



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Aplicación del caucho granulado reciclado para el mejoramiento
de la subrasante en la Avenida el Sol, San Joaquín, Ica 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Junes Del Pozo, Luz Lorena (Código ORCID: 0000-0003-4536-5719)

ASESOR:

Mg. Díaz Huiza, Luis Humberto (Código ORCID: 0000-0002-4626-6264)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

Lima-Perú

2021

DEDICATORIA

Va dedicado a mis padres que gracias a su apoyo incondicional he podido superar cada desafío y cumplir con los objetivos que me he propuesto.

A mis abuelos, que dios lo tienen en su gloria, por el amor que me dieron y las buenas enseñanzas que me brindaron.

Y por último a mi padrino que es mi ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia que me acompañó en los momentos difíciles como de alegría.

Agradezco a Dios por guiar y acompañar mis pasos.

Agradezco a mi asesor que me brindó sus conocimientos para desarrollar la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de gráficos.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	13
III. METODOLOGÍA.....	34
3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	34
3.2. Variables y operacionalización.....	34
3.3. Población, muestra y muestreo.....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.5. Procedimientos.....	37
3.6. Método de análisis de datos.....	38
3.7. Aspectos éticos.....	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIÓN.....	86
VI. CONCLUSIONES.....	90
VII. RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS.....	93
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Serie de tamices.....	21
Tabla 2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....	23
Tabla 3. Clasificación de suelos método AASHTO.....	24
Tabla 4. Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.....	27
Tabla 5. Categorías de subrasante según el valor de CBR.....	32
Tabla 6. Operacionalización de variables.....	35
Tabla 7. Resultados del ensayo Atterberg, Calicata 1.....	40
Tabla 8. Resultados del ensayo Atterberg, Calicata 2.....	40
Tabla 9. Granulometría de las partículas del suelo, calicata 1.....	41
Tabla 10. Granulometría de las partículas del suelo, calicata 2.....	43
Tabla 11. Resultados de la compactación de especímenes, calicata 1.....	45
Tabla 12. Resultados de la compactación de especímenes + 8% caucho granulado, calicata 1.....	46
Tabla 13. Resultados de la compactación de especímenes + 12% caucho granulado, calicata 1.....	48
Tabla 14. Resultados de la compactación de especímenes + 16% caucho granulado, calicata 1.....	49
Tabla 15. Resultados de la compactación Proctor Modificado + Dosificaciones, calicata 1.....	51
Tabla 16. Resultados de la compactación de especímenes, calicata 2.....	53
Tabla 17. Resultados de la compactación de especímenes + 8% caucho granulado, calicata 2.....	54
Tabla 18. Resultados de la compactación de especímenes + 12% caucho granulado, calicata 2.....	56
Tabla 19. Resultados de la compactación de especímenes + 16% caucho granulado, calicata 2.....	57
Tabla 20. Resultados de la compactación Proctor Modificado + Dosificaciones, calicata 2.....	59
Tabla 21. Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa del suelo natural, calicata 1.....	61
Tabla 22. Penetración de especímenes de suelo natural, calicata 1.....	62

Tabla 23. Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 1.....	63
Tabla 24. Penetración de especímenes con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 1.....	64
Tabla 25. Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 1.....	65
Tabla 26. Penetración de especímenes con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 1.....	66
Tabla 27. Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 1.....	67
Tabla 28. Penetración de especímenes con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 1.....	68
Tabla 29. Resultados del ensayo CBR y dosificación del caucho, calicata 1.....	69
Tabla 30. Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa del suelo natural, calicata 2.....	72
Tabla 31. Penetración de especímenes del suelo natural, calicata 2.....	73
Tabla 32. Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 2.....	74
Tabla 33. Penetración de especímenes con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 2.....	75
Tabla 34. Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 2.....	76
Tabla 35. Penetración de especímenes con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 2.....	77
Tabla 36. Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 2.....	77
Tabla 37. Penetración de especímenes con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 2.....	78
Tabla 38. Resultados del ensayo CBR y dosificación del caucho, calicata 2.....	80
Tabla 39. Comparación de los resultados del ensayo proctor modificado en calicata 1 y 2.....	84
Tabla 40. Comparación de los resultados del ensayo CBR en calicata 1 y 2.....	84
Tabla 41. Matriz de consistencia.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Situación actual de la zona (Avenida El Sol).....	1
Figura 2. Figura 2. zona del proyecto en el AA.HH. Keiko Sofía.....	2
Figura 3. Caucho granulado.....	3
Figura 4. Ensayo de análisis granulométrico.....	20
Figura 5. Curva Granulométrica.....	21
Figura 6. Esquema de la cuchara casagrande.....	25
Figura 7. Ensayo de campo para determinar la plasticidad del suelo mojado.....	26
Figura 8. Método Aplicado de Compactación en el Laboratorio para el ensayo de proctor.....	27
Figura 9. Comparación de los métodos para el ensayo de proctor.....	29
Figura 10. Molde de CBR y accesorios.....	30
Figura 11. Ubicación de las calicatas.....	39
Figura 12. Curva granulométrica, calicata 1.....	42
Figura 13. Curva granulométrica, calicata 2.....	44
Figura 14. Curva de compactación Proctor modificado, calicata 1.....	45
Figura 15. Curva de compactación Proctor modificado + 8% caucho granulado, calicata 1.....	47
Figura 16. Curva de compactación Proctor modificado + 12% caucho granulado, calicata 1.....	48
Figura 17. Curva de compactación Proctor modificado + 16% caucho granulado, calicata 1.....	50
Figura 18. Curva de compactación Proctor modificado, calicata 2.....	53
Figura 19. Curva de compactación Proctor modificado + 8% caucho granulado, calicata 2.....	55
Figura 20. Curva de compactación Proctor modificado + 12% caucho granulado, calicata 2.....	56
Figura 21. Curva de compactación Proctor modificado + 16% caucho granulado, calicata 2.....	58
Figura 22. Plano de ubicación de la Av. El Sol.....	100
Figura 23. Excavación de calicata 1.....	101
Figura 24. Excavación de calicata 2.....	101
Figura 25. Muestreo de calicata 1.....	101

Figura 26. Muestreo de calicata 2.....	101
Figura 27. Análisis de granulometría de la calicata 1.....	102
Figura 28. Análisis de granulometría de la calicata 2.....	102
Figura 29. Ensayo de Límite Líquido.....	102
Figura 30. Ensayo de límite plástico.....	102
Figura 31. Contenido de humedad.....	103
Figura 32. Peso seco del muestreo.....	103
Figura 33. Homogenización del suelo.....	103
Figura 34. Compactación en 5 capas con agua.....	103
Figura 35. Homogenización de suelo + caucho.....	104
Figura 36. Molde compactado y enrasado.....	104
Figura 37. Compactación molde de 6” para el ensayo de CBR.....	104
Figura 38. Penetración ensayo de CBR.....	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variación de la densidad máxima seca respecto a sus dosificaciones, calicata 1.....	51
Gráfico 2. Variación del óptimo contenido de humedad respecto a sus dosificaciones, calicata 1.....	52
Gráfico 3. Variación de la densidad máxima seca respecto a sus dosificaciones, calicata 2.....	59
Gráfico 4. Variación del óptimo contenido de humedad respecto a sus dosificaciones, calicata 2.....	60
Gráfico 5. Gráfico de CBR en suelo natural, calicata 1.....	62
Gráfico 6. Gráfico de CBR con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 1...64	
Gráfico 7. Gráfico de CBR con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 1.....	66
Gráfico 8. Gráfico de CBR con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 1.....	68
Gráfico 9. Comparación Resultados del ensayo CBR al 100%, calicata 1.....	69
Gráfico 10. Comparación Resultados del ensayo CBR al 95%, calicata 1.....	71
Gráfico 11. Gráfico de CBR en suelo natural, calicata 2.....	73
Gráfico 12. Gráfico de CBR con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 2.....	75
Gráfico 13. Gráfico de CBR con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 2.....	77
Gráfico 14. Gráfico de CBR con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 2.....	79
Gráfico 15. Comparación Resultados del ensayo CBR al 100%, calicata 2.....	80
Gráfico 16. Comparación Resultados del ensayo CBR al 95%, calicata 2.....	82

Resumen

La presente investigación lleva como título “Aplicación del caucho granulado reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la Avenida el Sol, San Joaquín, Ica 2021”, se realizó esta investigación debido a que en la actualidad existe una enorme cantidad de desechos de neumáticos lo que ocasiona un efecto negativo en el medio ambiente; lo que se busca es el implementar el caucho en proyectos de construcción civil para incentivar al reciclaje de este material.

En este estudio de investigación el objetivo que busca es el de determinar cómo influye la aplicación del caucho granulado reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El sol, San Joaquín, Ica 2021.

Para realizar esta investigación se está utilizando como tipo de investigación la aplicada, nivel de investigación explicativo y un diseño de investigación experimental.

La población de la investigación son las vías del AA.HH. Keiko Sofía y la muestra que se eligió fue la avenida El Sol, que tiene una longitud de 505.50 metros.

En la técnica de recolección de datos se utilizó el análisis documental; y para los instrumentos de recolección de datos se empleó los ensayos de laboratorio, además de fichas, formatos guiándonos de las normas vigentes.

Los resultados obtenidos determinan que a mayor cantidad de porcentaje de caucho granulado aplicado en la subrasante, hay un descenso en el valor de la densidad máxima seca mientras que el óptimo contenido de humedad el valor aumenta. A mayor porcentaje de caucho granulado usado en la mezcla con la subrasante el valor de CBR se reduce. Además que ninguno de los porcentajes planteados es favorable para el mejoramiento de la subrasante.

Se llegó a la conclusión que para esta investigación la aplicación del caucho granulado en la subrasante de la avenida El Sol, en vez de mejorar las condiciones del suelo sucede lo contrario.

Se recomienda realizar más estudios de investigación, acerca de elementos que puedan mejorar las condiciones del suelo de la subrasante.

Palabras claves: Aplicación, caucho granulado, subrasante.

Abstract

This research is entitled "Application of recycled granulated rubber for the improvement of the subgrade in Avenida el Sol, San Joaquín, Ica 2021", this research was carried out because there is currently a huge amount of tire waste what causes a negative effect on the environment; what is sought is to implement rubber in civil construction projects to encourage the recycling of this material.

In this research study, the objective is to determine how the application of recycled granulated rubber influences the improvement of the subgrade on Avenida El sol, San Joaquín, Ica 2021.

To carry out this research, applied research, an explanatory research level and an experimental research design are being used as a type of research.

The research population is the AA.HH pathways. Keiko Sofía and the sample that was chosen was El Sol avenue, which has a length of 505.50 meters.

In the data collection technique, documentary analysis was used; and for the data collection instruments, laboratory tests were used, in addition to files, formats guiding us from current standards.

The results obtained determine that the higher the percentage of granulated rubber applied in the subgrade, there is a decrease in the value of the maximum dry density while the optimum moisture content increases the value. The higher the percentage of granulated rubber used in the mixture with the subgrade, the CBR value decreases. In addition, none of the percentages proposed is favorable for the improvement of the subgrade.

It was concluded that for this investigation the application of granulated rubber in the subgrade of El Sol avenue instead of improving the soil conditions did the opposite.

It is recommended to carry out more research studies on elements that can improve the soil conditions of the subgrade.

Keywords: Application, granulated rubber, subgrade.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

El estudio tiene como objetivo demostrar como la aplicación del caucho granulado reciclado influye en el mejoramiento de la subrasante; ya que el caucho granulado reciclado en un suelo cohesivo contribuye a mejorar la resistencia a la penetración.

Así mismo el uso del caucho granulado va a contribuir en minimizar la contaminación del medio ambiente propiciando su reutilización.

El tema de investigación se realizó en la Avenida El Sol, el AA.HH. Keiko Sofía localidad de San Joaquín, del distrito de Ica, provincia de Ica; actualmente la zona no presenta pavimentación ni se ha construido veredas.



Figura 1. Situación actual de la zona (Avenida El Sol).

La Avenida El Sol tiene una longitud de 505.50 m; esta avenida ha sido seleccionada ya que ha comparación de las otras es la más transitada.

La investigación se encuentra entre las progresivas 0+00 hasta 0+505.50, ubicadas en las coordenadas:

- Inicio: 419163.9821E; 8445447.8108N
- Fin: 419157.0852E; 8444942.8133N.

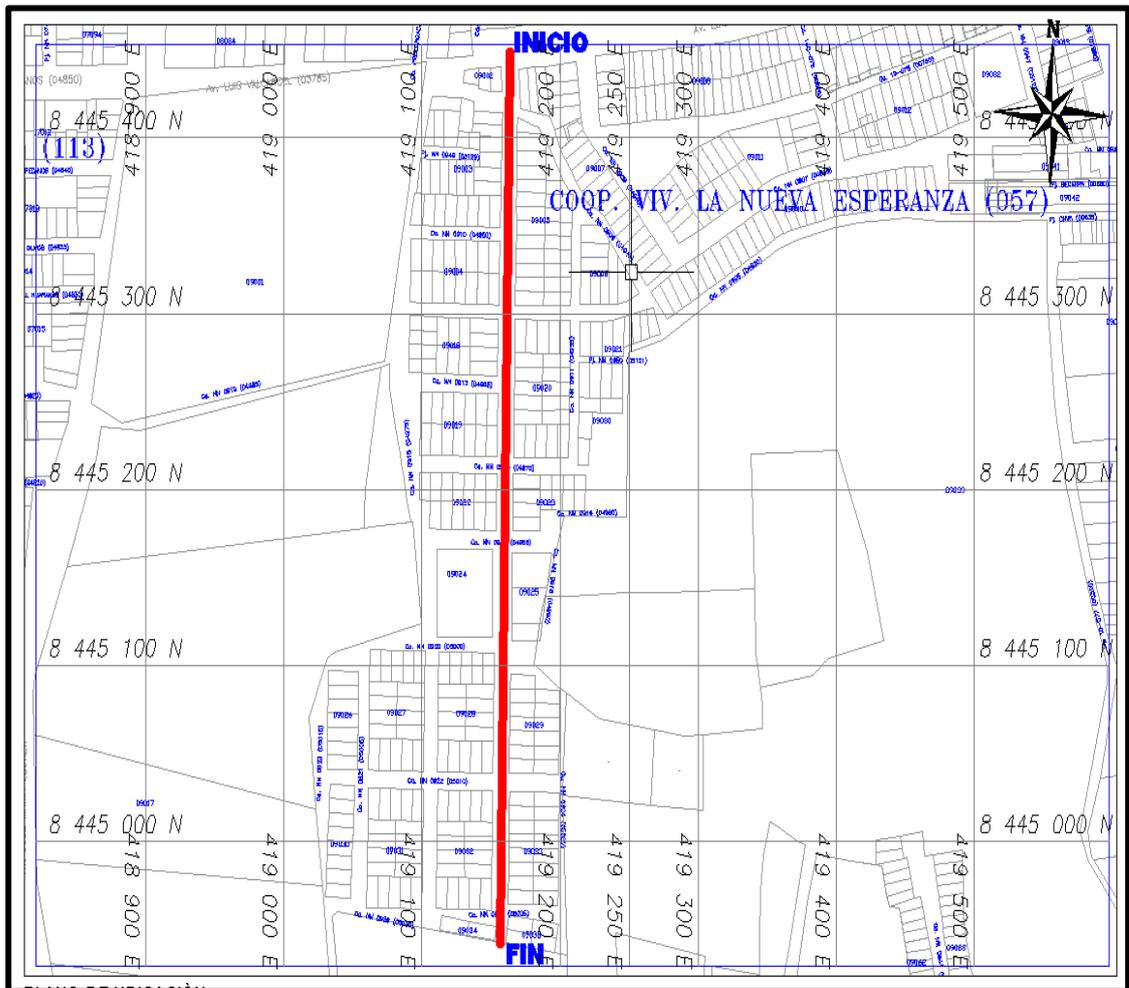


Figura 2. zona del proyecto en el AA.HH. Keiko Sofa.

