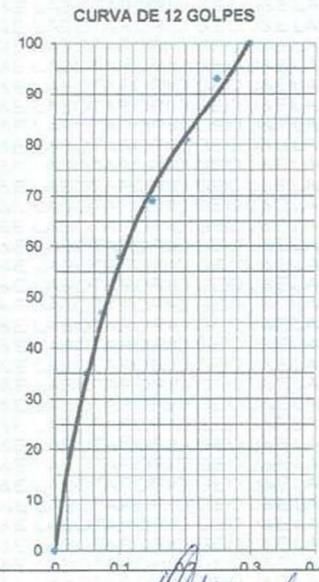
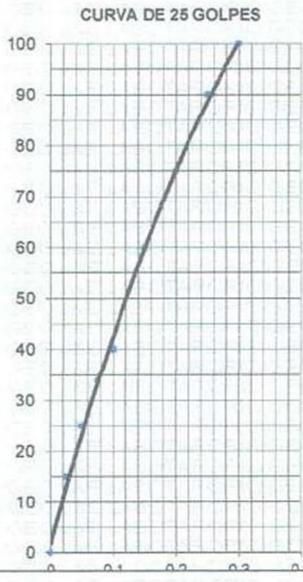
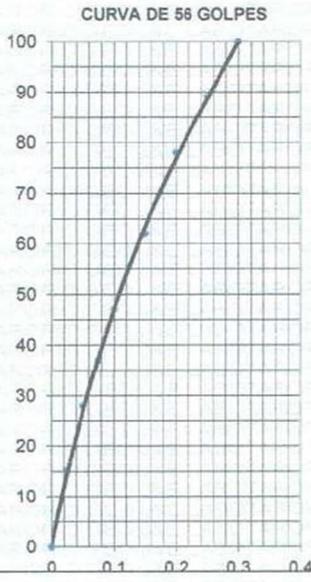
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

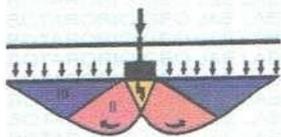
C.B.R 0.1"= 8.6%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.1%



*[Signature]*  
**Ing. Percy Tupa Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO  
 DE SUELOS, PAVIMENTO  
 CIVIL



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



<b>PROYECTO</b>	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
<b>UBICACION</b>	: C.P. SANTA MARIA
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
<b>PROFUND.</b>	: 1.50m
<b>FECHA</b>	: 14/08/2021

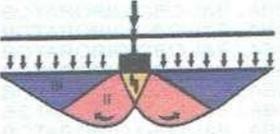
## DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°		1	2		
<b>Tarro N°</b>					
<b>Peso del Tarro</b>	gr	0.00			
<b>Peso del tarro + Suelo Húmedo</b>	gr	268.00			
<b>Peso del tarro + Suelo Seco</b>	gr	212.50			
<b>Peso del Agua</b>	gr	55.50			
<b>Peso del suelo seco</b>	gr	212.50			
<b>Contenido de Humedad</b>	%	26.12			
<b>Promedio de Humedad</b>	%	26.12			

OBSERVACIONES: Ensayo efectuado por la Norma de la ASTM USA 2216-84.



*Percy Zapana*  
**Ing. Percy Zapana Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO  
 CIP. 218720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



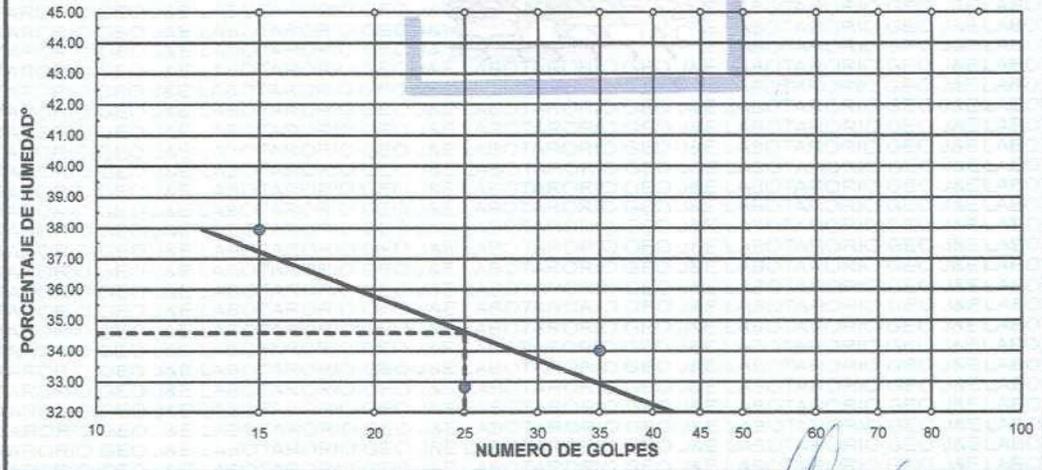
<b>PROYECTO</b>	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCONVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
<b>UBICACION</b>	: C.P. SANTA MARIA
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
<b>PROFUND.</b>	: 1.50m
<b>FECHA</b>	: sábado, 14 de Agosto de 2021

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

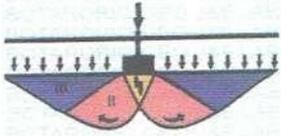
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 7	No. 9
01. No.DE GOLPES	35	25	15		
02. TARRO No.	01	02	03	7	9
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	27.42	27.68	25.47	8.00	7.95
04. SUELO SECO * TARRO g	23.30	23.50	21.50	7.40	7.42
05. PESO DEL AGUA g	4.12	4.18	3.97	0.60	0.53
06. PESO DEL TARRO g	11.19	10.77	11.04	4.25	4.19
07. PESO DEL SUELO SECO g	12.11	12.73	10.46	3.15	3.23
08. HUMEDAD %	34.02	32.84	37.95	19.05	16.41

L.L.= 34.60 %      L.P.= 17.73 %      I.P.= 16.87 %

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Ing. Percy T. ...  
ESPECIALISTA EN LABORATORIOS  
DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO (SEUTECN)  
CIP. 218720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"

**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

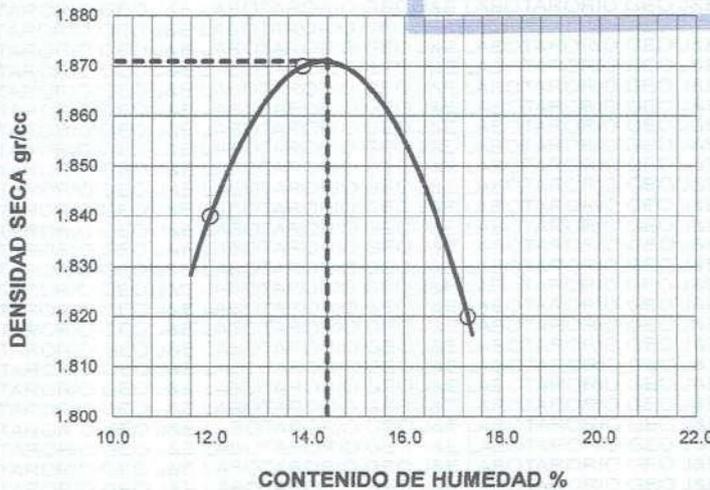
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021

## PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	6,282	6,349	6,348		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,910	1,977	1,976		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	2.06	2.13	2.13		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	76.32	77.96	64.79		
SUELO SECO + RECIPIENTE	70.36	70.94	57.80		
PESO RECIPIENTE	20.54	20.42	17.41		
PESO DE AGUA	5.96	7.02	6.99		
PESO DE SUELO SECO	49.82	50.52	40.39		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.00	13.90	17.30		
DENSIDAD SECA	1.84	1.87	1.82		

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca  
**1.871 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.40 %**



*Percy Tupá Ruiz*  
Ing. Percy Tupá Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECÁNICA  
DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO (GEOTECNIA)  
CIP 219720

# LABORATORIO GEO J&E

**GEO J&E**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD  
 PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCONVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"

UBICACION : C.P. SANTA MARIA

SOLICITA : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

MUESTRA : CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 1.50m

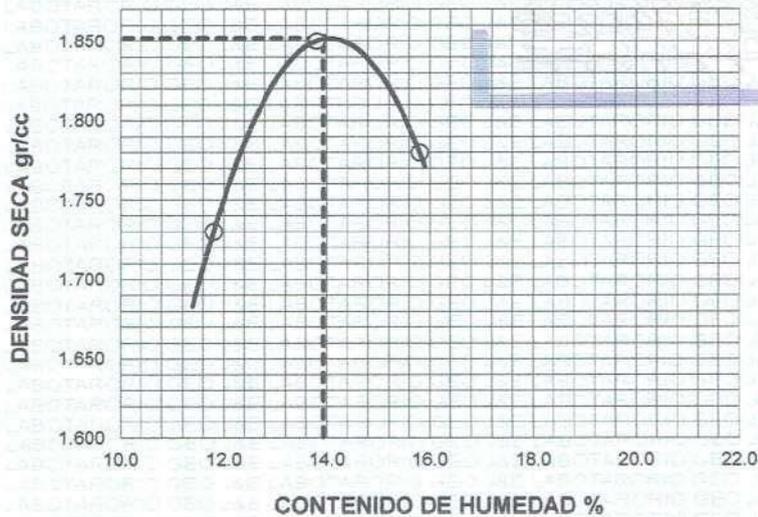
FECHA : sábado, 14 de Agosto de 2021

PORCENTAJE AÑADIDO : 1%

## PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	5,889	5,849	5,815		
PESO MOLDE	3,899	3,899	3,899		
PESO SUELO COMPACTADO	1,790	1,950	1,916		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.93	2.10	2.06		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	67.90	52.99	55.93		
SUELO SECO + RECIPIENTE	63.03	48.54	50.52		
PESO RECIPIENTE	21.62	16.33	16.25		
PESO DE AGUA	4.87	4.45	5.41		
PESO DE SUELO SECO	41.41	32.21	34.27		
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.80	13.80	15.80		
DENSIDAD SECA	1.73	1.85	1.78		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

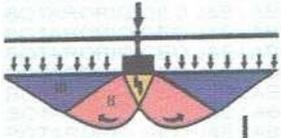


Max. densidad seca  
**1.852 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**13.93 %**



*Percey Ann Ruiz*  
 Ing. Percey Ann Ruiz  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 DE SUELOS PATENTADO Y CONTROL DE CALIDAD



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE  
DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN  
MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"