Este caucho granulado reciclado se deriva de los neumáticos provenientes de los automóviles; el cual se utilizará como estabilizador de suelos pobres con el objetivo de mejorar la resistencia del suelo (CBR). Con la aplicación de este material reciclado posibilitará la mejora de las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante. Así mismo con el incremento de la resistencia del CBR en la subrasante, se logrará que la base granular que se diseñe sea de menos espesor; aspecto que constituye un gran beneficio en

la reducción de los costos, debido a que se va a necesitar menor cantidad de material granular. Se tiene conocimiento que el precio de compra del caucho granular no es elevado en comparación de otros materiales estabilizadores.

Ichazo et al. (2011). Durante los últimos años se realizaron estudios, acerca de los efectos de diferentes tipos de cargas sobre los compuestos de caucho, con la finalidad de mejorar en sus propiedades físicas y mecánicas en los suelos. (p. 71).



Figura 3. Caucho granulado.

Abdullah (2017). A parte de las cenizas volantes y los materiales de fibras usados como reemplazo o aditivo, la utilización de los neumáticos reciclados

ha despertado un especial interés en la investigación debido a su abundancia y fácil acceso. (p. 129).

Ciro (2015). Nos comenta que en la actualidad, la aplicación de polímeros ha tenido un incremento marcado. Estos materiales se usan en diversas industrias como la de los automóviles, embalaje y resinas. Estos materiales se acumulan fácilmente y permanecen a la intemperie por mucho tiempo, lo que es peligroso para el medio ambiente, por su alto poder de contaminación. (p. 173).

Los beneficios del uso de llantas de desecho se potencian, usándolo como reemplazo de los materiales de construcción vírgenes elaborados de los recursos no renovables. En su estudio llegó a la conclusión que el uso de astillas de llantas como relleno liviano, es ambientalmente aceptable en aplicaciones de carreteras si se confinan adecuadamente. (Bosscher et al., 199, p. 295).

Esteve (2012). Establece que la forma de fabricación de neumáticos, y los problemas evidentes para almacenarlos y desaparecerlos una vez usados, es hoy uno de los problemas medioambientales más graves en las últimas décadas en el mundo. Se sabe que un neumático requiere cantidades importantes de energía en su fabricación (medio barril de petróleo crudo para la fabricación del neumático de un camión), además si no es adecuadamente reciclado, produce una gran contaminación ambiental al formarse parte de los vertederos, que no son controlados.

Hoy en día el plástico es uno de los materiales más usados por su versatilidad y durabilidad, porque hizo la vida más fácil y mejor, pero es peligroso cuando no se gestiona correctamente. Como su naturaleza es no biodegradable, genera que se acumulen en el medio ambiente originando diversas dificultades. (Shiri et al, 2016, p-88).

En la actualidad la eliminación de desechos se ha convertido en un problema serio en todo el mundo, ya que la cantidad de subproductos generados por

las refinerías o las industrias de fundición es enorme, y así mismo representa una amenaza para el medioambiente si es que no se elimina de manera eficiente. (Vijay, 2018, p.65).

En el sector de la ingeniería y el transporte, uno de los residuos que se generan son los neumáticos de desecho y plantea un grave problema medioambiental. Algunas de las aplicaciones de residuos de caucho en el área geotécnica, como relleno ligero para terraplenes y muros de contención. (Gobinath, 2019, p.178).

Así mismo el autor Yang et al. (2002), hace referencia que el uso de neumáticos de desecho se implemente como materiales de construcción en aplicaciones de ingeniería civil, que es una de las formas más prometedoras de reciclar este molesto material de desecho. (p. 44).

A nivel mundial, se aprecia el impacto ambiental que produce el almacenamiento de llantas de desecho, lo que trae como consecuencia el buscar nuevas alternativas y poder eliminar estos desechos. Una vía para la reducción de este problema ambiental es que la industria de la construcción logre consumir una cantidad importante de neumáticos reciclados (Mohammadi, 2014, p. 2).

Juárez (2019). La vida promedio de un neumático es de 5 años, luego de ese período de tiempo las llantas son cambiadas, debido a que pierden su adhesión a las pistas de asfalto, en el momento que los neumáticos se reemplazan por otros nuevos la mayor parte de ellos no se tratan adecuadamente, gran cantidad de ellos son quemados, tirados en las calles o almacenados sin precaución alguna, y no piensa en el impacto que pudieran originar en el medio ambiente. (p. 17).

La forma de gestionar gran cantidad de neumáticos al finalizar su vida útil es considerando algunas opciones, entre ellas está el reciclaje y la reutilización, aspecto que posibilita la alta calidad de materiales como componentes para su plena explotación. En la industria de los pavimentos para carreteras un buen ejemplo de este tipo de enfoque es proporcionado por las tecnologías

en la producción de mezclas bituminosas que utilizan el caucho granulado. (Farina et al., 2014, p. 119).

Con el aumento del tráfico rodado, el número de neumáticos de desecho aumenta con inmenso ritmo y su eliminación es un problema ambiental importante y una cuestión preocupante, debido a que no son biodegradables y su combustión conduce a la contaminación del aire también. Al estudiar la viabilidad de residuos de caucho como material estabilizador del suelo expansivo en la subrasante de la carretera, lo que va aumentar a la capacidad de carga o estabilidad de suelos expansivos, y también hay un aumento en la permeabilidad y también aumenta la vida útil y el rendimiento de las carreteras. (Hussain, 2017, p. 837).

La eliminación adecuada de los neumáticos se ha vuelto un problema que hay que solucionar, aproximadamente del 60 al 70% de las llantas se desechan en forma inadecuada ocasionando la contaminación del aire. Este daño se puede evitar utilizando estos residuos de neumáticos con desarrollo técnico en diferentes campos como en la construcción de pavimentos flexibles. (Teja et al., 2015, p. 3625).

Giraldo et al. (2017). Nos comenta que la generación de los residuos de caucho en estos días es una preocupación mundial por sus efectos negativos en el medio ambiente y en la salud de la población. Las leyes ambientales en relación a la disposición de este tipo de residuos han incrementado las exigencias a los productores, comercializadores y los usuarios, lo que ha originado la búsqueda de nuevas opciones para lograr reutilización de los residuos de caucho. Entre las aplicaciones con un alto potencial de volúmenes consumidos son el sector infraestructura y el de construcciones civiles.

En los últimos años, diversos estudiosos de la ingeniería geotécnica han usado neumáticos desechados de diversas formas con el fin de reforzar el suelo. En contraposición a las normas internacionales, estos materiales se

quemar o entierran, lo que ocasiona diversas dificultades ambientales. Estas mezclas se estudian mediante análisis de compactación, cizallamiento directo, resistencia a la compresión no confinada, relación de carga de California (CBR) y resistencia a la tracción dividida; donde se comprobó que luego de agregar 0.5%, 1%, 2%, 3%, y 4% de fibras textiles de llantas desechadas en dos tipos de suelos, en los arcillosos y arenosos; en el suelo arenoso mejoran todos los parámetros de resistencia y ductilidad. (Abbaspour et al. ,2019, p. 1059).

Así también los autores Lidmila et al. (2016) en su artículo de investigación busca la verificación de los resultados en laboratorio acerca del granulado de caucho obtenido del reciclaje de neumáticos, este material lo va adicionar en la subestructura de la vía. (p. 803).

Akbulut et al. (2007), en su estudio realiza una evaluación del uso de materiales de fibra de desecho, como lo es el caucho de llantas de desecho, polietileno y fibra de polipropileno para modificar los suelos arcillosos. Estas fibras se pueden utilizar con éxito como materiales de refuerzo para modificar los suelos arcillosos. (p. 23).

Hasan et al. (2020). En su estudio se enfoca en el mejoramiento de las propiedades geotécnicas de suelos expansivos que son tratados por desmoronamiento de llantas, para lograr disminuir la contaminación natural por este material de desecho. Se uso el caucho de desecho de neumático en forma de migajas con un tamaño entre 0,08 y 2 mm con una proporción de 0 a 10%. Los resultados de las pruebas de compresión no confinada mostraron que el caucho del neumático desmenuzado no podía mejorar las propiedades a pesar de que el suelo todavía tenía la consistencia endurecida. De manera similar, los resultados demuestran que el uso de caucho desmenuzado podría ser un procedimiento exitoso para mejorar las características del suelo contra el potencial de hinchamiento de los suelos. (p.1).

Jan et al. (2015) hace referencia que el uso de neumático de caucho triturado con tamaños que van desde 15 mm a 25 mm (ancho) y 30 mm a 50 mm (largo), con proporciones de 4%, 6%, 8% y 10%, en donde la investigación va a mostrar el comportamiento de la subrasante del pavimento en suelo estabilizado con llanta de goma triturada; que resulta que el 8% (25 mm x 50 mm) del contenido del neumático es el valor específico donde el CBR ha obtenido una mejora del 66,28% que en comparación del suelo llano. (p.741).

La construcción de estructuras de ingeniería en suelos débiles o blandos se considera insegura, para mejorar la capacidad de carga del suelo puede realizarse mediante una variedad de técnicas de estabilización del suelo; así como el uso de caucho triturado procedente de residuos como material de refuerzo.

El caucho triturado es un agente aglutinante que se incluyó aleatoriamente en el suelo en tres porcentajes de 5%, 10% y 15% en peso de suelo. Las muestras se sometieron a la relación de rodamiento de California y ensayos de compresión ilimitados, lo que demuestra una mejora significativa en la resistencia al corte y parámetros de capacidad de carga del suelo estudiado. Se llegó a la conclusión de que la fibra de caucho triturada puede considerarse un buen material de refuerzo de tierra. (Hambirao, et al., 2014, p.20).

Hace referencia Zhong et al. (2002) que el caucho también se puede disolver en el aglomerante asfáltico caliente (durante un período de tiempo) como aditivo para modificar las propiedades del aglutinante; en donde se realizaron pruebas cíclicas triaxiales en muestras de suelo de la subrasante para así estudiar las características del suelo bajo cargas dinámicas. Así mismo resulta que la mezcla de asfalto modificado con caucho es un material con alta rigidez al cizallamiento y relación de amortiguación, lo que lo convierte en un material muy atractivo para la atenuación de vibraciones de los lechos como en las vías de ferrocarriles. (p. 496)

Así también el autor Ding et al. (2021) hace referencia que, debido a su bajo peso unitario, fuerte capacidad de deformación elástica lineal, buena durabilidad y alta disipación de energía, las mezclas de caucho y arena para llantas de desecho se han utilizado cada vez más como un nuevo tipo de relleno de subrasante en la ingeniería ferroviaria.

Munnoli (2013) hace mención que los neumáticos enteros son difíciles de tirar en vertederos ya que tienden a flotar hacia la superficie; también en su artículo presenta el estudio realizado con llantas de caucho granulado utilizadas en el refuerzo de la subrasante y que sugiere que los neumáticos desmenuzados de desecho se puedan utilizar de forma segura en la subrasante como aglutinante de suelo que retendrá eficazmente el suelo con valores de resistencia aumentados. (p. 330).

Benites y Gallegos (2019). Realizan un ensayo de corte directo y obtienen como resultados que la cohesión de la mezcla se incrementa y el ángulo de fricción interno disminuye en relación al suelo natural. Se tiene que, el porcentaje de CBR se incrementó, ello nos dice que el caucho ayudó al suelo a lograr una mayor rigidez y con ello lograr una mayor resistencia a la penetración. Estas mezclas se pueden utilizar en diversos proyectos en el campo de la ingeniería geotécnica, debido a que se presenta una mejoría de la resistencia de corte y un valor de índice de soporte (CBR) deseable. (p. 5)

Actualmente también se está realizando estudios de investigación para la subrasante con la implementación de geosintéticos que son hechos a base de caucho reciclado; se usan diferentes materiales geosintéticos, como georejilla, geo-textil y geo-membrana, como elemento de refuerzo de subrasante dentro del molde CBR para comprender la mejora en subgrado para capas simples, dos y tres geosintéticas en el molde CBR, donde se obtuvo que hubo un aumento constante en el rodamiento con el aumento en varias capas y tal mejora también varió con el tipo de materiales geosintéticos. Entre los tres materiales geosintéticos, la geomalla es la que muestra características CBR mejoradas. (Sivapriya et al., 2019, p.39)

Formulación del problema

Problema General

¿Cómo influye el caucho granulado reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El sol, San Joaquín, Ica 2021?

Problemas específicos

- ¿De qué manera influye el uso caucho granulado reciclado en el ensayo de proctor de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021?
- ¿En qué medida el caucho granulado reciclado influye en la resistencia (CBR) de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021?
- ¿En qué medida los porcentajes 8%, 12% y 16% de caucho granulado reciclado influye en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021?

Justificación

La justificación teórica. Esta investigación se justifica porque brindará conocimientos relacionados a la aplicación del caucho granulado como estabilizador en el suelo de la subrasante y todos los beneficios que puede tener.

La justificación práctica. Esta investigación se realiza para dar soluciones a los suelos de baja resistencia; requiriéndose la realización de estudios de mecánica de suelos, el análisis y la determinación de la proporción del caucho granulado para estabilizar la subrasante mejorando la resistencia evitando que no presenten problemas durante su vida útil.

La Justificación metodológica. El estudio va a servir de referencia para dar soluciones a los suelos pobres y realizar proyectos con mayor vida útil para futuros pavimentos.