**UBICACIÓN** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

**PROFUND.** : 1.50m

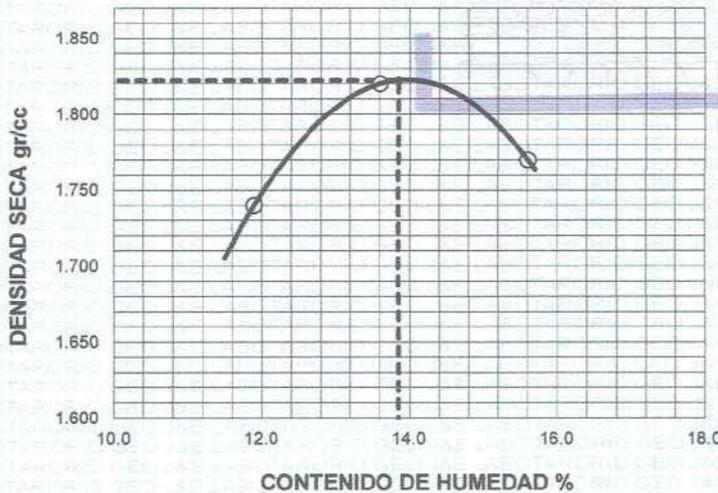
**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021

**PORCENTAJE AÑADIDO** : 3%

## PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	6,180	6,294	6,277		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,808	1,922	1,905		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.95	2.07	2.05		
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	59.29	53.58	59.06		
SUELO SECO + RECIPIENTE	54.69	49.12	53.30		
PESO RECIPIENTE	16.06	16.40	16.40		
PESO DE AGUA	4.60	4.46	5.76		
PESO DE SUELO SECO	38.63	32.72	36.90		
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.90	13.60	15.60		
DENSIDAD SECA	1.74	1.82	1.77		

**GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO**

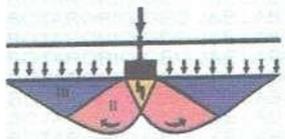


Max. densidad seca  
**1.822 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**13.85 %**



*[Signature]*  
Ing. Percy Tupu Ruiz  
SOCIETAD PERUANA DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*	
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	:	CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	:	1.50m	
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 0%

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) ( ASTM D-1883 )

Molde N°		1	2	3			
Capa N°		5	5	5			
Golpes por capa N°		56	25	12			
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	13301		11904		12699	
Peso del molde	gr.	8744		7486		8343	
Peso del suelo húmedo	gr.	4557		4418		4356	
Volúmen del molde	cc.	2141,21		2123,08		2169,48	
Densidad Humeda	gr./cc	2,13		2,08		2,01	
Humedad	%	14,40		14,20		14,00	
Densidad seca	gr./cc	1,86		1,82		1,76	
Tarro N°		1	2	3			
Tarro suelo húmedo	gr.	61,75		64,71		64,21	
Tarro suelo seco	gr.	56,02		58,93		58,31	
Agua	gr.	5,73		5,78		5,9	
Peso del Tarro	gr.	16,23		18,31		16,125	
Peso del suelo seco	gr.	39,79		40,62		42,185	
Humedad	%	14,4		14,2		14,0	
Promedio de la humedad	%						

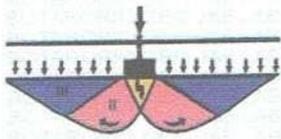
## ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	11	0,2794	0,221	28	0,7112	0,562	20	0,508	0,401
16-8-21	12.00	4	18	0,4572	0,361	40	1,016	0,803	41	1,0414	0,823

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>	Dial	Lb	Lb/plg <sup>2</sup>
0.30	0.600	0.25	4	74	25	2	54	18	1	44	15
1.00	1.300	0.50	9	124	41	8	114	38	4	74	25
1.30	1.900	0.075	16	194	65	13	164	55	9	124	41
2.00	2.500	0.100	19	225	75	17	204	68	13	164	55
3.00	3.800	0.150	29	325	108	24	275	92	20	235	78
4.00	5.000	0.200	36	395	132	30	335	112	27	305	102
5.00	6.000	0.250	43	465	155	35	385	128	31	345	115
6.00	7.500	0.300	50	535	178	41	445	148	36	395	132
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									


  
 Ing. Percy Tapia
   
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE
   
 DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONTROL DE CALIDAD
   
 CIP 30120

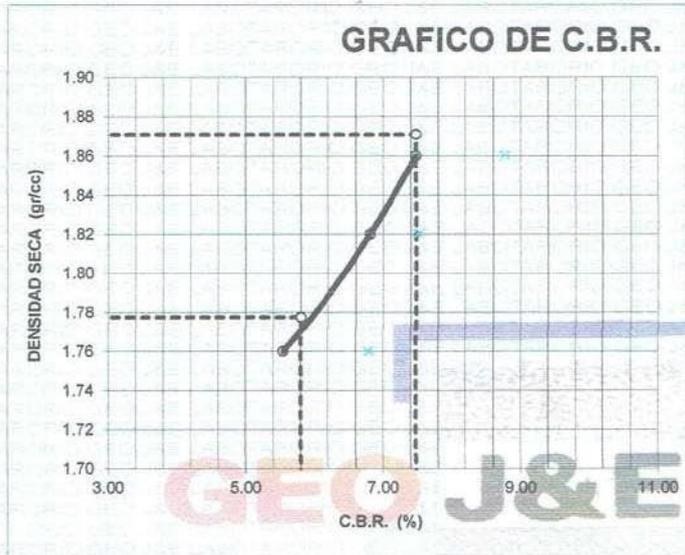


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 0%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 7.5%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.8%

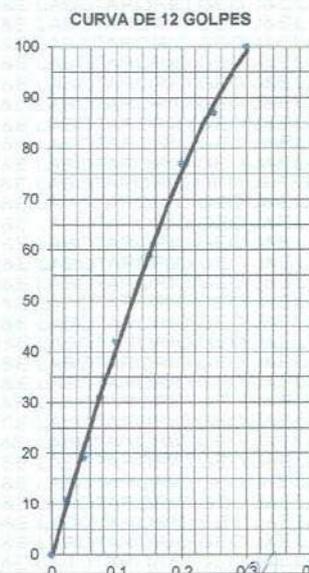
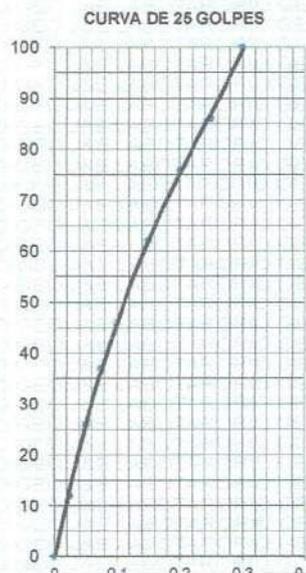
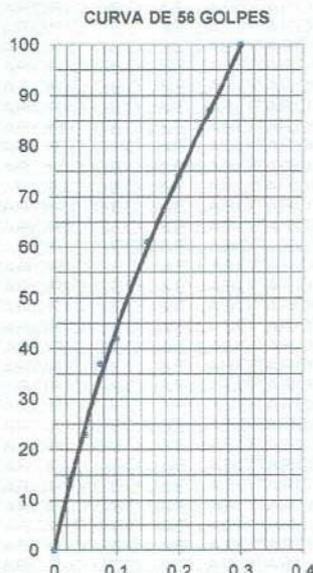
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

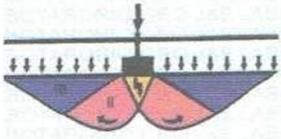
C.B.R 0.1"= 7.5%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.5%



Ing. Percy Tupac Buitrago  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
 DE SUELOS, FUNDACIONES Y CONCRETO ASISTENTE  
 CIP: 218720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 1%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°		1	2	3
Capa N°		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
		SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12997	11828	13009
Peso del molde	gr.	8499	7486	8744
Peso del suelo húmedo	gr.	4498	4342	4265
Volúmen del molde	cc.	2141.21	2123.06	2141.21
Densidad Humeda	gr./cc	2.1	2.05	1.99
Humedad	%	13.90	14.00	14.10
Densidad seca	gr./cc	1.84	1.80	1.74
Tarro N°		1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr.	64.07	59.69	79.02
Tarro suelo seco	gr.	58.24	54.36	71.38
Agua	gr.	5.83	5.33	7.64
Peso del Tarro	gr.	16.3	16.31	17.35
Peso del suelo seco	gr.	41.94	38.05	54.03
Humedad	%	13.9	14.0	14.1
Promedio de la humedad	%			

## ENSAYO EXPANSION

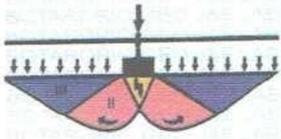
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	28	0.7112	0.562	36	0.9144	0.722	35	0.889	0.702
16-8-21	12.00	4	53	1.3462	1.063	64	1.6256	1.284	64	1.6256	1.284

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	3	64	21	0	34	11
1.00	1.300	0.50	11	144	48	9	124	41	4	74	25
1.30	1.900	0.075	17	204	68	14	174	58	9	124	41
2.00	2.500	0.100	22	255	85	18	214	71	14	174	58
3.00	3.800	0.150	32	355	118	27	305	102	21	245	82
4.00	5.000	0.200	40	435	145	34	375	125	27	305	102
5.00	6.000	0.250	47	505	168	41	445	148	32	355	118
6.00	7.500	0.300	54	576	192	48	515	172	36	395	132
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



Ing. Percy Zapana Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO RESISTIVO  
CIP. 218720

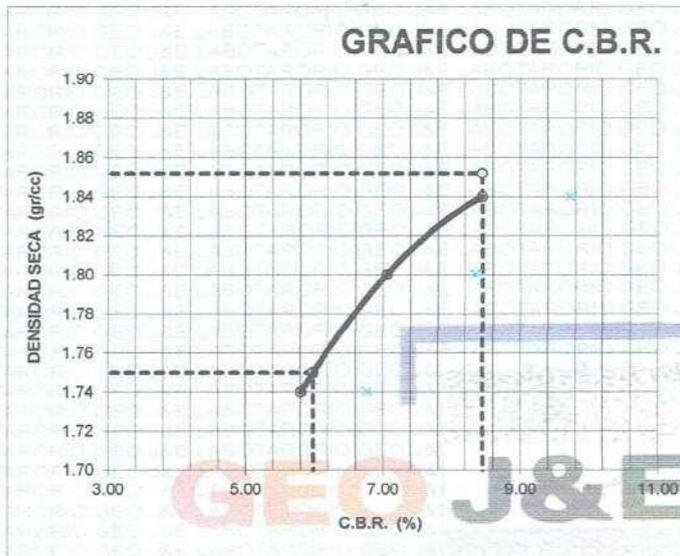


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 1%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 8.45%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.98%