La justificación ambiental en la investigación. En la actualidad se busca el mejoramiento de la subrasante usando materiales reutilizables como el caucho granulado; con la finalidad de reducir la contaminación y el impacto

ambiental. La producción de neumáticos genera gran emisión de dióxido de carbono lo que afecta al ecosistema; la mayoría son quemados a cielo abierto o son desechados en basureros o almacenamientos inadecuados; es por ello que se usará el caucho granulado que contribuye al medio ambiente ya que los neumáticos se van a reutilizar y se usarán para mejorar la subrasante en suelos de baja capacidad portante.

Hipótesis

Hipótesis General

La aplicación del caucho granulado reciclado influye de manera relevante en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El sol, San Joaquín, Ica 2021.

Hipótesis Específicas

- El uso del caucho reciclado influye de manera significativa en el ensayo de proctor de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.
- La aplicación del caucho reciclado influye de manera significativa en la resistencia (CBR) de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.
- Los porcentajes 8%, 12% y 16% de caucho granulado influye de manera significativa en la subrasante de la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.

Objetivos

Objetivo General

Analizar cómo influye la aplicación del caucho granulado reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El sol, San Joaquín, Ica 2021.

Objetivos Específicos

- Determinar en qué medida influye el uso del caucho granulado reciclado en el ensayo de proctor de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.
- Determinar en qué medida influye la aplicación del caucho granulado

reciclado en la resistencia (CBR) de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.

- Determinar en qué medida los porcentajes 8%, 12% y 16% de caucho granulado reciclado influye en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Antecedentes Nacionales

Huamán y Muguerza (2019). “Influencia del caucho granulado en suelos cohesivos relacionado a la propiedad de la resistencia a la penetración (CBR), 2019”. El objetivo es determinar si el caucho granulado influye en los suelos cohesivos relacionado a la propiedad de la resistencia a la penetración (CBR), 2019.

El tipo de investigación que se uso fue la aplicada porque busca soluciones prácticas productos de los problemas que se presentan, el nivel de investigación fue el descriptivo y el diseño fue cuasi experimental.

La población estuvo constituida por las muestras de suelos cohesivos del área de Huayllay – Huaychao, adicionándose para tal efecto al caucho granulado, en porcentajes que van de 0%, 5%, 10% y 15% utilizándose un total de 12 muestras para conformar la población en estudio.

En el presente estudio se tomó como muestra el tramo de Huayllay - Huaychao provincia de Pasco (3 calicatas) que fueron llevadas al laboratorio y poder realizar el estudio y determinar el efecto que causa las distintas proporciones (5%, 10%, y 15%) de caucho granulado en la adición al peso seco del suelo. Realizándose 3 CBR de suelo natural y 9 CBR con diferentes % de caucho granulado. En total se realizaron 12 CBR para establecer la resistencia a la penetración lo que permitirá conocer el óptimo contenido de caucho granulado. Lográndose determinar para la calicata 3 una clasificación SUCS de arcilla de baja plasticidad (CL), se percibe un incremento de su CBR con los valores de caucho del 5% y 10% mas no con el 15%, constituyéndose el 10% como la proporción adecuada de caucho granulado incrementando su resistencia de un 5.2% a un 12.2%. Además, se determinó, para las calicatas 1 y 2 teniendo una clasificación SUCS de grava con arcilla (GC); un descenso de su CBR de 26.27% a un 20.16% y de un 34.06 a un 28.5% respectivamente. Llegándose a concluir que el caucho granulado logra mejorar los suelos cohesivos, considerando los parámetros de la norma del MTC Suelos y Geotecnia - 2013.

Rojas (2019). Tesis titulada “Mejoramiento de la subrasante incorporando caucho granular reciclado en la Avenida Bonavista, Carabaylo, Lima - 2019”. El propósito de la investigación es lograr la incorporación del caucho granular reciclado que proviene de los neumáticos, para lograr la mejora de subrasantes y determinar cómo influyen en las propiedades de los suelos, entonces, se aplicó en un tramo de la avenida Bonavista, en el Distrito de Carabaylo, debido a que en esta zona se halla a nivel de subrasante y porque presenta un suelo deteriorado. En este estudio se aplicó el método científico, considerándose la investigación cuantitativa debido a que se usó la recopilación de datos para dar respuesta a las interrogantes de la investigación, el nivel fue el explicativo y el diseño elegido fue el experimental manipulándose las variables de estudio; la población fue el suelo existente de la Av. Bonavista y tuvo como muestra 2 sondajes tipo calicatas de 1.5m de profundidad. Lográndose determinar que los resultados de la mejora de las propiedades de la subrasante resultaron desfavorables, debido a que el uso de caucho granular reciclado no ayudó al incremento de la compactación, resistencia y expansión del suelo de estudio. Recomendándose el empleo del caucho granular reciclado en áreas diferentes que no sean la mecánica de suelos, con el propósito de lograr la reducción de la contaminación del ambiente.

Cusquisibán (2014). “Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento”.

En el grupo de materiales que afectan negativamente a las obras que sobre ellos se construyen están los materiales arcillosos. Sus efectos que provoca estos materiales, se asocian a sus características resistentes, sus cambios de estado, su deformabilidad o sus cambios volumétricos se conocen ampliamente en el rubro de la construcción desde tiempos inmemoriales. El propósito de la investigación es la mejora de los suelos arcillosos con caucho granular que se obtienen de los neumáticos reciclados, los ensayos de suelos se basan en las normas ASTM y AASHTO. Los suelos considerados en el estudio, son de la carretera Porongo - Sebastián Díaz Marín - Zarate Miranda y Chachapoyas en un tramo de 3.519m, extraídos de calicatas con

una profundidad de 1.50m, esta carretera se encuentra en el Distrito de Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, Región Cajamarca. El tipo de suelo en estudio es OH y OL clasificado según el sistema de clasificación SUCS, y según el sistema AASHTO A-7-5. Estos suelos se conforman por arcillas orgánicas de media plasticidad y Arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad. Ellos poseen como máximo un CBR de 7.1 0%, ellos no son recomendables como material de subrasante, adicionando un 20% de caucho granular el CBR de los suelos arcillosos se incrementó hasta en un 10%, esta combinación como material de subrasante es regular, adicionando un 40% de caucho granular se obtuvo un CBR de 30.40%. Adicionando un 60% de caucho granular, se obtuvo un CBR igual a 41%, esta es una mezcla adecuada como material de subrasante, de acuerdo a lo estipulado por el Manual de Carreteras "Suelos, geología, Geotecnia y Pavimentos".

Antecedentes Internacionales

Patiño (2017). "Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado". Va a tener como objetivo presentar un método de estabilización de suelos mediante adiciones de caucho reciclado.

La metodología aplicada tiene su fundamento en la elaboración de probetas "suelo-caucho" para posteriormente desarrollar ensayos físicos-mecánicos que posibiliten el análisis de como varían las propiedades del suelo. Estos ensayos se desarrollan respetando las normas ASTM.

El suelo (GC) que se escogió para la investigación resulto ser un material sumamente resistente, y pensar en estabilizarlo es un propósito difícil de mejorarlo porque sus propiedades por sí solas cumplen casi todos los parámetros requeridos para considerarlos muy buena la calidad del suelo. El caucho utilizado tiene varias dificultades, en primer término, la capacidad de absorción del agua que varía la resistencia de toda la probeta además al instante de los ensayos de CBR el caucho y el suelo no se lograban compactar ni trabajaban como un solo elemento por el contrario su estructura se desmoronaba fácilmente. El peso del agua era mayor al caucho utilizado, esto constituyó un problema que al momento de la inmersión del caucho trataba de salir a la superficie dejando espacios vacíos la probeta y

generaban un hinchamiento de manera inmediata y de gran magnitud. La principal ventaja del material es que decrece su peso específico lo que nos dice que el material pierde peso en la medida que se le adiciona el caucho granulado. Sería ideal usarlo en climas secos con un muy bajo nivel freático para no reducir más su resistencia por lo que se vio reflejado cuando se ponía en inmersión el material.

Ayala et al. (2019). La tesis titulada “Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca”.

El propósito de la investigación es la evaluación de manera experimental el impacto del caucho de llantas recicladas añadidos por vía seca y en diferentes porcentajes, en las mezclas asfálticas densas analizadas por medio de pruebas convencionales, y que en su elaboración se logran mantener de manera constante los atributos del asfalto y de sus agregados minerales.

Se uso una metodología basada en una parte teórica y otra porción experimental, desarrollándose algunos ensayos y pruebas en el laboratorio considerándose tres tipos de mezclas, manteniéndose de manera constante la granulometría de los agregados y el tipo de asfalto, pero variándose los porcentajes de caucho que se le han añadido a cada mezcla, para lograr el porcentaje de caucho óptimo y con ello las propiedades de las mezclas logren un adecuado comportamiento y que ellas cumplan con los requerimientos y las normas técnicas.

Se logro determinar que para una granulometría usada no es factible añadir 1.5% de GCR a la mezcla asfáltica porque sus propiedades de resistencia presentan una disminución y por el contrario logrando añadir 0.75% de GCR no varían demasiado de la mezcla que se usa tradicionalmente, con la excepción de la deformación, lográndose utilizarse con los afinamientos necesarios, como capas para el control de las fisuras en espesores delgados y capas superficiales en pistas de poco tráfico.

Álvarez (2020). La tesis titulada “Utilización de granulo de caucho pulverizado proveniente de llantas usadas como solución para reforzar los

suelos blandos de subrasante en la sabana de Bogotá”.

El problema planteado en esta investigación es que el aumento del parque automotor en Colombia con lleva a problemas de acumulación de neumáticos usados en lugares inadecuados. Con la aplicación de polvo de caucho sobre la subrasante de un suelo blando se intenta generar una alternativa para el mejoramiento de la misma, además de establecer y plantear futuras investigaciones, debido a que no existen grandes estudios sobre el tema en el país.

Su objetivo es de analizar la adición de caucho pulverizado proveniente de llantas en desuso como solución eficiente para reforzar los suelos blandos de subrasante que se encuentran en la sabana de Bogotá; y sus objetivos específicos son el de investigar el comportamiento de un suelo blando cuando se agrega caucho pulverizado, investigar las características y comportamientos de los suelos de la capital colombiana, comparar el uso del caucho pulverizado con los métodos tradicionales usados para el reforzamiento de la subrasante de una carretera y de establecer si el caucho pulverizado puede ser utilizado como solución para estabilizar los suelos blandos de la sabana de Bogotá.

Su conclusión en esta investigación es que para poner en práctica esta metodología en los suelos de la capital colombiana, se estableció en que partes de la ciudad es posible la aplicación del polvo de caucho para reforzar un suelo. Así mismo el usar caucho trae beneficios económicos y ambientales para la ciudad.

Teorías.

Caucho granulado.

El caucho granulado es anti envejecimiento, de larga duración y fácil mantenimiento.

Las propiedades físicas del caucho granulado obtenido son sólidos en forma de granulado, de color negro con un diámetro de 4mm. Además, que el uso de materias primas de caucho no es contaminante, presenta elasticidad moderada, es antideslizante, tiene buena permeabilidad al agua y resistencia a la abrasión.

Las propiedades mecánicas del caucho granulado son de una elevada resistencia al corte (ensayos triaxiales), absorbente de vibraciones y además el material presenta flexibilidad.

Según la clase de tamaños de partículas el caucho granulado es arena, ya que este tipo de partículas esta entre 0.075mm a 4.75mm de diámetro.

La estabilización del suelo se puede usar para mejorar la subrasante pobre; por lo tanto, puede reducir el grosor del diseño del pavimento y también aumentar la vida útil del pavimento. La estabilización del suelo con caucho granulado es la alteración del suelo de la subrasante, ya que las propiedades del caucho granulado son ligeras y de alta resistencia al cizallamiento; además, también reduce el problema de eliminación inadecuada de neumáticos y la contaminación. (Juliana et al., 2020, p. 2).

En las carreteras donde se construyen en suelos débiles, donde se tiene un soporte de subrasante deficiente, se recomienda utilizar métodos alternativos para reforzar el suelo; así como el uso de materiales de fibra en el diseño y en la aplicación geotécnica es ventajoso, ya que las fibras distribuidas al azar ofrecen isotropía de resistencia y mejoran el comportamiento del suelo. En su artículo de estudio se obtuvieron resultados en la mejora del rendimiento de la arena con relación de carga de California (CBR) mediante la adición de cauchos pulidores; en donde se utilizaron dos cauchos diferentes: caucho granulado y caucho de pulido con forma de fibra. Los resultados al incluir fibra con una relación de aspecto óptima hacen que aumente el CBR de la subrasante y, por lo tanto, pueden causar una disminución sustancial en el espesor de diseño del pavimento. Las inclusiones de fibra mezcladas con la subrasante proporcionarán la resistencia a la tracción necesaria bajo las cargas de tráfico. (Edinçliler et al., 2013, p. 39).

También Tiwari et al. (2019) en su investigación menciona que el neumático de caucho va contribuir en la mejora de las propiedades deseadas del suelo y minimiza la cantidad de desechos que se depositan en el medio ambiente,

además que está disponible con bastante facilidad y es de muy bajo costo. En su estudio el suelo arcilloso al agregar caucho los resultados muestran que en los porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% dan como resultado una mejora en las propiedades deseadas del suelo. Este material se usa como estabilizador en suelos, con la finalidad de aumentar las propiedades de resistencia y la capacidad de carga. (p. 28).

Análisis de granulometría.

Este análisis es común para identificar y caracterizar los materiales geológicos en la Ingeniería. Para realizar el ensayo de análisis granulométrico se basará en el MTC E107.

El estudio granulométrico nos brinda la posibilidad de realizar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo. Esta norma nos posibilita la descripción del método para determinación de los porcentajes de suelo que pasan por los diferentes tamices de las series empleadas en el ensayo, hasta llegar a la malla N° 200. Es un área de la mecánica de los suelos que estudian lo relacionado a las formas y distribución de tamaños de las partículas que componen un suelo, este estudio se realiza segregando el suelo por medio de una serie de mallas que establecen el tamaño de las partículas. (De La Cruz, J. 2014, p. 2-4).

Los equipos y herramientas que se van usar para el análisis granulométrico, son los siguientes:

- Taras.
- Balanza electrónica con precisión de 0.1gr. y de 1gr. de precisión.
- Horno de secado a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Tamices estandarizados (Ver tabla 1).
- Espátula.
- Comba de goma.
- Brochas de cerda
- Baldes y recipientes.



Figura 4. Ensayo de análisis granulométrico.