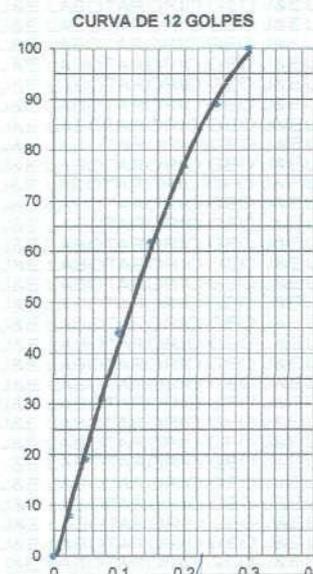
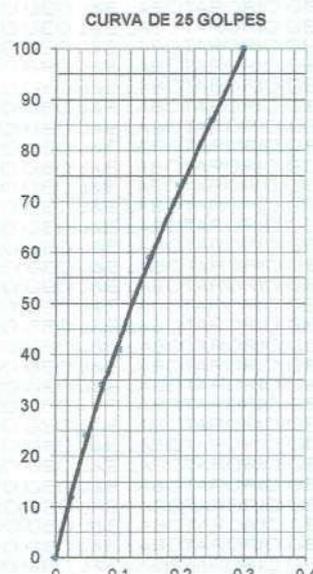
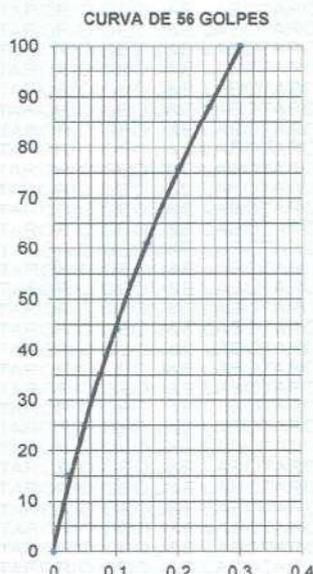
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

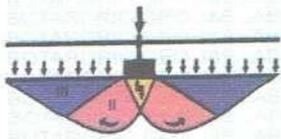
C.B.R 0.1"= 8.4%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.8%



*[Signature]*  
 The. Percy Tupa Kuro  
 [Stamp]



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 3%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12228	11592		11673	
Peso del molde	gr.	7811	7279		7641	
Peso del suelo húmedo	gr.	4417	4313		4032	
Volúmen del molde	cc.	2132.7	2189.48		2104.92	
Densidad Humeda	gr./cc	2.07	1.99		1.92	
Humedad	%	13.80	13.90		14.00	
Densidad seca	gr./cc	1.82	1.75		1.68	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	60.74	51.64		61.09	
Tarro suelo seco	gr.	55.77	47.37		55.61	
Agua	gr.	4.97	4.27		5.48	
Peso del Tarro	gr.	19.74	16.68		16.5	
Peso del suelo seco	gr.	36.03	30.69		39.11	
Humedad	%	13.8	13.9		14.0	
Promedio de la humedad	%					

## ENSAYO EXPANSION

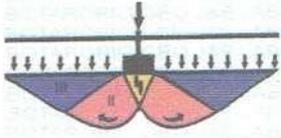
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	28	0.7112	0.562	36	0.9144	0.722	35	0.889	0.702
16-8-21	12.00	4	53	1.3462	1.063	64	1.6256	1.284	64	1.6256	1.284

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	3	64	21	0	34	11
1.00	1.300	0.50	12	154	51	8	114	38	5	84	28
1.30	1.900	0.075	18	214	71	13	164	55	9	124	41
2.00	2.500	0.100	24	275	92	18	214	71	14	174	58
3.00	3.800	0.150	32	355	118	26	295	98	21	245	82
4.00	5.000	0.200	41	445	148	34	375	125	27	305	102
5.00	6.000	0.250	48	515	172	43	465	155	33	365	122
6.00	7.500	0.300	56	596	199	50	535	178	38	415	138
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*Renzo Alex Zapana Bustincio*  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, FUNDACION Y CONTROL DE CALIDAD  
 C.R. 218720

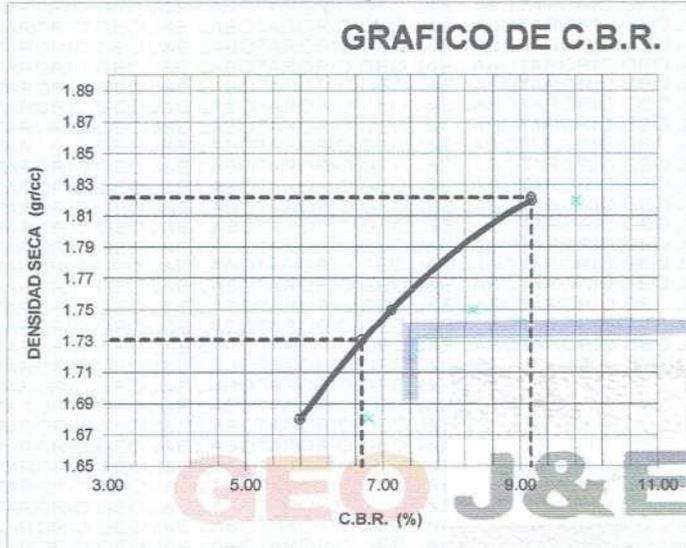


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 1 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 3%



PARAMETROS DE C.B.R.

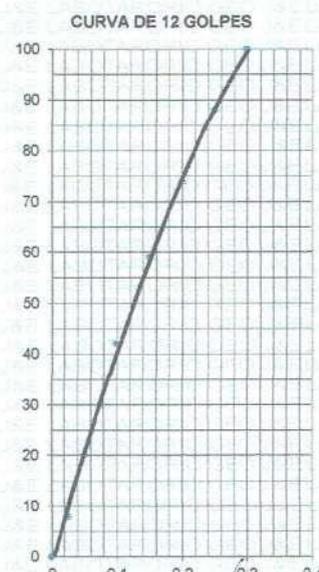
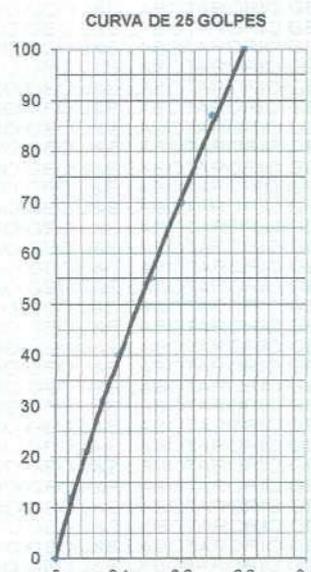
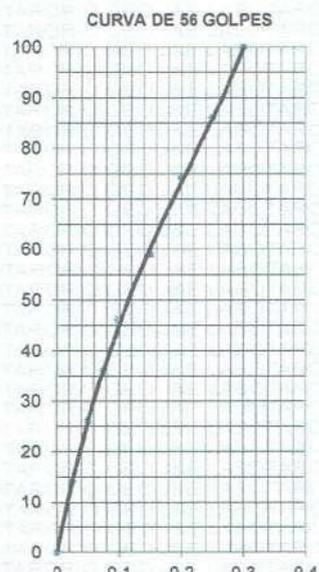
C.B.R.01" AL 100% = 9.15%

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 6.70%

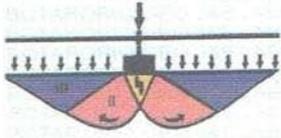
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 9.2%      C.B.R 0.1"= 6.6%      C.B.R 0.1"= 5.8%



*Percy Tupá Ruiz*  
 Ing. Percy Tupá Ruiz  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCONVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021

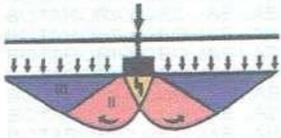
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 780 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000				100.00		Grava : 2.56 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 58.33 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Fino : 39.11 %
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		W natural : 16.45 %
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	20.00	2.56	2.56	97.44		LL. : 36.00 %
No.10	2.000	30.00	3.85	6.41	93.59		LP. : 20.65 %
No.20	0.840	56.30	7.22	13.63	86.37		IP. : 15.35 %
No.40	0.425	98.50	12.63	26.26	73.74		
No.100	0.150	120.45	15.44	41.70	58.30		CLASIFICACION
No.200	0.075	149.68	19.19	60.89	39.11		SUCS : SC
<No.200		305.07	39.11	100.0			AASHTO : A-6 (2)

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Ing. Percy Tupa Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA  
DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONTROL DE CALIDAD



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: *ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACIÓN	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: 14/08/2021

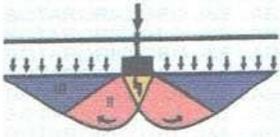
## DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°		1	2		
Tarro N°					
Peso del Tarro	gr	0.00			
Peso del tarro + Suelo Húmedo	gr	250.00			
Peso del tarro + Suelo Seco	gr	200.15			
Peso del Agua	gr	49.85			
Peso del suelo seco	gr	200.15			
Contenido de Humedad	%	24.91			
Promedio de Humedad	%	24.91			

OBSERVACIONES: Ensayo efectuado por la Norma de la ASTM USA 2216-84.



*Percy Tapu Ruiz*  
**Ing. Percy Tapu Ruiz**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



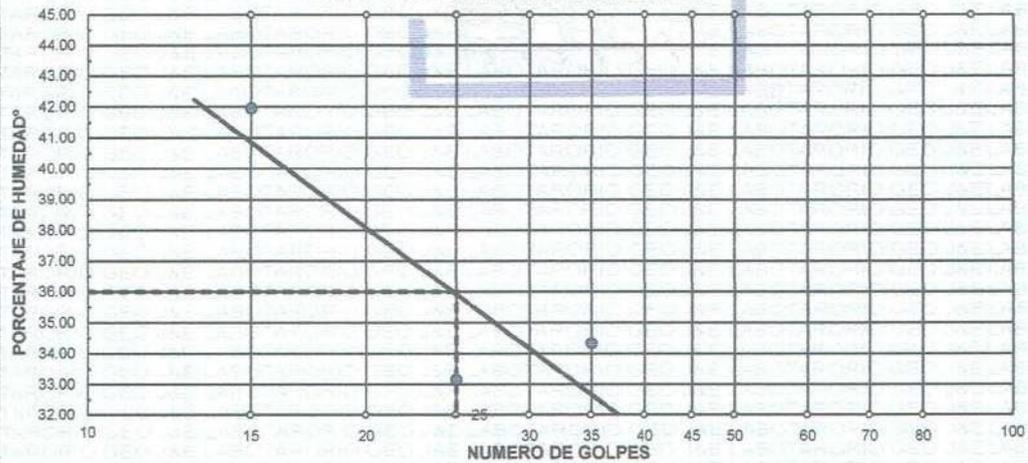
PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCONVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

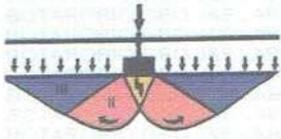
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No. DE GOLFES	25	30	7	9	
01. No. DE GOLFES	35	25	15			
02. TARRO No.	01	02	03	7	9	
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	30.10	29.89	31.03	7.90	7.89
04. SUELO SECO * TARRO	g	25.00	25.00	25.00	7.30	7.20
05. PESO DEL AGUA	g	5.10	4.89	6.03	0.60	0.69
06. PESO DEL TARRO	g	10.15	10.25	10.63	4.15	4.10
07. PESO DEL SUELO SECO	g	14.85	14.75	14.37	3.15	3.10
08. HUMEDAD	%	34.34	33.15	41.96	19.05	22.26

L.L.= 36.00 %      L.P.= 20.65 %      I.P.= 15.35 %

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO




  
 Ing. Percy Juan Ruiz
   
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*

**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

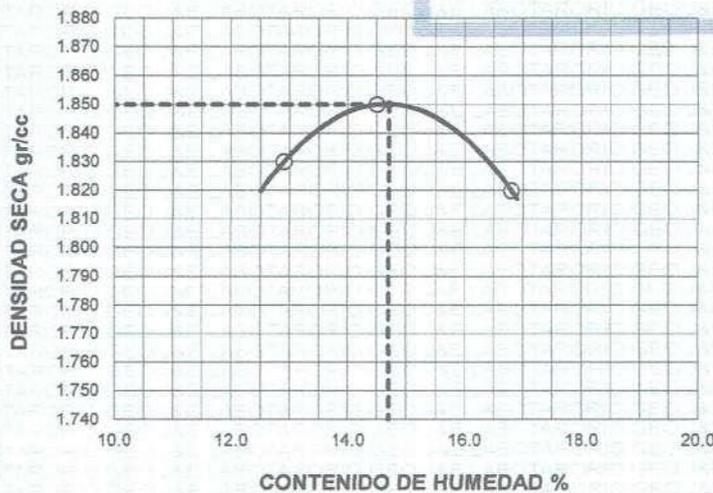
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	6,294	6,341	6,342		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,922	1,969	1,970		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	2.07	2.12	2.12		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	57.51	64.45	68.21		
SUELO SECO + RECIPIENTE	52.81	58.35	60.73		
PESO RECIPIENTE	16.28	16.27	16.17		
PESO DE AGUA	4.70	6.10	7.48		
PESO DE SUELO SECO	36.53	42.08	44.56		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.90	14.50	16.80		
DENSIDAD SECA	1.83	1.85	1.82		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

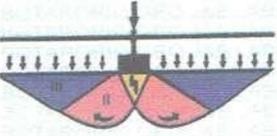


Max. densidad seca  
**1.850 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.70 %**



*Percy Tupa Ruiz*  
Ing. Percy Tupa Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO  
CIP 111111



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*

**UBICACIÓN** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

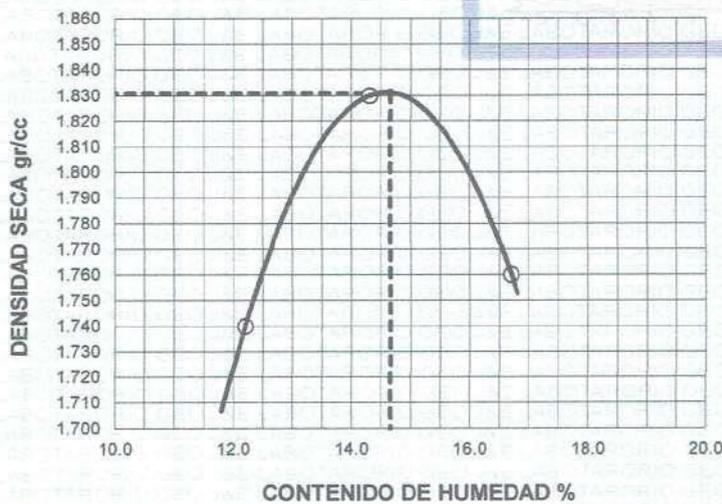
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 1%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	6,185	6,316	6,278		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,813	1,944	1,906		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.95	2.09	2.05		
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	52.85	66.61	57.18		
SUELO SECO + RECIPIENTE	48.90	61.85	51.49		
PESO RECIPIENTE	16.42	28.62	17.46		
PESO DE AGUA	3.95	4.76	5.69		
PESO DE SUELO SECO	32.48	33.23	34.03		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.20	14.30	16.70		
DENSIDAD SECA	1.74	1.83	1.76		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

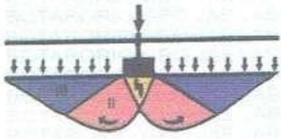


Max. densidad seca  
**1.831 gr/cm3**

Conten. humedad óptima  
**14.66 %**



*Ing. Percy Rupa*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONTROL DE CALIDAD  
CIP: 218720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"

**UBICACIÓN** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

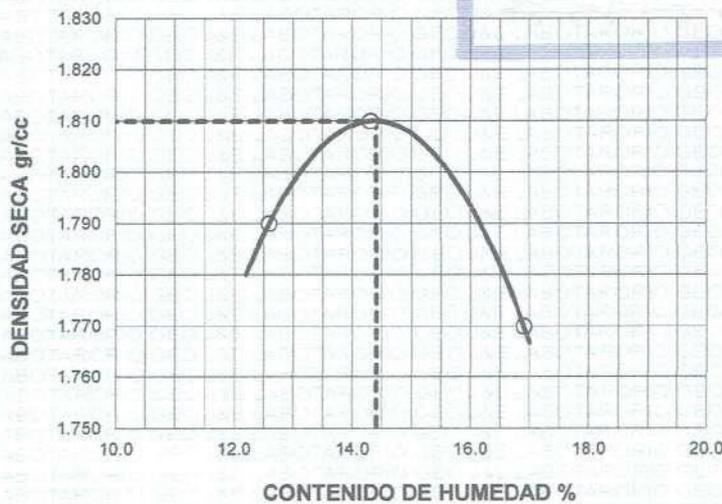
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 3%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	6,243	6,298	6,294		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,871	1,926	1,922		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	2.01	2.07	2.07		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	55.35	52.09	52.55		
SUELO SECO + RECIPIENTE	51.00	47.61	47.34		
PESO RECIPIENTE	16.60	16.32	16.52		
PESO DE AGUA	4.35	4.48	5.21		
PESO DE SUELO SECO	34.40	31.29	30.82		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.60	14.30	16.90		
DENSIDAD SECA	1.79	1.81	1.77		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

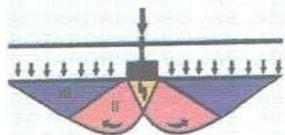


Max. densidad seca  
**1.810 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.40 %**



*Ing. Percy J. Zapana*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
DISEÑOS PAVIMENTO Y FUNDACIONES  
CIP 219720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021
		PORCENTAJE ANADIDO : 0%

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

	1		2		3	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12123	gr.	13172	gr.	11575
Peso del molde	gr.	7600	gr.	8744	gr.	7279
Peso del suelo húmedo	gr.	4523	gr.	4428	gr.	4296
Volúmen del molde	cc.	2123.06	cc.	2141.21	cc.	2169.48
Densidad Humeda	gr./cc	2.13	gr./cc	2.07	gr./cc	1.98
Humedad	%	14.70	%	14.70	%	14.70
Densidad seca	gr./cc	1.86	gr./cc	1.80	gr./cc	1.73
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	56.46	gr.	69.25	gr.	65.66
Tarro suelo seco	gr.	51.33	gr.	63.29	gr.	59.84
Agua	gr.	5.13	gr.	5.96	gr.	5.82
Peso del Tarro	gr.	16.4	gr.	22.8	gr.	20.37
Peso del suelo seco	gr.	34.93	gr.	40.49	gr.	39.47
Humedad	%	14.7	%	14.7	%	14.7
Promedio de la humedad	%		%		%	

## ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	35	0.889	0.702	33	0.8382	0.662	22	0.5588	0.441
16-8-21	12.00	4	69	1.7526	1.385	65	1.651	1.304	42	1.0668	0.843

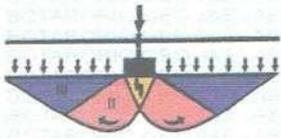
## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	4	74	25	3	64	21	2	54	18
1.00	1.300	0.50	9	124	41	7	104	35	4	74	25
1.30	1.900	0.075	14	174	58	11	144	48	8	114	38
2.00	2.500	0.100	19	225	75	15	184	61	11	144	48
3.00	3.800	0.150	26	295	98	22	255	85	17	204	68
4.00	5.000	0.200	33	365	122	28	315	105	23	265	88
5.00	6.000	0.250	38	415	138	34	375	125	27	305	102
6.00	7.500	0.300	43	465	155	39	425	142	30	335	112
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



Ing. Percy Yupa Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
REGISTRO PROFESIONAL EN INGENIERIA GEOTECNICA