El procedimiento para realizar el análisis granulométrico por medio de tamices, es el siguiente:

- Se va a realizar el secado de la muestra extraído de las calicatas, luego se va a disgregar los grumos con una comba de goma.
- Se usará tamices que estarán ensamblados de forma descendente, para luego echar la muestra.
- Se va a realizar movimientos vibratorios y de rotación con ayuda de una maquina especial.
- Se va a retirar los tamices y se tomará en cuenta el peso del material que se ha retenido en cada uno.
- Al obtener el peso total y los retenidos, se va elaborar la curva granulométrica. Tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de los tamices, la suma debe corresponder al peso total del material.

Tabla 1.

Serie de tamices.

Tamaño Nominales de Abertura	
(mm.)	ASTM
80	3"
63	2 ½"
50	2"
40	1 ½"
25	1
20	¾"
10	3/8"
5	N° 4
2	N° 10
0,5	N° 40
0,08	N° 200

Fuente: Elaboración propia.

La curva granulométrica es una representación gráfica de los resultados obtenidos en un laboratorio cuando se analiza la estructura del suelo desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo forman.

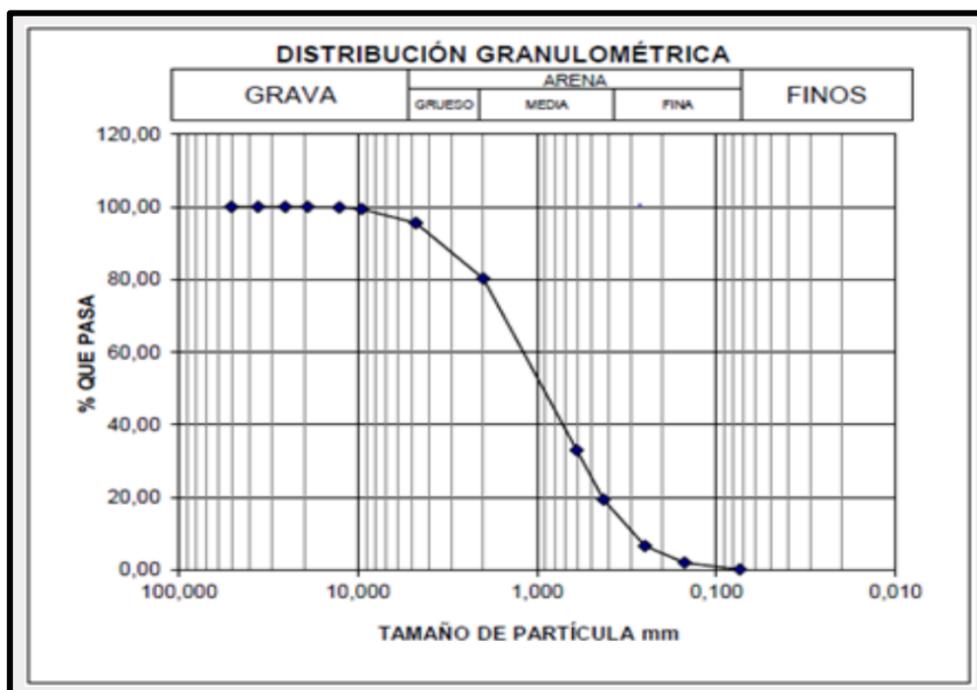


Figura 5. Curva Granulométrica.

Clasificación de suelos

- **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos S.U.C.S.**

Urdanivia (2019) lo define como aquel sistema de clasificación de suelos que se usa en ingeniería y geología para proceder a la descripción de la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema podrá ser aplicado a una gran mayoría de materiales sin consolidar, y es representado utilizando un símbolo con dos letras. Para la clasificación del suelo es necesario la realización previa de una granulometría del suelo por medio de un tamizado. (p. 10 -11).

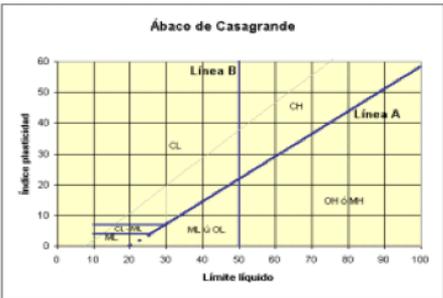
Se va a distinguir de suelos de grano grueso y fino mediante el tamizado del material por el tamiz N° 200; los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan. Esto quiere decir que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N° 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz.

Chacón et. al (2016). Nos comenta que los suelos se establecen por símbolos de grupo. Donde el símbolo de cada grupo tiene un prefijo y un sufijo. es así que los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis importantes tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), a su vez los sufijos establecen subdivisiones de estos grupos. (p.32).

Tabla 2.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: $Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$< 5\% \rightarrow$ GW, GP, SW, SP. $> 12\% \rightarrow$ GM, GC, SM, SC. 5 al $12\% \rightarrow$ casos límite que requieren usar doble símbolo. $Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	
			(pocos o sin finos)	SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		
			(apreciable cantidad de finos)	SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
		Limos y arcillas:	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera elasticidad.	ML		
				CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
SUELOS DE GRANO FINO	Límite líquido menor de 50	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
		Limos y arcillas:	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
	CH		Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
	OH		Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
	Límite líquido mayor de 50	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			
Suelos muy orgánicos						



Fuente. Zapata, 2012.

• **Clasificación AASHTO**

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de doce subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8. (Matus y Blanco,

2011).

Tabla 3.

Clasificación de suelos método AASHTO.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Fuente. Zapata, 2012.

Límites de consistencia o límites de Atterberg.

Se va aplicar para realizar los ensayos como el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad. Para realizar estos ensayos se va a tener en consideración: MTC E 110, MTC E 111.

- **Límite líquido**

Se refiere al contenido de agua, que es expresado en porcentajes en relación al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo remoldeado o amasado. Está definido como el contenido de agua que se necesita para que la ranura de un suelo ubicado en el equipo de Casagrande, se pueda cerrar luego de haberlo dejado caer 25 veces desde una altura de 10 mm. (Osorio,

2010).

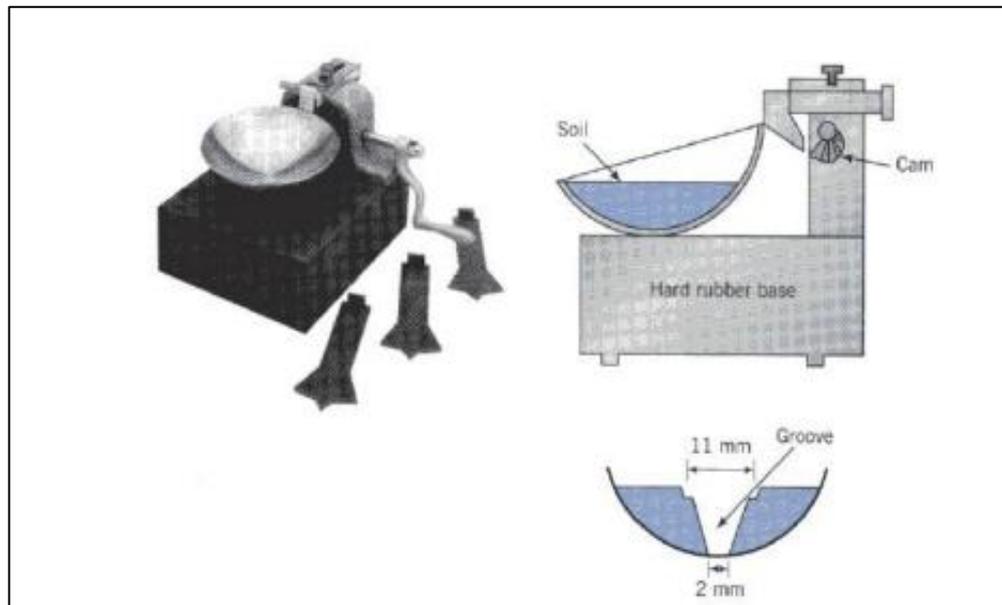


Figura 6. Esquema de la cuchara casagrande.

Lo equipos y herramientas a utilizar para la determinación del límite líquido de la subrasante son los siguientes:

- Recipientes.
- Espátula.
- Casagrande.
- Acanalador.
- Calibrador.
- Balanza de 0.1gr. y de 1gr. de precisión.
- Horno de secado a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Recipiente resistente a la corrosión.

- **Límite plástico**

Se puede definir como el contenido de la humedad, que se expresa en porcentajes con relación al peso seco de la muestra secada al horno, para que los suelos cohesivos pasen de un estado semisólido a un estado plástico, estableciendo el punto en el cual el suelo comienza a perder su cohesión por carencia de humedad. Este ensayo se desarrolla con la fracción de suelo que pasa por el tamiz número 40. en la

determinación del límite plástico, usualmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba del límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea moldeable, formando una bola con el suelo sin que se resquebraje. Luego se va a tomar unos 8 gr. de este suelo, se forma con él una especie de elipsoide y se rueda entre la palma de la mano y una superficie lisa que no absorba mucha humedad, hasta llegar a un diámetro de 3 mm. (Rabat, 2016, p.16).

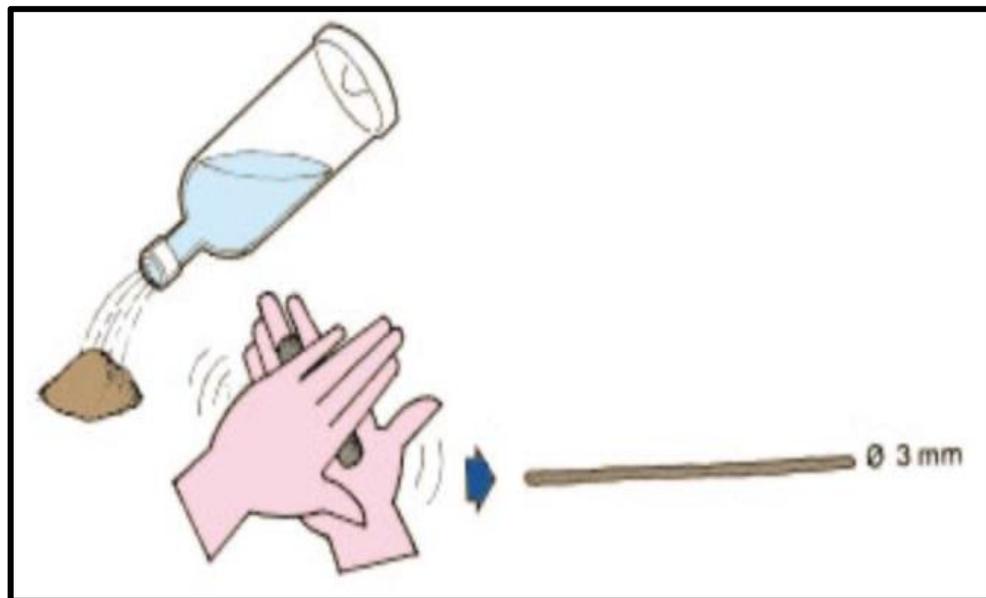


Figura 7. Ensayo de campo para determinar la plasticidad del suelo mojado.

- **Índice de plasticidad**

La fórmula para hallar el índice de plasticidades la siguiente:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

El límite líquido y limite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla que contiene el suelo.

A continuación, mencionaremos el tipo de suelo según el valor del índice de plasticidad :

Tabla 4.

Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente. MTC-14

Ensayo de Proctor Modificado.

Al compactar un suelo va a producir un incremento en la densidad que trae consigo la reducción de la compresibilidad, incremento en la resistencia al corte y disminución de permeabilidad.

El ensayo de Proctor modificado tiene la finalidad de determinar la relación entre la densidad seca y la humedad de compactación en explanadas; para realizar este ensayo se basará en el MTC E 115.

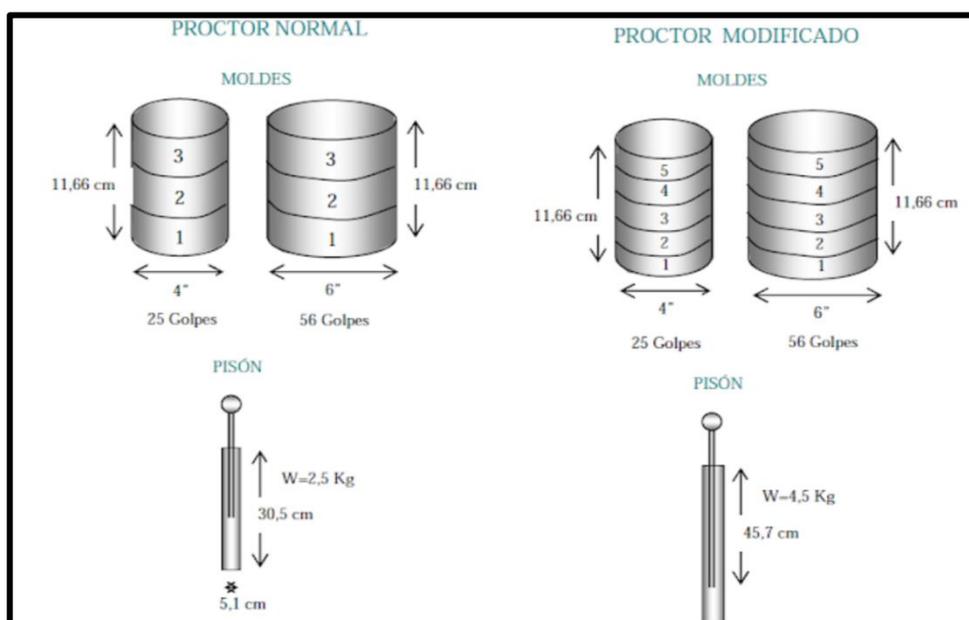


Figura 8. Método Aplicado de Compactación en el Laboratorio para el ensayo de proctor.

En el ensayo proctor modificado se emplea un molde cilíndrico de 2.320 cm³ de capacidad y pisón de 10lbf que se deja caer desde una altura de 457 mm. En lugar de 3 capas a comparación del proctor estándar, se compactará en 5 capas de material dando 25 golpes por cada capa.

Igualmente se realizan varias medidas de humedad y densidad del interior del molde con distintos grados de humedad para trazar la curva Proctor y de este modo dar por concluida la prueba Proctor.

Este ensayo requiere una energía de compactación mayor que el ensayo Proctor estándar, por tanto, unos medios de compactación más potentes y enérgicos.

El ensayo de proctor modificado se realizó en el laboratorio con la finalidad de determinar la relación entre la densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante usando una energía de compactación en este caso se usó el pistón de 10lbf.

En cada ensayo de proctor usamos 2300 gr de muestra, y para los ensayos con dosificaciones de caucho granulado usaremos según los porcentajes que hemos planteado en el estudio de investigación.

Equipos que se usarán en el ensayo de Proctor modificado:

- Molde de 4".
- Collar.
- Base de molde.
- Separador.
- Papel.
- Enrasador.
- Pisón
- Balanza de 0.1gr. y de 1gr. de precisión.
- Horno de secado a una temperatura de 110 ± 5 °C.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Se va a determinar que método (A,B y C) utilizar.