CIP. 218720

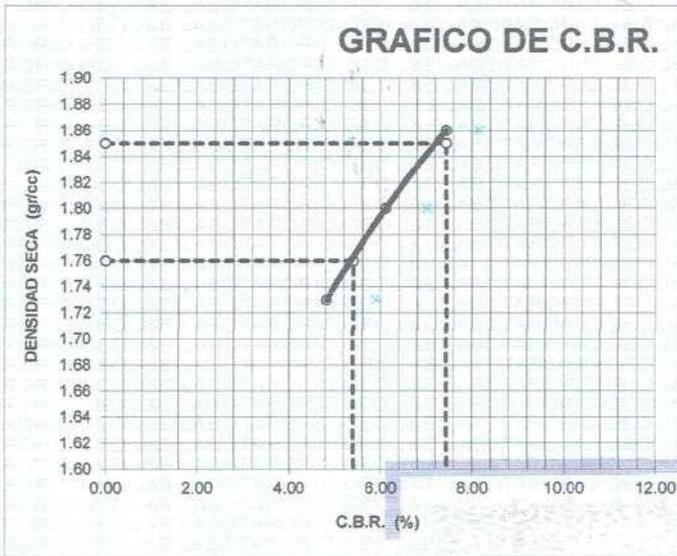


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustino
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021
PORCENTAJE ANADIDO	: 0%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 7.4%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.4%

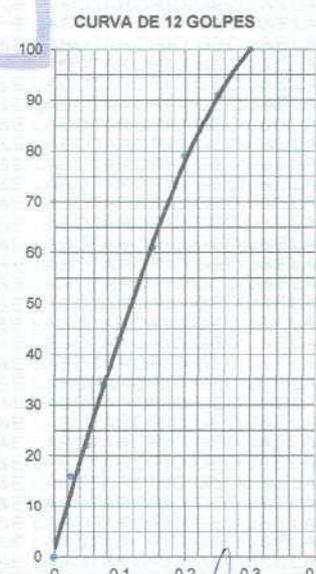
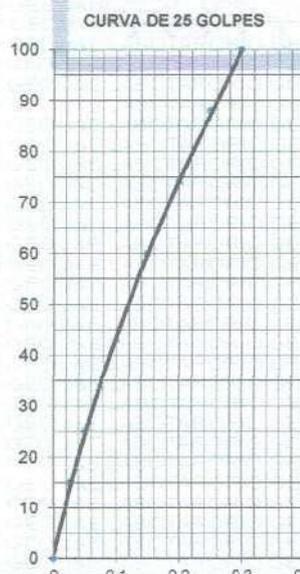
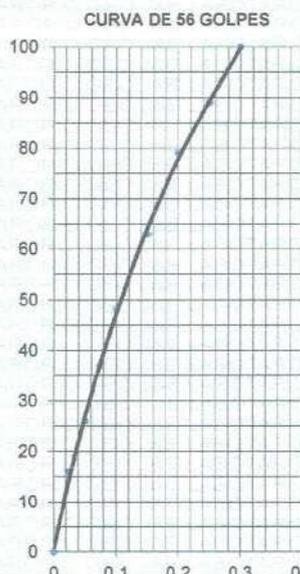
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

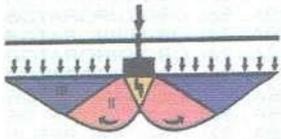
C.B.R. 0.1" = 7.4%

C.B.R. 0.1" = 6.6%

C.B.R. 0.1" = 4.8%



Ing. Percy Tupa RUI  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA  
 DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP 21117



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 1%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12902	11677		11740	
Peso del molde	gr.	8343	7349		7600	
Peso del suelo húmedo	gr.	4559	4328		4140	
Volúmen del molde	cc.	2169.48	2151.09		2123.06	
Densidad Humeda	gr./cc	2.1	2.01		1.95	
Humedad	%	14.70	14.70		14.70	
Densidad seca	gr./cc	1.83	1.75		1.70	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	56.46	69.25		65.66	
Tarro suelo seco	gr.	51.33	63.29		59.84	
Agua	gr.	5.13	5.96		5.82	
Peso del Tarro	gr.	16.4	22.8		20.37	
Peso del suelo seco	gr.	34.93	40.49		39.47	
Humedad	%	14.7	14.7		14.7	
Promedio de la humedad	%					

## ENSAYO EXPANSION

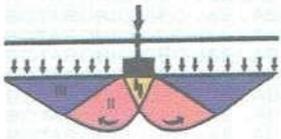
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	45	1.143	0.903	43	1.0922	0.863	34	0.8636	0.682
16-8-21	12.00	4	89	2.2606	1.786	84	2.1336	1.686	66	1.6764	1.324

## PENETRACION

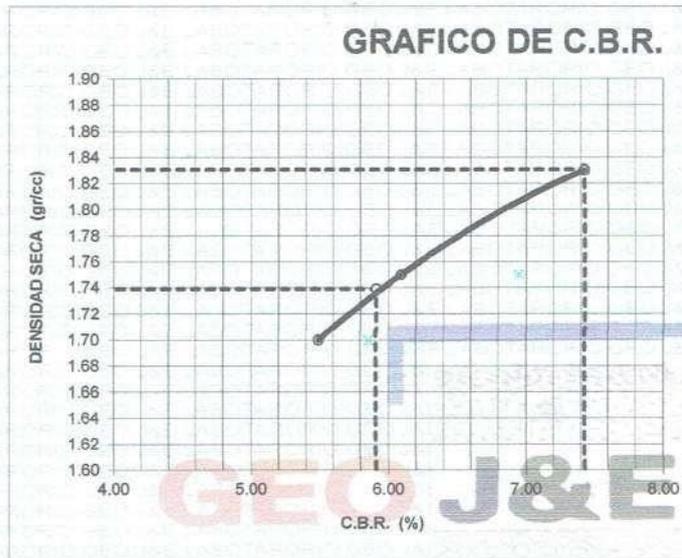
PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	4	74	25	3	64	21	1	44	15
1.00	1.300	0.50	10	134	45	7	104	35	5	84	28
1.30	1.900	0.075	15	184	61	11	144	48	9	124	41
2.00	2.500	0.100	19	225	75	15	184	61	13	164	55
3.00	3.800	0.150	26	295	98	22	255	85	18	214	71
4.00	5.000	0.200	33	365	122	28	315	105	23	265	88
5.00	6.000	0.250	40	435	145	34	375	125	28	315	105
6.00	7.500	0.300	46	495	165	40	435	145	33	365	122
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*[Signature]*  
**Ing. Percy Tupa B.**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO  
 DE SUELOS Y FUNDACIONES



PROYECTO	"ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUINVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"	
UBICACION	C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	Bach, Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	1.50m	
FECHA	sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 1%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 7.43%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.91%

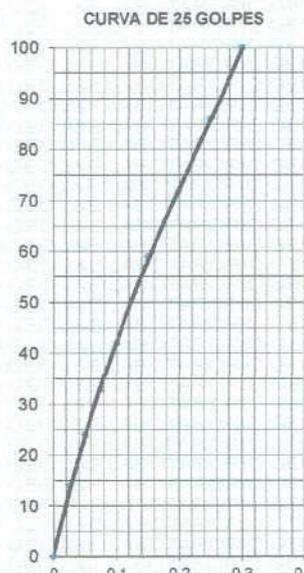
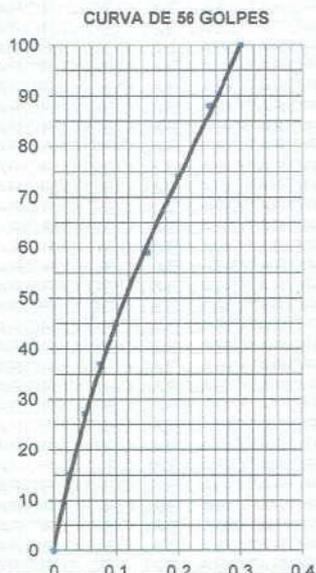
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

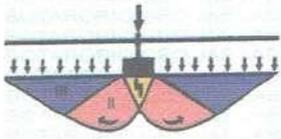
C.B.R 0.1"= 7.4%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.5%



*Percy Tupa Ruiz*  
 Ing. Percy Tupa Ruiz  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 GEO J&E



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 3%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°		1	2	3
Capa N°		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12007	11587	12631
Peso del molde	gr.	7641	7279	8499
Peso del suelo húmedo	gr.	4366	4308	4132
Volúmen del molde	cc.	2104.92	2169.48	2141.21
Densidad Humeda	gr./cc	2.07	1.99	1.93
Humedad	%	14.60	14.60	14.50
Densidad seca	gr./cc	1.81	1.74	1.69
Tarro N°		1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr.	64	55.71	56.63
Tarro suelo seco	gr.	57.94	50.71	50.8
Agua	gr.	6.06	5	4.83
Peso del Tarro	gr.	16.41	16.36	17.43
Peso del suelo seco	gr.	41.53	34.35	33.37
Humedad	%	14.6	14.6	14.5
Promedio de la humedad	%			

## ENSAYO EXPANSION

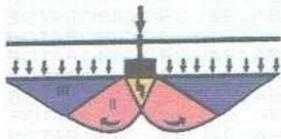
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	64	1.6256	1.284	57	1.4478	1.144	62	1.5748	1.244
16-8-21	12.00	4	96	2.4384	1.926	86	2.1844	1.726	98	2.4892	1.966

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	6	94	31	5	84	28	4	74	25
1.00	1.300	0.50	11	144	48	9	124	41	7	104	35
1.30	1.900	0.075	15	184	61	13	164	55	10	134	45
2.00	2.500	0.100	21	245	82	16	194	65	13	164	55
3.00	3.800	0.150	28	315	105	23	265	88	19	225	75
4.00	5.000	0.200	34	375	125	29	325	108	23	265	88
5.00	6.000	0.250	40	435	145	35	385	128	30	335	112
6.00	7.500	0.300	45	485	162	39	425	142	38	415	138
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*Ingeniero Percy Tupa Ruiz*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS PUNO

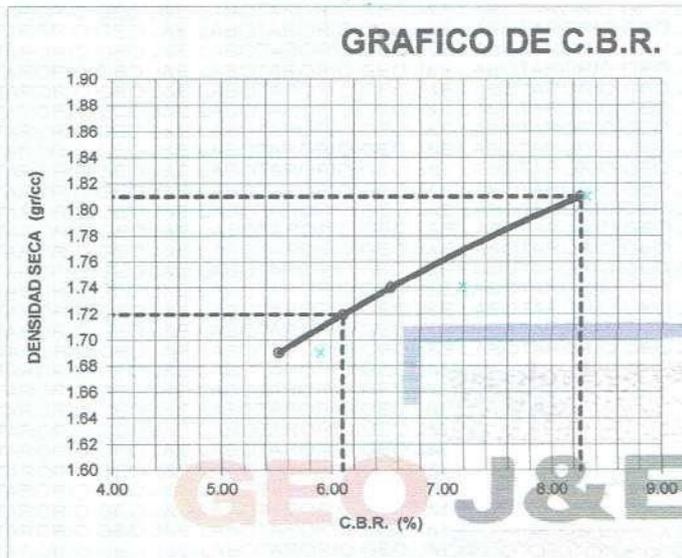


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 2 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE ANADIDO : 3%



#### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = **8.26%**  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = **6.10%**

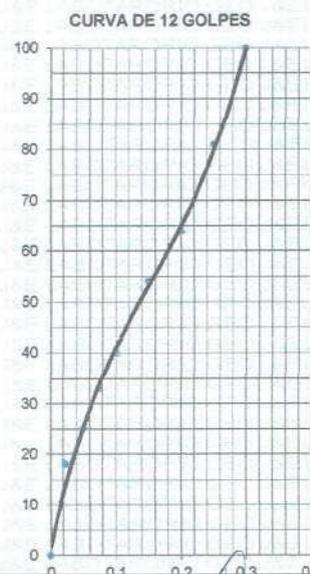
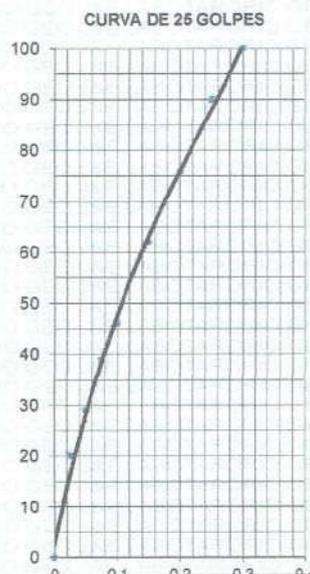
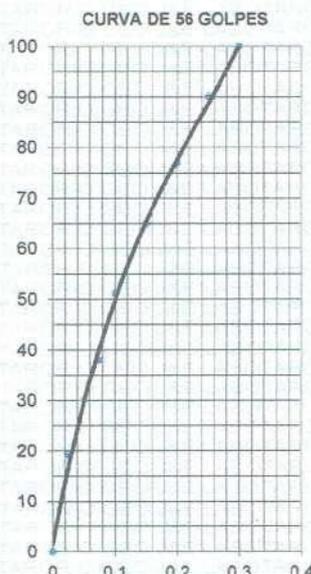
#### LEYENDA

— CURVA A 0.1"

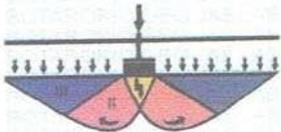
C.B.R 0.1"= 8.3%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.5%



*Percy Tupa*  
 Ing. Percy Tupa  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
 DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO  
 CIP. 218720



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021

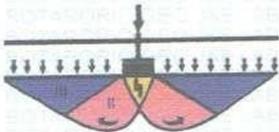
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 820 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000				100.00		Grava : 3.05 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 54.07 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Fino : 42.88 %
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		W natural : 16.45 %
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	25.00	3.05	3.05	96.95		L.L. : 34.90 %
No.10	2.000	32.00	3.90	6.95	93.05		L.P. : 26.87 %
No.20	0.840	57.40	7.00	13.95	86.05		I.P. : 8.03 %
No.40	0.425	101.30	12.35	26.30	73.70		
No.100	0.150	110.20	13.44	39.74	60.26		CLASIFICACION
No.200	0.075	142.50	17.38	57.12	42.88		SUCS : SM
<No.200		351.60	42.88	100.0			AASHTO : A-4 ( 2 )

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



  
 Ing. Percy Tupá Ruiz  
 INGENIERO EN LA ESPECIALIDAD DE MECANICA DE SUELOS Y FUNDACIONES  
 INGENIERO EN LA ESPECIALIDAD DE CONTROL DE CALIDAD



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



<b>PROYECTO</b>	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"
<b>UBICACIÓN</b>	: C.P. SANTA MARIA
<b>SOLICITA</b>	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
<b>MUESTRA</b>	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
<b>PROFUND.</b>	: 1.50m
<b>FECHA</b>	: 14/08/2021

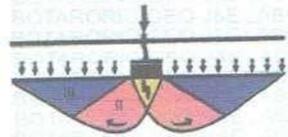
## DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra N°		1	2		
<b>Tarro N°</b>					
<b>Peso del Tarro</b>	gr	0.00			
<b>Peso del tarro + Suelo Húmedo</b>	gr	260.00			
<b>Peso del tarro + Suelo Seco</b>	gr	210.60			
<b>Peso del Agua</b>	gr	49.40			
<b>Peso del suelo seco</b>	gr	210.60			
<b>Contenido de Humedad</b>	%	23.46			
<b>Promedio de Humedad</b>	%	23.46			

OBSERVACIONES: Ensayo efectuado por la Norma de la ASTM USA 2216-84.



*[Signature]*  
**Ing. Percy Tupa Díaz**  
 INGENIERO EN GEOTECNIA  
 DE SUELOS FUNDACIONES Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIP. 218720



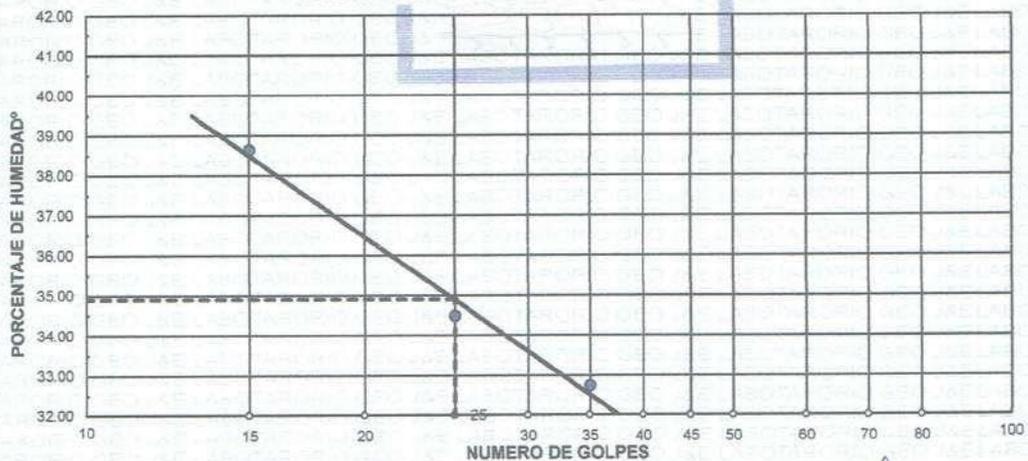
**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*  
**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA  
**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio  
**MUESTRA** : CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION  
**PROFUND.** : 1.50m  
**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021

## LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

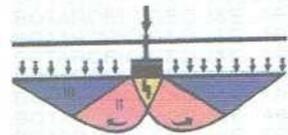
DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 7	No. 9	No. 15
01. No.DE GOLPES	35	25	15			
02. TARRO No.	01	02	03	7	9	
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g 32.12	28.15	33.05	7.95	7.91	
04. SUELO SECO * TARRO	g 26.70	23.56	26.80	7.10	7.15	
05. PESO DEL AGUA	g 5.42	4.59	6.25	0.85	0.76	
06. PESO DEL TARRO	g 10.15	10.25	10.63	4.15	4.10	
07. PESO DEL SUELO SECO	g 16.55	13.31	16.17	2.95	3.05	
08. HUMEDAD	% 32.75	34.49	38.65	28.81	24.92	

**L.L.= 34.90 %      L.P.= 26.87 %      I.P.= 8.03 %**

## GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



*Percy Tupo K.*  
**Ing. Percy Tupo K.**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONTROL DE CALIDAD  
 CIR. 210720



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*

**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

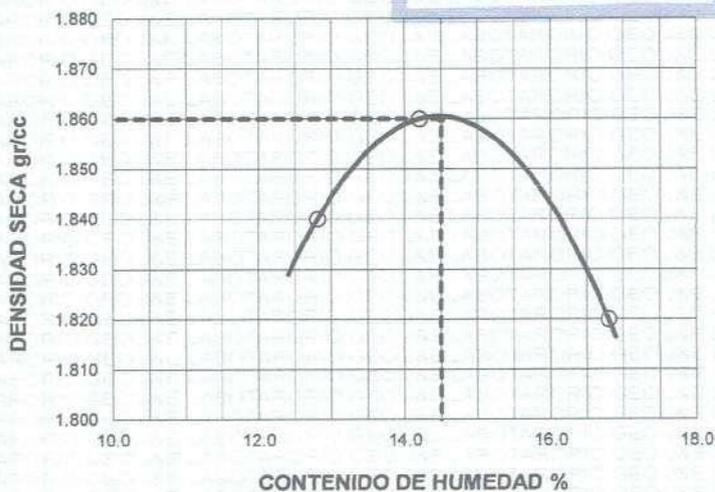
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 0%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	6,294	6,341	6,342		
PESO MOLDE	4,372	4,372	4,372		
PESO SUELO COMPACTADO	1,922	1,969	1,970		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	2.07	2.12	2.12		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	57.51	64.45	68.21		
SUELO SECO + RECIPIENTE	52.81	58.41	60.73		
PESO RECIPIENTE	16.20	16.01	16.17		
PESO DE AGUA	4.70	6.04	7.48		
PESO DE SUELO SECO	36.61	42.40	44.56		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.80	14.20	16.80		
DENSIDAD SECA	1.84	1.86	1.82		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

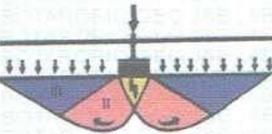


Max. densidad seca  
**1.860 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.50 %**



*Percy Tupá Ruiz*  
Ing. Percy Tupá Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
DE SUELOS TAYACAMA