Descripción	MÉTODO		
	A	B	C
Diámetro de Molde	4"	4"	6"
Peso del Martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de Caída	45.7 cm	45.7 cm	45.7 cm
N° de Golpes/Capa	25	25	56
Numero de Capas	5	5	5
Energía de Compactación	2,700 KN-m/m ³	2,700 KN-m/m ³	2,700 KN-m/m ³
Material a Usar	Mat que pasa el Tamiz N° 4	Material que pasa el Tamiz 3/8"	Material que pasa el Tamiz 3/4"
Uso	Ret. Tamiz N° 4 ≤20%	Ret. Tamiz N° 4 >20% Ret. Tamiz 3/8" ≤20%	Ret. Tamiz 3/8" >20% Ret. Tamiz 3/4" ≤30%

Figura 9. Comparación de los métodos para el ensayo de proctor.

- La muestra obtenida en campo se va a deshacer los grumos con un mazo de goma.
- Determinar el contenido de agua del suelo procesado.
- Se debe preparar al menos 4 especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado.
- Se va a realizar 25 golpes con el pisón cada 5 capas.
- Para obtener los contenidos de agua del espécimen de este ensayo, se añade poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua se hará uso del horno de secado.

Ensayo de CBR (California Bearing Ratio).

Este es un ensayo que se utiliza para evaluar la calidad de un material de suelo considerando su resistencia, que es medida por medio de un ensayo de placa a escala. CBR que tiene su significado en español relación de soporte California. Según la norma ASTM D 1883-07, el CBR es un ensayo de carga que utiliza un pistón metálico, de 0.5 pulgadas cuadradas de área, para lograr penetrar desde la superficie de un suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante de penetración. Se define el CBR, como aquella relación entre la carga unitaria en el pistón que se requiere para poder penetrar 0.1" (0.25 cm) y 0.2" (0.5 cm) en el suelo ensayado, y la carga

unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje. (Sánchez, 2020).

Calderón y Cárdenas (2017) nos dice que el California Bearing Ratio (CBR) es un ensayo de penetración que se utiliza en la capacidad de soporte de un suelo compactado en laboratorio, en condiciones de humedad adecuada y con niveles de compactación variables, se enfoca en la evaluación de la calidad del material para su uso en las capas de un pavimento. (p.22).

El propósito del ensayo de CBR es establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente usados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas, determinando la relación entre el valor de CBR y la densidad seca que se alcanza en el campo. (Castillo et. al, 2016, p. 3).



Figura 10. Molde de CBR y accesorios.

Para realizar este ensayo se basará en el MTC E 132, donde menciona que una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, se determinará que el CBR es el valor de soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm (0.1").

Por cada espécimen de suelo se van a calcular dos valores de CBR, uno a 0.1" de penetración y a 0.2" de penetración. El ASTM menciona que se elige el valor del 0.1", mientras este sea menor que el de 0.2". Además los valores de CBR cercanos a 0% representan a suelos de pobre calidad, mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad.

Aparatos que se usarán en el ensayo de CBR:

- Molde de 6 pulgadas.
- Balanza.
- Pisón de compactación.
- Regla metálica para enrasar.
- Probetas graduadas.
- Espátula y badilejo.
- Taras.
- Muestra que pasa por el tamiz n°4.
- Espaciador.
- Extensómetro.
- Gata con manómetro.
- Deformímetro.

Procedimiento a seguir para realizar el ensayo de CBR:

- En el ensayo de CBR va a necesitar como dato el porcentaje de humedad óptimo.
- Se va a preparar 3 moldes con 12, 25 y 56 golpes.
- Se va a pesar cada uno de los moldes, donde la muestra está enraizada, luego se va a colocar los soportes aplicando contrapasos.
- Luego se va a sumergir en un tanque lleno de agua, esto se realizará durante 96 horas, además se tomará los datos de la lectura de expansión cada 24 horas; si en caso los datos no varían de un día a otro se tendrá que proseguir con el rompimiento de las probetas.
- Antes de realizar el rompimiento de las probetas, los moldes respectivos tendrán que escurrir el agua al menos por 15 minutos.

- Se registrará el peso de la probeta, luego de esto se realizará el rompimiento aplicando cargas axiales.
- Los datos que se obtendrá son acerca de la deformación y carga de rotura.

A continuación, se muestra las categorías de la subrasante según su valor de CBR del MTC – 2014:

Tabla 5.

Categorías de subrasante según el valor de CBR.

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente. MTC-14

Enfoques conceptuales

Aplicación.

Uno de sus principales conceptos que se usa, es cuando hace referencia a colocar algo en particular sobre otra determinada cosa, es decir que ambas cosas hagan contacto. (Pérez, 2021).

Caucho granulado.

Este material en polvo o partículas pequeñas, se aplica en diversos usos, como son los pavimentos deportivos, pistas de atletismo y tenis, pavimentos de seguridad, aislamientos acústicos y mezclas con algunos derivados del betún para mejoramiento de las condiciones del firme (más durabilidad, reducción de ruido). (Donaire, 2008).

Estabilización de suelos.

Este procedimiento mejora o controla su estabilidad volumétrica, incrementando la resistencia y el módulo esfuerzo-deformación, mejorando su permeabilidad y durabilidad y logra reducir la susceptibilidad al agua. Es necesario la realización de nuevos ensayos de laboratorio y diversas pruebas de campo para proceder a la evaluar del rendimiento de la técnica. (Yepes, 2014).

Subrasante.

Se le denomina de esta manera al suelo que se utiliza como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento. (Hugo, 2011).

Pavimento.

Pérez y Gardey (2012). Es la capa o base de la cual se constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural.

Contenido de humedad.

Se le define como la relación que hay entre el peso de agua que está contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los 105°C-110°C. Se logra expresar por medio de porcentajes, los que pueden variar desde cero cuando está seco hasta un máximo establecido que no es el 100% necesariamente. (Caballero, 2013, p. 1).

Densidad máxima seca.

Raffino (2021). Este autor hace mención a la relación que hay entre la masa de una sustancia (o de un cuerpo) y su volumen. En esencia es una propiedad intrínseca de la materia.

La máxima densidad seca Corresponde a la mayor densidad que puede alcanzar un suelo al ser compactado a la humedad óptima.

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.

Tipo de investigación.

En esta investigación es de tipo aplicada porque busca la generación del conocimiento en relación a la aplicación de caucho granulado reciclado orientado a la mejora de la subrasante de la zona de estudio.

Nivel de investigación.

El nivel de investigación es explicativo, tiene como propósito incrementar el conocimiento existente sobre algo del cual se sabe poco, o casi nada. esta investigación puntualiza los detalles, permitiendo el conocimiento a fondo de un fenómeno. En síntesis, la labor del investigador es tomar como punto de inicio una idea genérica y empezar a analizar aspectos concretos a profundidad. (Rus, 2020).

Por lo tanto, el nivel de investigación para este estudio es una investigación explicativa.

Diseño de investigación.

La investigación experimental se basa en el análisis de los efectos que produce una (o varias) variable independiente en una o más variables dependientes. A la variable de estudio se le conoce como variable experimental; la variable dependiente es conocida como de resultados y está referida a los efectos que se observan en el estudio. (Buendía et al., 2013).

Es por ello que el diseño de investigación elegido es el experimental por que se estudiaran los efectos que produce la variable independiente en el caso nuestro, es la aplicación de la subrasante sobre la variable dependiente que es el mejoramiento de la subrasante.

3.2. Variables y operacionalización.

Variables.

- Variable independiente: caucho granular reciclado.
- Variable dependiente: la subrasante.

Operacionalización de variables.

Tabla 6.

Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
Variable independiente: caucho granulado reciclado	El caucho reciclado puede ser utilizado como componente de pavimentos y concretos para la construcción de vías y edificaciones. Emplear residuos de caucho en este tipo de aplicaciones representa, además de las importantes ventajas ambientales y económicas. Debido a lo anterior, el uso de caucho reciclado en concretos y pavimentos presenta retos económicos, ecológicos y técnicos que actualmente son tema de interés. (Peláez et. al, 2017)	Se va a plantear un diseño para definir los porcentajes de dosificación del caucho granulado reciclado	Granulometría.	-Análisis granulométrico	fichas, formatos y normas vigentes	Nominal
						De razón
Variable dependiente: subrasante	Es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural explanado y la estructura del pavimento. (Montalvo, 2017)	Luego de agregar el caucho granulado reciclado en la subrasante, se espera cambios favorables, como lo evidencia las fichas de los ensayos.	Óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca.	- Ensayo Proctor	fichas, formatos y normas vigentes	De razón
			Resistencia al esfuerzo cortante	-Ensayo CBR		
			Dosificación.	-Porcentaje de caucho granulado en 8%, 12% y 16%		

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población.

Rojas (2017). La Población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de esta poseen una característica común, y da origen a los datos de la investigación.

En esta investigación la población son las vías del AA.HH. Keiko Sofía.

Muestra.

Lalangui (2017). Constituye la parte de la población que es seleccionada para que de ella se obtenga información importante, y es en ella donde se realizarán las mediciones u observaciones de las variables en estudio.

En esta investigación se elegirá la avenida El Sol, que tiene una longitud de 505.50 metros.

Muestreo.

En el estudio se usó el muestreo no probabilístico, por conveniencia, porque la muestra es pequeña y se seleccionó la Avenida El Sol porque es una avenida principal donde transcurre más cantidad de automóviles.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos.

Bastis (2020). Nos comenta que es importante seleccionar y elaborar las técnicas e instrumentos es importante en la fase de recolección de información; pues se constituye la vía para recopilar la información que se requiere y con ellos dar respuestas al problema de estudio.

Estas técnicas son importantes en la recolección de la información, es el camino por el cual el investigador se relaciona con los participantes para obtener la información necesaria que le permita alcanzar los objetivos.

Para esta investigación la técnica de recolección de datos que usaremos es el análisis documental; según Peña y Pirela (2007) constituye un proceso ideado por el individuo como medio para organizar y representar el conocimiento registrado en los documentos, cuyo índice de producción

excede sus posibilidades de lectura y captura. (p.59).

La acción de este proceso se centra en el análisis y síntesis de los datos plasmados en dichos soportes mediante la aplicación de lineamientos o normativas de tipo lingüístico; a través de las cuales se extrae el contenido sustantivo que puede corresponder a un término concreto o a conjuntos de ellos tomados aisladamente, o reunidos en construcciones discursivas. Por consiguiente, su finalidad es facilitar la aproximación cognitiva del sujeto al contenido de las fuentes de información.

Instrumentos de recolección de datos.

Fariñas et. al (2010). Nos dice que es un recurso de cual puede valerse la persona que investiga para tener un acercamiento a los fenómenos y lograr extraer información importante de los fenómenos estudiados. De tal forma que el instrumento logra sintetizar en si toda la labor previa de la investigación.

Para esta investigación se utilizó como instrumento de recolección de datos los ensayos de laboratorio respectivos. Así mismo utilizaremos fichas, formatos y normas vigentes, que han sido autorizadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, siguiendo la norma ASTM.

3.5. Procedimientos.

En la investigación se identificó el problema de la zona en estudio, para luego identificar las variables de la investigación.

Luego se realizó la extracción de las muestras de dos calicatas del tramo de la Avenida El Sol.

Una vez obtenido las muestras se realizaron los ensayos de laboratorio respectivos.

Se obtuvieron los resultados de los ensayos de laboratorio, de forma que se podrá realizar la comprobación de las hipótesis; así mismo se va plantear las conclusiones y las recomendaciones.

3.6. Método de análisis de datos.

El análisis de datos es el estudio exhaustivo de la información cuyo fin es lograr conclusiones que posibiliten a una empresa tomar decisiones. Es decir, nos referimos a la examinación e interpretación de una base de datos. (Westreicher,2020).

El método de análisis de datos para esta investigación se realizó a través de los ensayos efectuados en el laboratorio con las muestras que se tomaron en la subrasante de la avenida El Sol.

3.7. Aspectos éticos.

En esta investigación las fuentes que han sido consultadas serán citadas respectivamente con la finalidad de respetar el derecho de autor, usando la norma APA para lograr una conducta honesta.

La confiabilidad del estudio se basará en el uso del software Turnitin para buscar coincidencias con otros proyectos.

Para la realización de los ensayos se tendrá en cuenta que todos los equipos que se usarán tienen que contar con su certificado de calibración vigente.

IV. RESULTADOS

Muestreo de suelos.

Se decide realizar dos calicatas, que se encuentran ubicados en la progresiva 0+149.06 y 0+416.60 respectivamente, para así determinar el tipo de suelo de la subrasante en la zona de estudio.

Las calicatas se excavaron a una profundidad de 1.50m, en donde se realizó la extracción de las muestras para ser llevadas al laboratorio.



Figura 11. Ubicación de las calicatas.

Ensayos de laboratorio.

Ensayo de Atterberg.

Se presentaron los resultados de los ensayos del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las muestras tomadas en la Calicata 1 y Calicata 2.

- **Calicata 1.**

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.2. acerca del ensayo de Atterberg.

Tabla 7.

Resultados del ensayo Atterberg, Calicata 1.

Calicata 1	%Límite Líquido	%Límite Plástico	%Índice de plasticidad
C-1	0.00	NP	NP

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 7 se determina que en la calicata 1, el índice de plasticidad es no plástico, esto quiere decir que es un suelo exento de arcilla.

- **Calicata 2**

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.26. acerca del ensayo de Atterberg.

Tabla 8.

Resultados del ensayo Atterberg, Calicata 2.

Calicata 2	%Límite Líquido	%Límite Plástico	%Índice de plasticidad
C-2	0.00	NP	NP

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 8 se determina que en la calicata 2, el índice de plasticidad es no plástico, esto quiere decir que es un suelo exento de arcilla.

Ensayo Análisis Granulométrico.

- **Calicata 1.**

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.1., acerca del ensayo de análisis granulométrico para la calicata 1.

Tabla 9.

Granulometría de las partículas del suelo, Calicata 1.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – CALICATA 1				
TAMIZ		RETENIDO		% QUE PASA
ASTM	mm	PESO (gr)	%	
3 1/2"	90.000	0.00	0.0%	100.0%
3"	75.000	0.00	0.0%	100.0%
2 1/2"	63.000	0.00	0.0%	100.0%
2"	50.000	0.00	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.500	0.00	0.0%	100.0%
1"	25.000	0.00	0.0%	100.0%
3/4"	19.000	0.00	0.0%	100.0%
1/2"	12.500	0.00	0.0%	100.0%
3/8"	9.500	0.00	0.0%	100.0%
#4	4.750	3.90	0.5%	99.5%
#10	2.000	9.40	1.2%	98.3%
#20	0.850	30.80	3.9%	94.5%
#40	0.425	95.50	11.9%	82.6%
#100	0.150	351.50	43.9%	38.6%
#200	0.075	136.00	17.0%	21.6%
Fondo	0.075	173.00	21.6%	

Fuente. Elaboración propia.

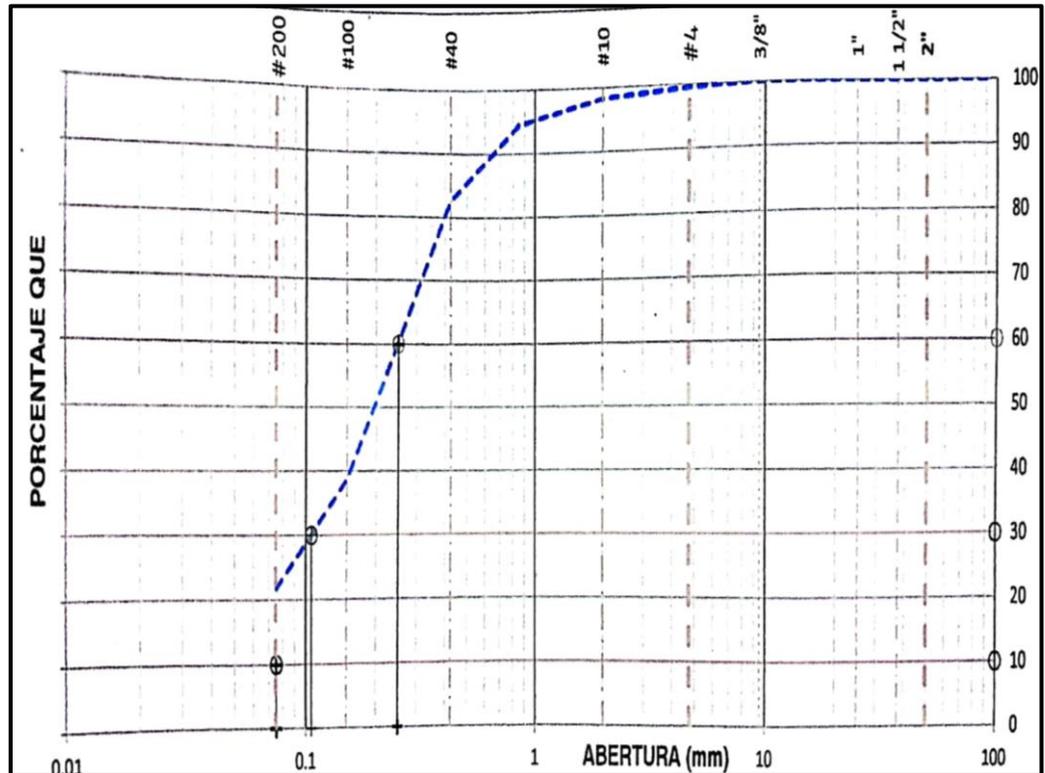


Figura 12. Curva granulométrica, calicata 1.

Interpretación. En la tabla 9 y en la figura 12 se va determinar que en el análisis granulométrico de la calicata N°1, que el material que pasa por la malla N° 200 va tener un porcentaje de 21.60%.

Según el Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS) se clasifica como SM que quiere decir que es un suelo arenoso limoso; mientras que según la norma AASTHO se clasifica el suelo como A-2-4, ya que es un suelo que se constituye principalmente de grava y arena arcillosa o limosa.

- **Calicata 2.**

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.15. acerca del ensayo de análisis granulométrico para la calicata 2.

Tabla 10.

Granulometría de las partículas del suelo, calicata 2.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – CALICATA 2				
TAMIZ		RETENIDO		% QUE PASA
ASTM	mm	PESO (gr)	%	
3 1/2"	90.000	0.00	0.0%	100.0%
3"	75.000	0.00	0.0%	100.0%
2 1/2"	63.000	0.00	0.0%	100.0%
2"	50.000	0.00	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.500	0.00	0.0%	100.0%
1"	25.000	0.00	0.0%	100.0%
3/4"	19.000	0.00	0.0%	100.0%
1/2"	12.500	0.00	0.0%	100.0%
3/8"	9.500	0.00	0.0%	100.0%
#4	4.750	0.00	0.0%	100.0%
#10	2.000	3.80	0.5%	99.5%
#20	0.850	27.50	3.4%	96.1%
#40	0.425	39.20	4.9%	91.2%
#100	0.150	667.90	83.5%	7.7%
#200	0.075	45.30	5.7%	2.0%
Fondo	0.075	16.00	2.0%	

Fuente: *Elaboración propia.*

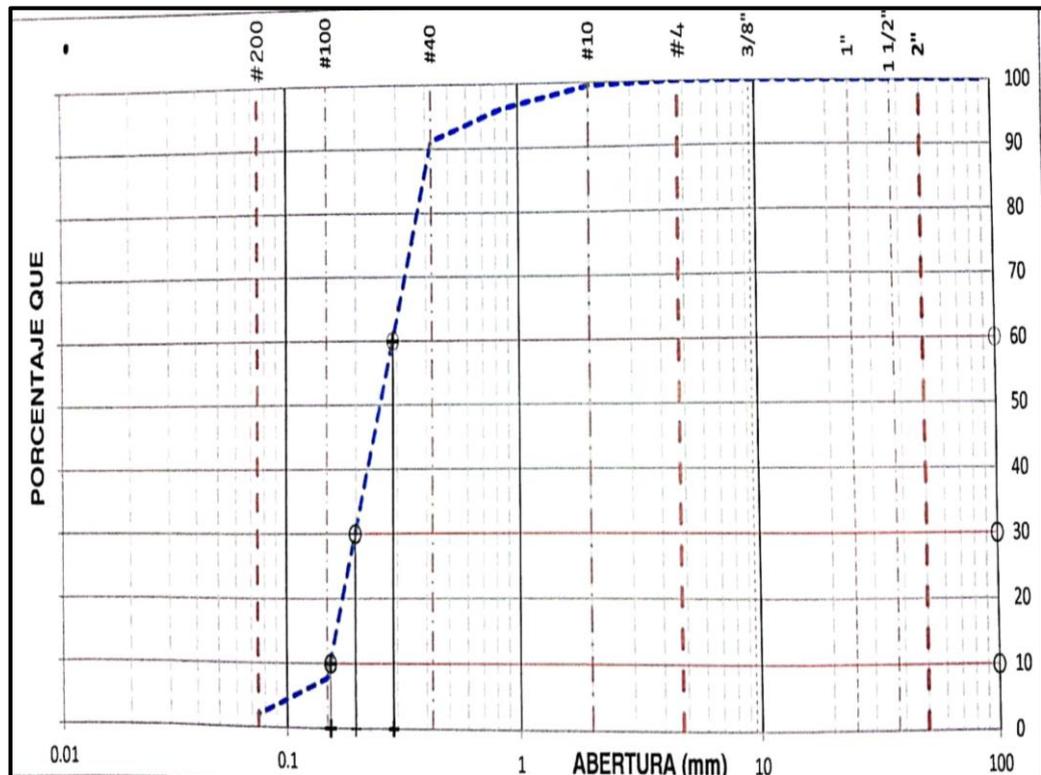


Figura 13. Curva granulométrica, calicata 2.

Interpretación. En la tabla 10 y en la figura 13 se muestra que en el análisis granulométrico de la calicata N°2 el material que pasa por la malla N° 200 va tener un porcentaje de 2.0%.

Según el Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS) se clasifica como SP que quiere decir que es un suelo de arena con grava; mientras que según la norma AASTHO se clasifica el suelo como A-3, ya que es un suelo que se constituye principalmente de arena fina.

Ensayo del Proctor Modificado.

- **Calicata 1.**

Suelo + 0% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.3., acerca del ensayo de Proctor Modificado para la calicata 1.

Tabla 11.

Resultados de la compactación de especímenes, calicata 1.

DESCRIPCION	RECIPIENTE			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Compactación				
Peso (Suelo + Molde) (gr)	3730	3930	3990	3870
Peso de Molde (gr)	1910	1910	1910	1910
Peso Suelo Húmedo (gr)	1820	2020	2080	1960
Volumen del Molde) (cm3)	934	934	934	934
Densidad de humedad (gr/cm3)	1.949	2.163	2.227	2.099
Densidad seca (gr/cm3)	1.846	1.988	1.960	1.789
Contenido de humedad				
Peso (Suelo Húmedo + Tara) (gr)	113.7	137.4	126.3	136.1
Peso (Suelo seco+ Tara) (gr)	109.7	126.3	115.7	121.5
Peso de la tara (gr)	37.5	38.3	37.9	37.1
Peso de agua (gr)	4.0	11.1	10.6	14.6
Peso de suelo seco (gr)	72.2	126.3	77.8	84.4
Contenido de humedad (%)	5.54	8.79	13.62	17.30

Fuente. Elaboración propia.

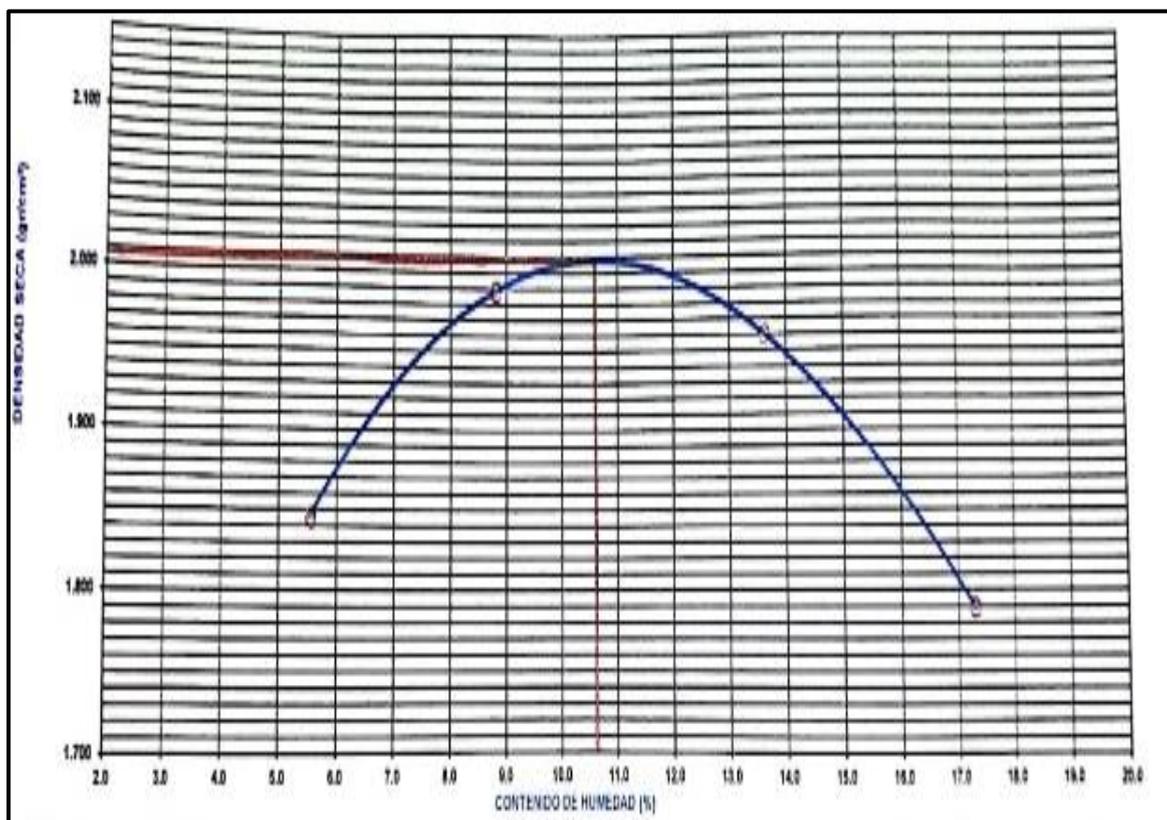


Figura 14. Curva de compactación Proctor modificada, calicata 1.

En la figura 14 se obtuvo como resultado del suelo natural de la calicata 1, en la relación densidad seca(gr/cm^3) – contenido de humedad (%) de la curva de compactación lo siguiente:

- La máxima densidad seca: $2.01 \text{ gr}/\text{cm}^3$.
- Óptimo contenido de humedad: 10.60%.

Suelo + 8% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.6, acerca del ensayo de Proctor Modificado para la calicata 1 con dosificación de 8% caucho granulado.

Tabla 12.

Resultados de la compactación de especímenes + 8% caucho granulado, calicata 1.