**PROYECTO** : \*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO\*

**UBICACIÓN** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

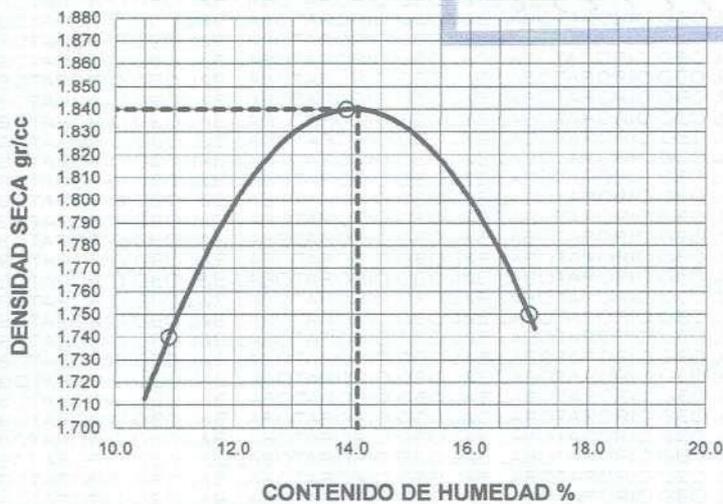
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 1%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	5,697	5,854	5,801		
PESO MOLDE	3,899	3,899	3,899		
PESO SUELO COMPACTADO	1,798	1,955	1,902		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.93	2.10	2.05		
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	66.81	50.71	56.86		
SUELO SECO + RECIPIENTE	62.30	46.50	51.00		
PESO RECIPIENTE	20.82	16.25	16.45		
PESO DE AGUA	4.51	4.21	5.86		
PESO DE SUELO SECO	41.48	30.25	34.55		
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.90	13.90	17.00		
DENSIDAD SECA	1.74	1.84	1.75		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

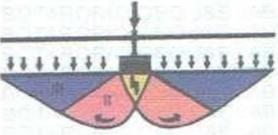


Max. densidad seca  
**1.840 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.10 %**



*Ing. Percy Tupa Ruiz*  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS PAVIMENTO Y CONCRETO ASFALTICO  
CIP. 218720



**PROYECTO** : ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO'

**UBICACION** : C.P. SANTA MARIA

**SOLICITA** : Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio

**MUESTRA** : CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION

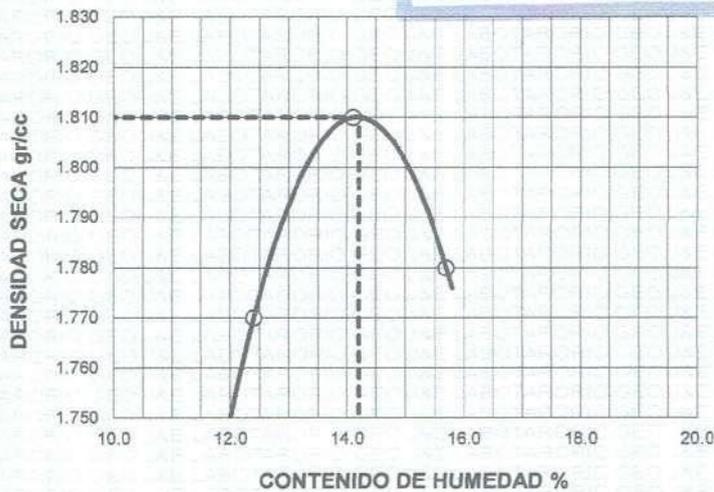
**PROFUND.** : 1.50m

**FECHA** : sábado, 14 de Agosto de 2021 **PORCENTAJE AÑADIDO** : 3%

## PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
<b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>					
PESO MOLDE+SUELO	5,746	5,817	5,809		
PESO MOLDE	3,899	3,899	3,899		
PESO SUELO COMPACTADO	1,847	1,918	1,910		
VOLUMEN DEL MOLDE	929	929	929		
DENSIDAD HUMEDA	1.99	2.06	2.06		
<b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	55.97	74.85	59.43		
SUELO SECO + RECIPIENTE	51.62	69.11	53.60		
PESO RECIPIENTE	16.43	28.35	16.39		
PESO DE AGUA	4.35	5.74	5.83		
PESO DE SUELO SECO	35.19	40.76	37.21		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.40	14.10	15.70		
DENSIDAD SECA	1.77	1.81	1.78		

### GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO

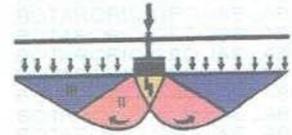


Max. densidad seca  
**1.810 gr/cm<sup>3</sup>**

Conten. humedad óptima  
**14.20 %**



*Perce Tupa Ruiz*  
Ing. Percy Tupa Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021
		PORCENTAJE AÑADIDO : 0%

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°		1	2	3
Capa N°		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
		SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12105	11713	11679
Peso del molde	gr.	7600	7279	7486
Peso del suelo húmedo	gr.	4505	4434	4193
Volúmen del molde	cc.	2123.06	2169.48	2123.06
Densidad Humeda	gr./cc	2.12	2.04	1.97
Humedad	%	14.50	14.50	14.50
Densidad seca	gr./cc	1.85	1.78	1.72
Tarro N°		1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr.	67.6	55.02	57.7
Tarro suelo seco	gr.	61.64	50.125	52.42
Agua	gr.	5.96	4.895	5.28
Peso del Tarro	gr.	20.54	16.4	16.03
Peso del suelo seco	gr.	41.1	33.725	36.39
Humedad	%	14.5	14.5	14.5
Promedio de la humedad	%			

## ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	3	0.0762	0.060	18	0.4572	0.361	22	0.5588	0.441
16-8-21	12.00	4	4	0.1016	0.080	19	0.4826	0.381	42	1.0668	0.843

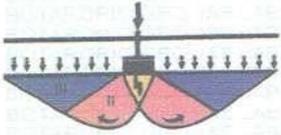
## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	4	74	25	4	74	25	2	54	18
1.00	1.300	0.50	9	124	41	8	114	38	5	84	28
1.30	1.900	0.075	15	184	61	12	154	51	8	114	38
2.00	2.500	0.100	20	235	78	16	194	65	10	134	45
3.00	3.800	0.150	29	325	108	26	295	98	13	164	55
4.00	5.000	0.200	38	415	138	33	365	122	16	194	65
5.00	6.000	0.250	45	485	162	40	435	145	18	214	71
6.00	7.500	0.300	52	556	185	45	485	162	21	245	82
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

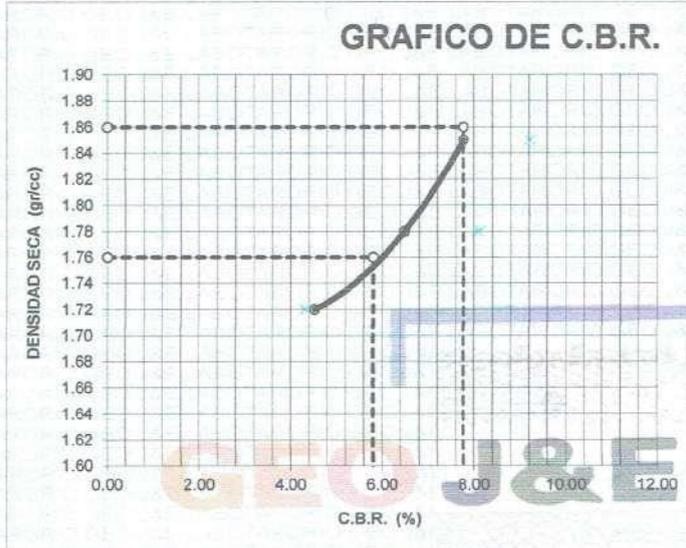


*Percy Tupá Ruiz*  
Ing. Percy Tupá Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO (GEO J&E)

SEP-21-20



PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO		
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA		
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio		
MUESTRA	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION		
PROFUND.	: 1.50m		
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE AÑADIDO :	0%



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 7.8%

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.8%

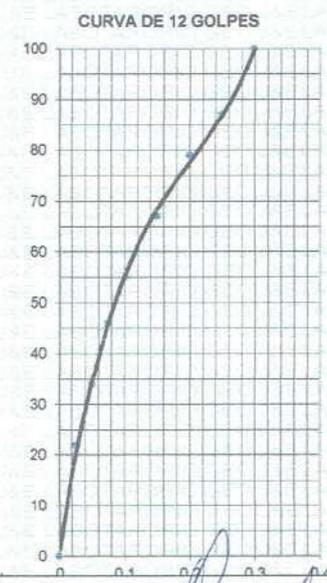
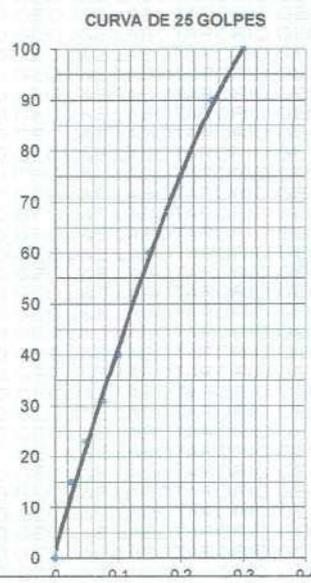
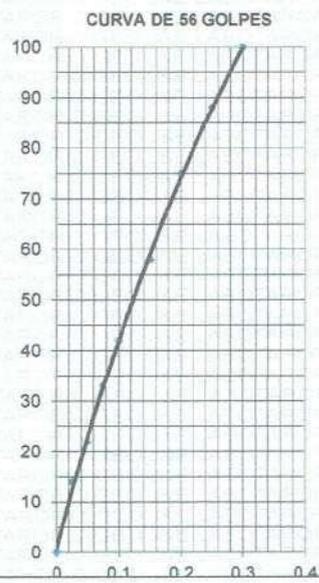
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

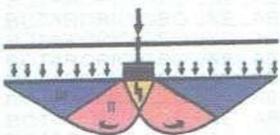
C.B.R 0.1"= 7.8%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 4.5%



*[Signature]*  
 Ing. Percy Zapana Ruiz



# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021
		PORCENTAJE AÑADIDO : 1%

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) ( ASTM D-1883 )

Molde N°		1	2	3
Capa N°		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
				SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	11752	11761	12625
Peso del molde	gr.	7179	7486	8499
Peso del suelo húmedo	gr.	4573	4275	4126
Volúmen del molde	cc.	2169.48	2123.06	2141.21
Densidad Humeda	gr./cc	2.11	2.01	1.93
Humedad	%	14.40	14.50	14.60
Densidad seca	gr./cc	1.84	1.76	1.68
Tarro N°		1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr.	62.56	62.46	73.55
Tarro suelo seco	gr.	56.73	56.92	67.01
Agua	gr.	5.83	5.54	6.54
Peso del Tarro	gr.	16.23	18.65	22.2
Peso del suelo seco	gr.	40.5	38.27	44.81
Humedad	%	14.4	14.5	14.6
Promedio de la humedad	%			

## ENSAYO EXPANSION

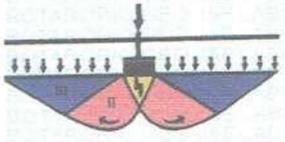
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	2	95	2.413	1.906	63	1.6002	1.264	40	1.016	0.803
16-8-21	12.00	4	65	1.651	1.304	82	2.0828	1.645	58	1.4732	1.164