DESCRIPCION	RECIPIENTE			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Compactación				
Peso (Suelo + Molde) (gr)	3570	3840	3890	3760
Peso de Molde (gr)	1910	1910	1910	1910
Peso Suelo Húmedo (gr)	1660	1930	1980	1850
Volumen del Molde) (cm^3)	934	934	934	934
Densidad de humedad (gr/cm^3)	1.777	2.066	2.120	1.981
Densidad seca (gr/cm^3)	1.679	1.927	1.896	1.701
Contenido de humedad				
Peso (Suelo Húmedo + Tara) (gr)	120.3	105.1	112.3	134.7
Peso (Suelo seco+ Tara) (gr)	115.7	98.0	104.5	121.1
Peso de la tara (gr)	37.4	38.3	38.4	38.3
Peso de agua (gr)	4.6	7.1	7.8	13.6
Peso de suelo seco (gr)	78.3	98.0	66.1	82.8
Contenido de humedad (%)	5.87	7.24	11.80	16.43

Fuente. *Elaboración propia.*

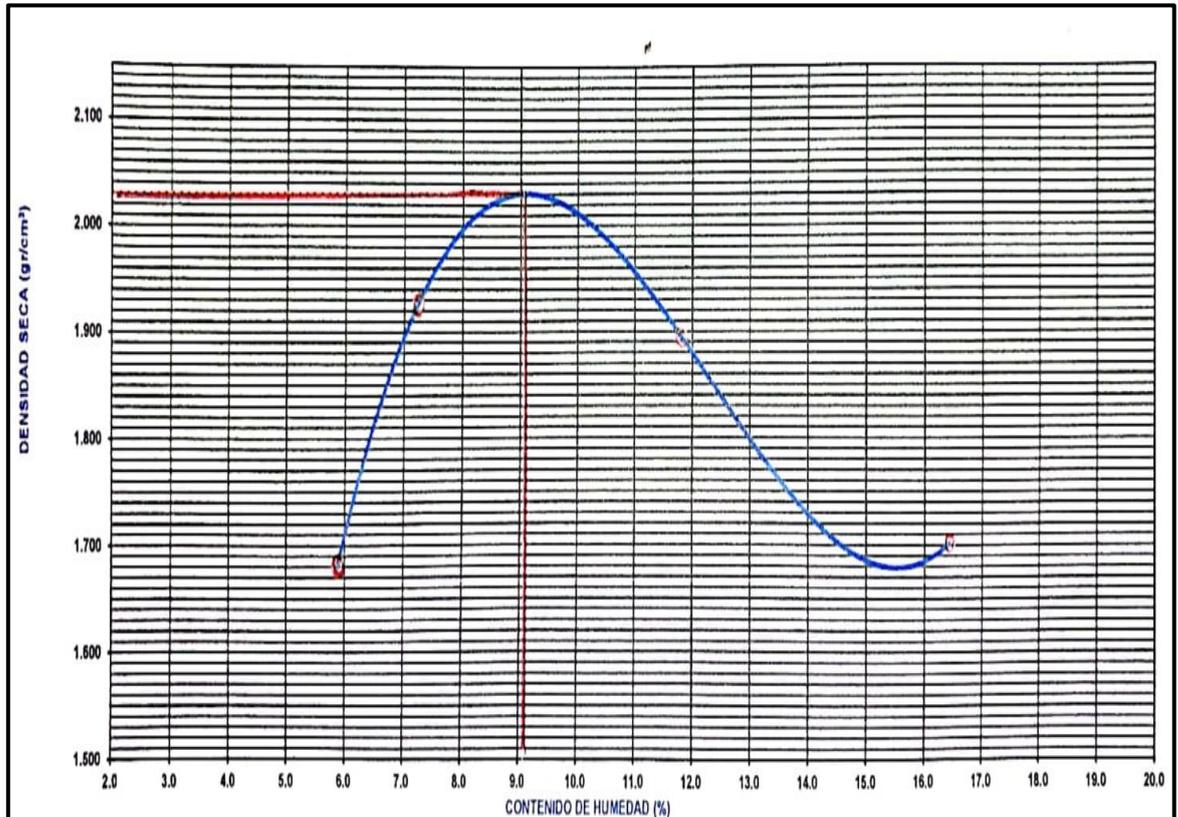


Figura 15. Curva de compactación Proctor modificado + 8% caucho granulado, calicata 1.

En la figura 15 se obtuvo como resultado en la calicata 1, de la combinación del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado, en la relación densidad seca(gr/cm^3) – contenido de humedad (%) de la curva de compactación lo siguiente:

- La máxima densidad seca: $2.03 \text{ gr}/\text{cm}^3$.
- Óptimo contenido de humedad: 9.10%.

Suelo + 12% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.9., acerca del ensayo de Proctor Modificado para la calicata 1 con dosificación de 12% caucho granulado.

Tabla 13.

Resultados de la compactación de especímenes + 12% caucho granulado, calicata 1.

DESCRIPCION	RECIPIENTE			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Compactación				
Peso (Suelo + Molde) (gr)	3530	3720	3770	3720
Peso de Molde (gr)	1910	1910	1910	1910
Peso Suelo Húmedo (gr)	1620	1810	1860	1810
Volumen del Molde) (cm3)	934	934	934	934
Densidad de humedad (gr/cm3)	1.734	1.938	1.991	1.938
Densidad seca (gr/cm3)	1.642	1.809	1.758	1.651
Contenido de humedad				
Peso (Suelo Húmedo + Tara) (gr)	93.9	94.6	122.4	155.8
Peso (Suelo seco+ Tara) (gr)	90.9	88.3	112.5	138.3
Peso de la tara (gr)	37.4	37.0	38.0	37.8
Peso de agua (gr)	3.0	6.3	9.9	17.5
Peso de suelo seco (gr)	53.5	88.3	74.5	100.5
Contenido de humedad (%)	5.61	7.13	13.29	17.41

Fuente. Elaboración propia.

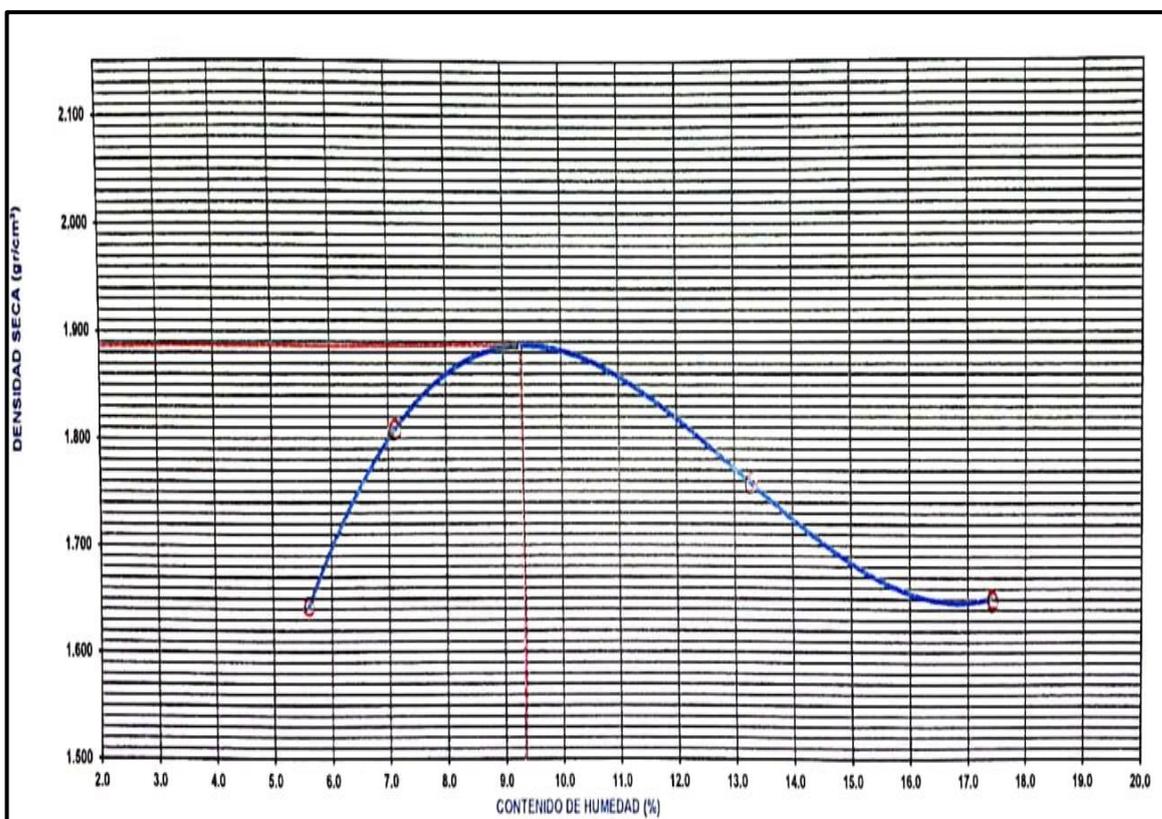


Figura 16. Curva de compactación Proctor modificado + 12% caucho granulado, calicata 1.

En la figura 16 se obtuvo que en la calicata 1, de la combinación del suelo natural con dosificación de 12% caucho granulado, en la relación densidad seca(gr/cm^3) – contenido de humedad (%) de la curva de compactación lo siguiente:

- La máxima densidad seca: $1.89 \text{ gr}/\text{cm}^3$.
- Óptimo contenido de humedad: 9.30%.

Suelo + 16% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.12., acerca del ensayo de Proctor Modificado para la calicata 1 con dosificación de 16% caucho granulado.

Tabla 14.

Resultados de la compactación de especímenes + 16% caucho granulado, calicata 1.

DESCRIPCION	RECIPIENTE			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Compactación				
Peso (Suelo + Molde) (gr)	3450	3660	3740	3620
Peso de Molde (gr)	1910	1910	1910	1910
Peso Suelo Húmedo (gr)	1540	1750	1830	1710
Volumen del Molde) (cm^3)	934	934	934	934
Densidad de humedad (gr/cm^3)	1.649	1.874	1.959	1.831
Densidad seca (gr/cm^3)	1.573	1.738	1.763	1.578
Contenido de humedad				
Peso (Suelo Húmedo + Tara) (gr)	102.7	108.9	117.4	141.7
Peso (Suelo seco+ Tara) (gr)	99.7	101.0	109.5	127.4
Peso de la tara (gr)	37.4	38.2	38.4	38.2
Peso de agua (gr)	3.0	7.9	7.9	14.3
Peso de suelo seco (gr)	62.3	101.0	71.1	89.2
Contenido de humedad (%)	4.82	7.82	11.11	16.03

Fuente. Elaboración propia.

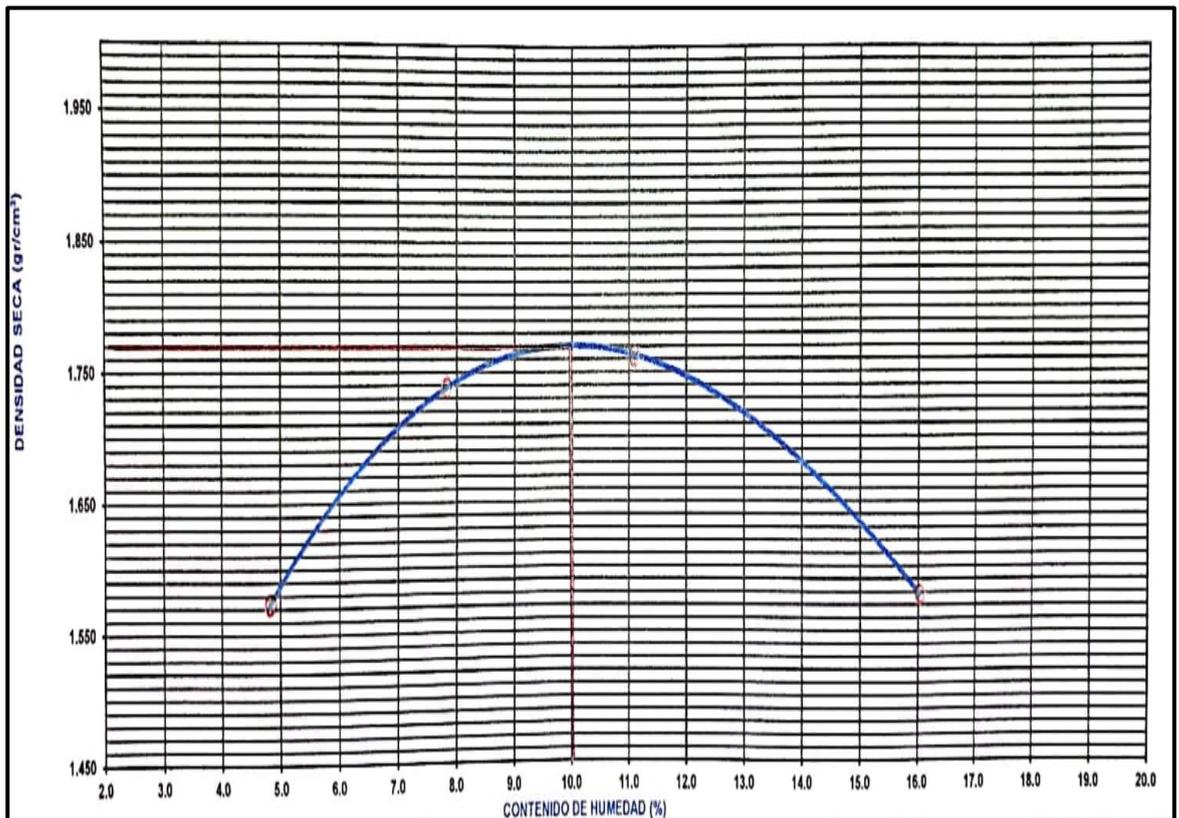


Figura 17. Curva de compactación Proctor modificado + 16% caucho granulado, calicata 1.

En la figura 17 se obtuvo que en la calicata 1, de la combinación de suelo natural con dosificación de 16% caucho granulado, en la relación densidad seca(gr/cm^3) – contenido de humedad (%) de la curva de compactación lo siguiente:

- La máxima densidad seca: $1.77 \text{ gr}/\text{cm}^3$.
- Óptimo contenido de humedad: 10.00%.

A continuación, se va a presentar un cuadro de resumen del ensayo de proctor con la dosificación del caucho granulado utilizado:

Tabla 15.

Resultados de la compactación Proctor Modificado + Dosificaciones, calicata 1.

Ensayo Proctor Modificado, calicata 1		
% Caucho Granulado	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
0% (Estado natural de la subrasante)	2.01 gr/cm ³	10.60%
Suelo + 8%caucho	2.03 gr/cm ³	9.10%
Suelo + 12%caucho	1.89 gr/cm ³	9.30%
Suelo + 16%caucho	1.77 gr/cm ³	10.00%

Fuente. Elaboración propia.

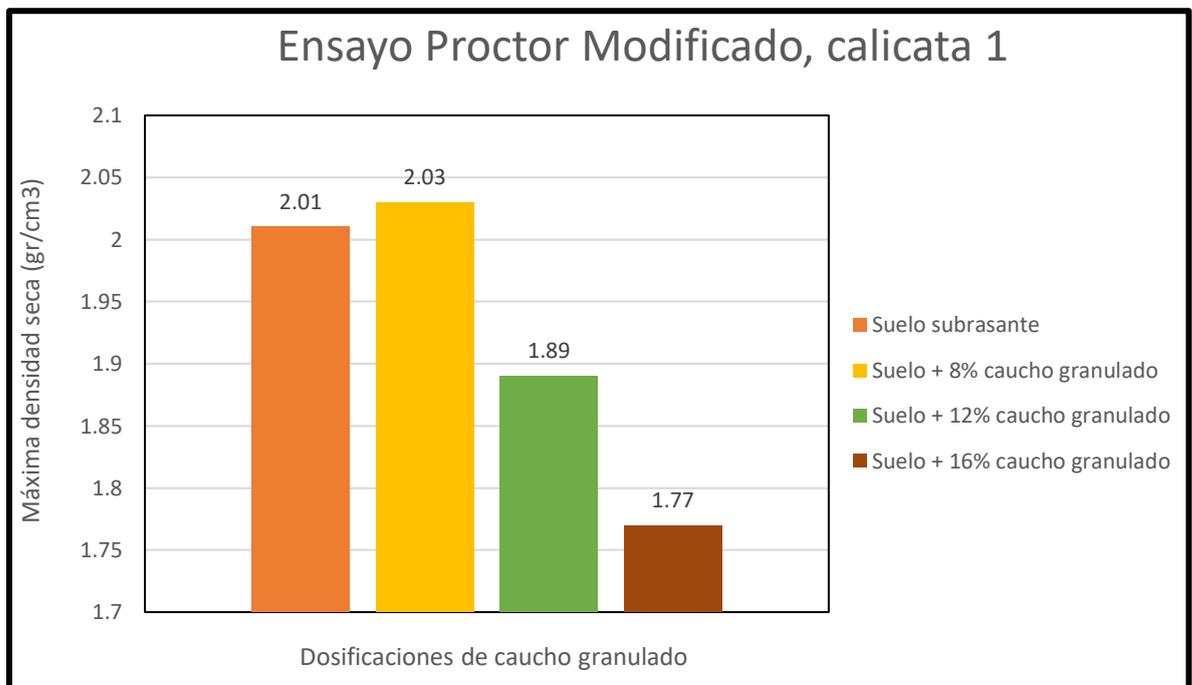


Gráfico 1. Variación de la densidad máxima seca respecto a sus dosificaciones, calicata 1.