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	4	74	25	2	54	18
1.00	1.300	0.50	11	144	48	9	124	41	6	94	31
1.30	1.900	0.075	16	194	65	13	164	55	9	124	41
2.00	2.500	0.100	21	245	82	16	194	65	11	144	48
3.00	3.800	0.150	30	335	112	25	285	95	15	184	61
4.00	5.000	0.200	38	415	138	33	365	122	17	204	68
5.00	6.000	0.250	46	495	165	41	445	148	19	225	75
6.00	7.500	0.300	52	556	185	47	505	168	22	255	85
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

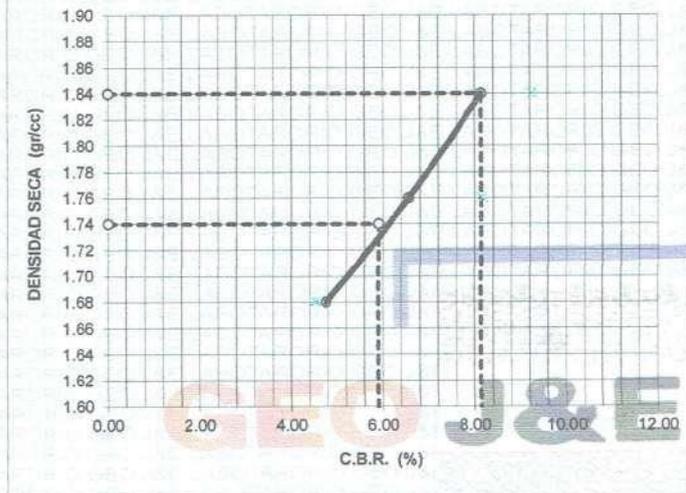


Ing. Percy Tupa Ruiz  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO"	
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA	
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio	
MUESTRA	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION	
PROFUND.	: 1.50m	
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021	PORCENTAJE AÑADIDO : 1%

### GRAFICO DE C.B.R.



### PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 8.1%  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 5.9%

### LEYENDA

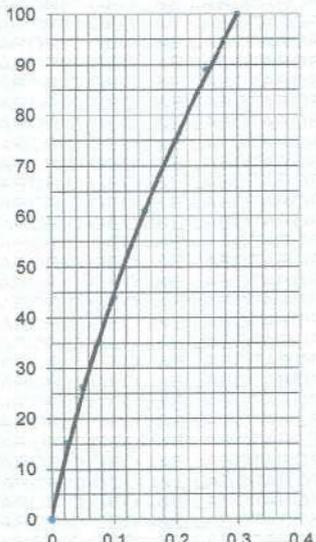
— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 8.1%

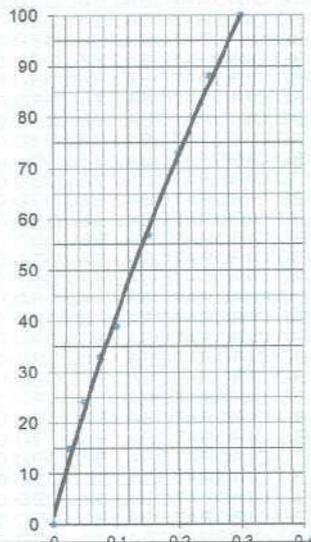
C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 4.8%

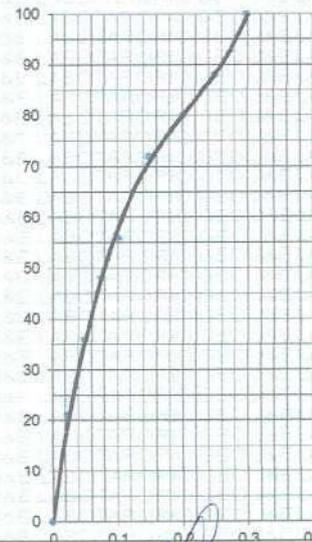
CURVA DE 56 GOLPES



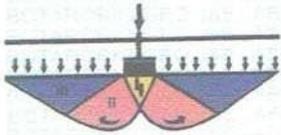
CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



*Percy Tupá Ruiz*  
 Ing. Percy Tupá Ruiz  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTO Y CONCRETO-GEOTECNIA  
 CIP. 218720



PROYECTO	:	*ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO*
UBICACION	:	C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	:	Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	:	CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	:	1.50m
FECHA	:	sábado, 14 de Agosto de 2021 <span style="float: right;">PORCENTAJE AÑADIDO : 3%</span>

## VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°		1	2	3
Capa N°		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
		SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	11995	12007	12742
Peso del molde	gr.	7641	7811	8744
Peso del suelo húmedo	gr.	4354	4196	3998
Volúmen del molde	cc.	2104.92	2132.7	2141.21
Densidad Humeda	gr./cc	2.07	1.97	1.87
Humedad	%	14.30	14.40	14.50
Densidad seca	gr./cc	1.81	1.72	1.63
Tarro N°		1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr.	60.64	59.63	65.17
Tarro suelo seco	gr.	55.13	54.27	59.44
Agua	gr.	5.51	5.36	5.73
Peso del Tarro	gr.	16.53	16.96	19.9
Peso del suelo seco	gr.	38.6	37.31	39.54
Humedad	%	14.3	14.4	14.5
Promedio de la humedad	%			

## ENSAYO EXPANSION

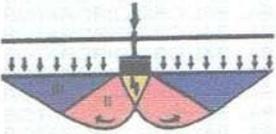
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14-8-21	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-8-21	12.00	51	95	2.413	1.906	77	1.9558	1.545	76	1.9304	1.525
16-8-21	12.00	72	65	1.651	1.304	65	1.651	1.304	103	2.6162	2.067

## PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg <sup>2</sup>
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	84	28	4	74	25	2	54	18
1.00	1.300	0.50	12	154	51	9	124	41	6	94	31
1.30	1.900	0.075	17	204	68	13	164	55	9	124	41
2.00	2.500	0.100	22	255	85	16	194	65	12	154	51
3.00	3.800	0.150	30	335	112	26	295	98	15	184	61
4.00	5.000	0.200	39	425	142	33	365	122	18	214	71
5.00	6.000	0.250	45	485	162	40	435	145	21	245	82
6.00	7.500	0.300	51	546	182	45	485	162	23	265	88
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



*Percy Zapana*  
Ing. Percy Zapana Rúa  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
SUELOS, PAVIMENTO

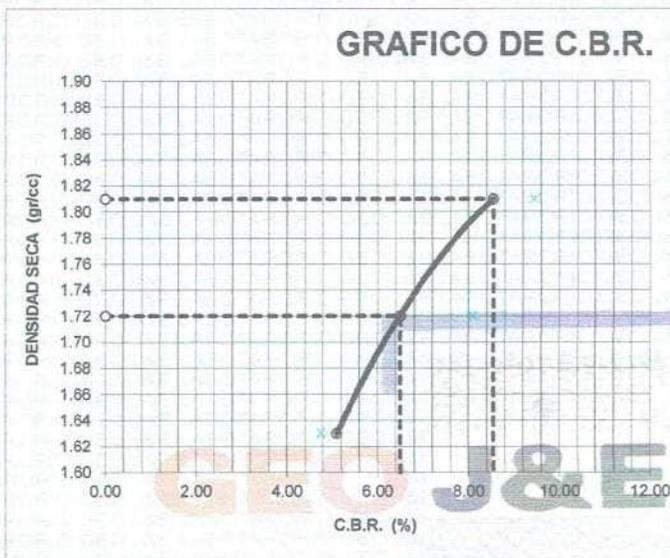


# LABORATORIO GEO J&E

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD



PROYECTO	: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMEROS RECICLADOS A NIVEL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA QUE UNE EL C.P. DE SANTA MARIA CON LA AV. CIRCUNVALACION DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL - SAN ROMAN- PUNO
UBICACION	: C.P. SANTA MARIA
SOLICITA	: Bach. Renzo Alex Zapana Bustincio
MUESTRA	: CALICATA 3 ESTRATO 2 TERRENO DE FUNDACION
PROFUND.	: 1.50m
FECHA	: sábado, 14 de Agosto de 2021



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = **8.6%**  
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = **6.5%**

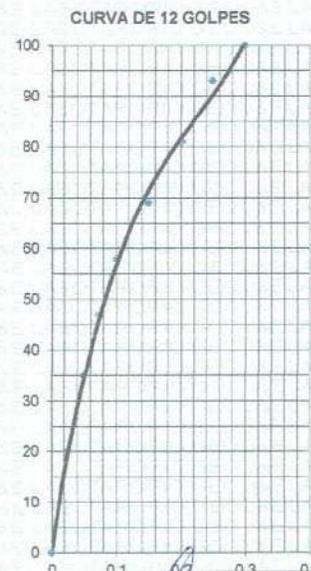
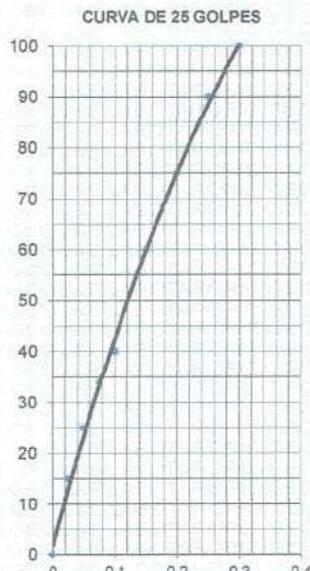
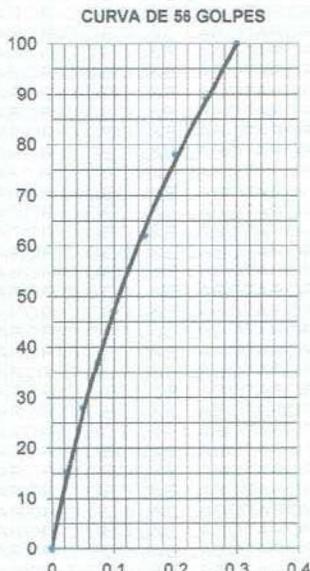
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 8.6%

C.B.R 0.1"= 6.6%

C.B.R 0.1"= 5.1%



*[Signature]*  
 Ing. Percy Tupá Ruiz  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE  
 SUELOS, PAVIMENTO Y  
 CIP