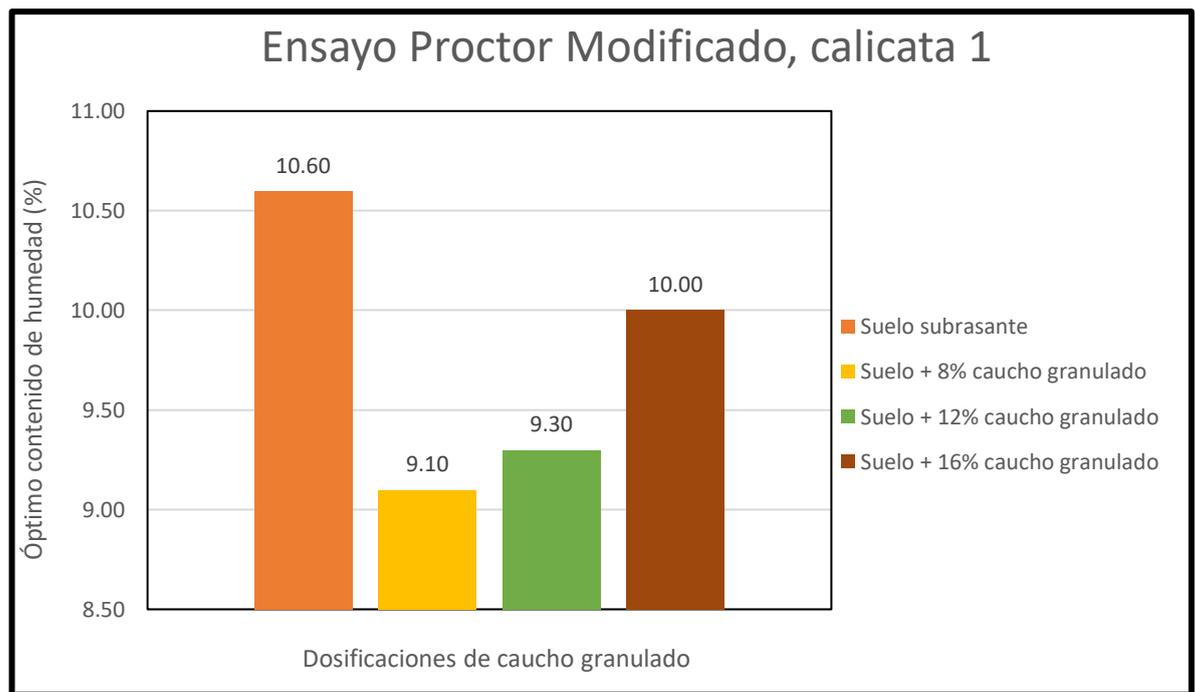


Gráfico 2 . Variación del óptimo contenido de humedad respecto a sus dosificaciones, calicata 1.

Interpretación. En el gráfico 1 se observa que el valor obtenido en la densidad máxima seca en la calicata 1 para el suelo natural es de 2.01 gr/cm³, y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado la densidad máxima seca es de 2.03 gr/cm³, lo cual varía en un 0.02, que significa que hay un aumento ligero de valor en la densidad máxima seca. En las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 1.89 gr/cm³ y de 1.77 gr/cm³ respectivamente, esto quiere que la densidad máxima seca disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho.

Mientras que el gráfico 2 se observa que el menor valor obtenido en el óptimo contenido de humedad en la calicata 1 para el suelo natural es de 10.60%, y con respecto a la muestra con dosificación de 8% de caucho granulado el óptimo contenido de humedad es de 9.10%, lo cual varía en un 1.5%, esto quiere decir que el valor se reduce haciendo que en la mezcla se necesite menos cantidad de agua. En las muestras con dosificaciones de 12% y 16% los valores son de 9.30% y 10.00% respectivamente, que significa que el óptimo contenido de humedad aumenta cuando se agrega mayor cantidad de caucho granulado.

- **Calicata 2.**

Suelo + 0% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.17., acerca del ensayo de Proctor Modificado para la calicata 2.

Tabla 16.

Resultados de la compactación de especímenes, calicata 2.

DESCRIPCION	RECIPIENTE			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Compactación				
Peso (Suelo + Molde) (gr)	3600	3695	3760	3710
Peso de Molde (gr)	1910	1910	1910	1910
Peso Suelo Húmedo (gr)	1690	1785	1850	1800
Volumen del Molde (cm ³)	934	934	934	934
Densidad de humedad (gr/cm ³)	1.809	1.911	1.981	1.927
Densidad seca (gr/cm ³)	1.737	1.805	1.799	1.682
Contenido de humedad				
Peso (Suelo Húmedo + Tara) (gr)	102.3	122.4	11.9	124.4
Peso (Suelo seco+ Tara) (gr)	99.7	115.6	105.1	113.3
Peso de la tara (gr)	37.5	38.3	37.9	37.1
Peso de agua (gr)	2.6	6.8	6.8	11.1
Peso de suelo seco (gr)	62.2	115.6	67.2	76.2
Contenido de humedad (%)	4.18	5.88	10.12	14.57

Fuente. Elaboración propia.

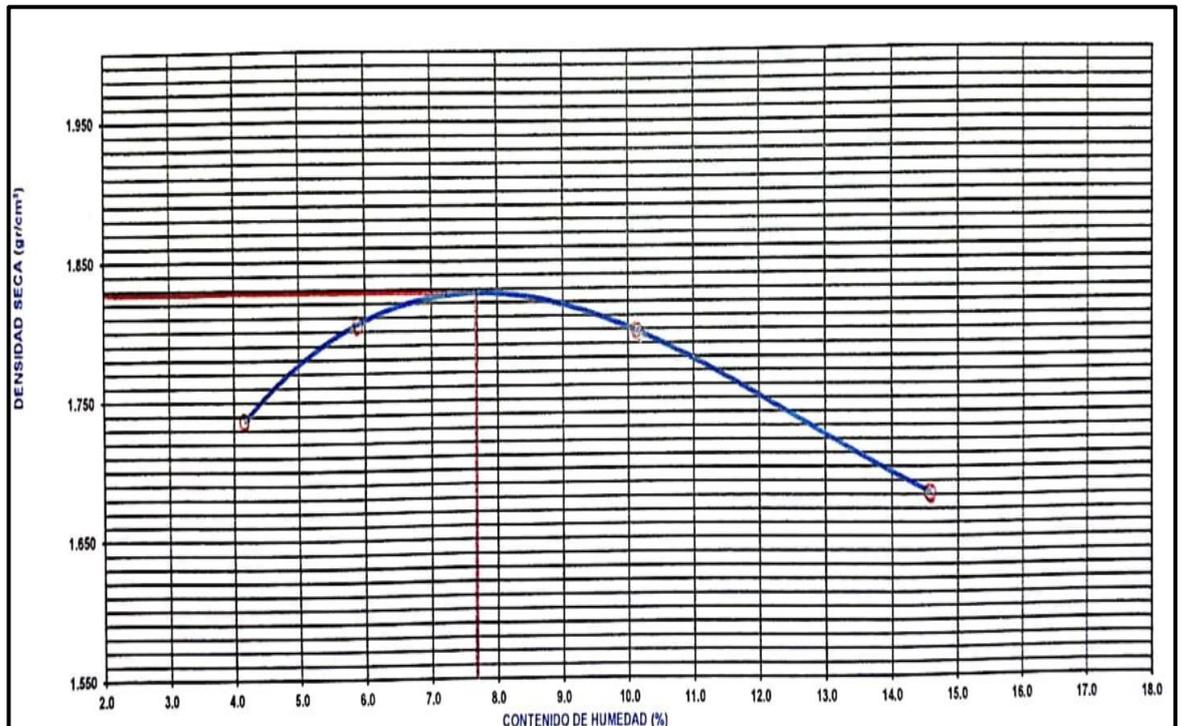


Figura 18. Curva de compactación Proctor modificado, calicata 2.

En la figura 18 se obtuvo como resultado del suelo natural en la calicata 2, en la relación densidad seca(gr/cm^3) – contenido de humedad (%) de la curva de compactación lo siguiente:

- La máxima densidad seca: $1.83 \text{ gr}/\text{cm}^3$.
- Óptimo contenido de humedad: 7.70%.

Suelo + 8% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.20., acerca del ensayo de Proctor Modificado para la calicata 2 con dosificación de 8% caucho granulado.

Tabla 17.

Resultados de la compactación de especímenes + 8% caucho granulado, calicata 2.

DESCRIPCION	RECIPIENTE			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Compactación				
Peso (Suelo + Molde) (gr)	3520	3630	3690	3510
Peso de Molde (gr)	1910	1910	1910	1910
Peso Suelo Húmedo (gr)	1610	1720	1780	1600
Volumen del Molde (cm^3)	934	934	934	934
Densidad de humedad (gr/cm^3)	1.724	1.842	1.906	1.713
Densidad seca (gr/cm^3)	1.644	1.743	1.712	1.486
Contenido de humedad				
Peso (Suelo Húmedo + Tara) (gr)	109.4	104.6	108.1	165.3
Peso (Suelo seco+ Tara) (gr)	106.1	99.0	100.9	148.3
Peso de la tara (gr)	38.2	37.8	37.4	37.1
Peso de agua (gr)	3.3	5.6	7.2	17.0
Peso de suelo seco (gr)	67.9	99.0	63.5	111.2
Contenido de humedad (%)	4.86	5.66	11.34	15.29

Fuente. Elaboración propia.

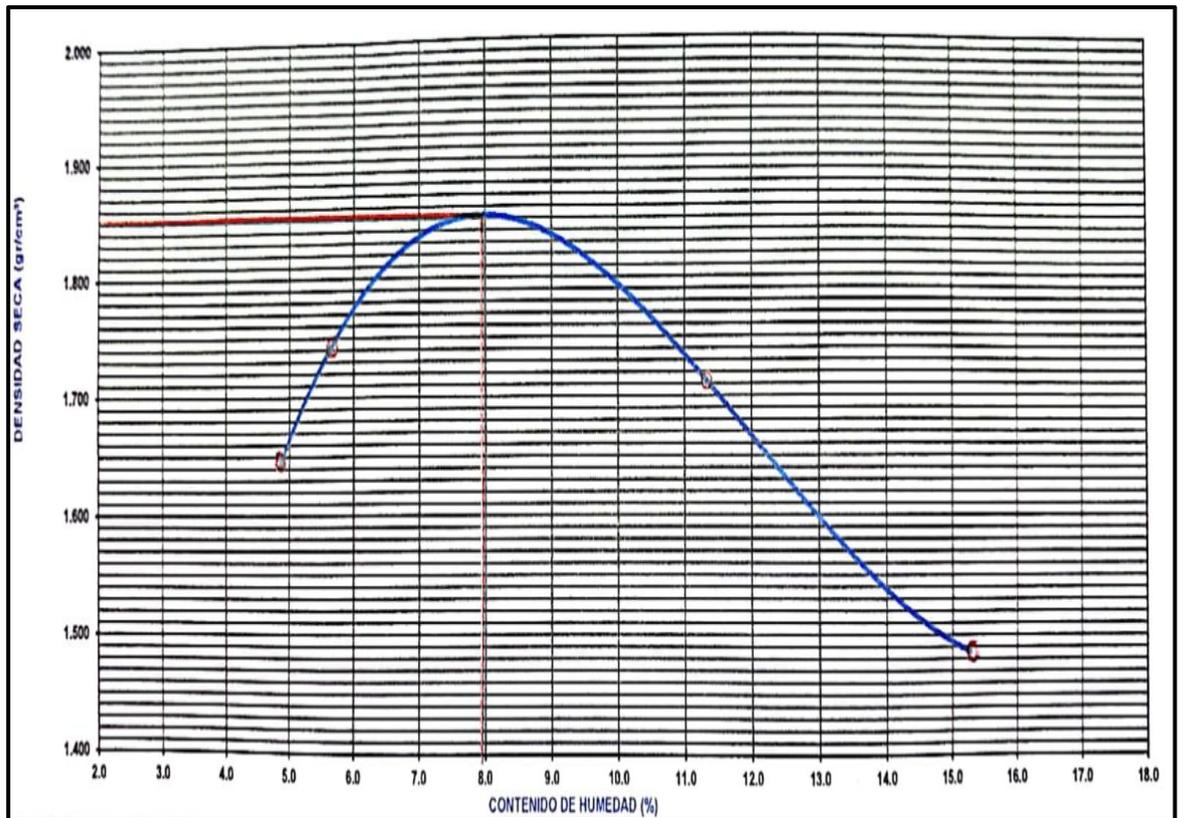


Figura 19. Curva de compactación Proctor modificado + 8% caucho granulado, calicata 2.

En la figura 19 se obtuvo como resultado en la calicata 2, de la combinación del suelo natural con dosificación de 12% caucho granulado, en la relación densidad seca(gr/cm^3) – contenido de humedad (%) de la curva de compactación lo siguiente:

- La máxima densidad seca: $1.85 \text{ gr}/\text{cm}^3$.
- Óptimo contenido de humedad: 7.90%.

Suelo + 12% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.23., acerca del ensayo de Proctor Modificado para la calicata 2 con dosificación de 12% caucho granulado.

Tabla 18.

Resultados de la compactación de especímenes + 12% caucho granulado, calicata 2.

DESCRIPCION	RECIPIENTE			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Compactación				
Peso (Suelo + Molde) (gr)	3500	3590	3660	3630
Peso de Molde (gr)	1910	1910	1910	1910
Peso Suelo Húmedo (gr)	1590	1680	1750	1720
Volumen del Molde) (cm ³)	934	934	934	934
Densidad de humedad (gr/cm ³)	1.702	1.799	1.874	1.842
Densidad seca (gr/cm ³)	1.629	1.707	1.686	1.601
Contenido de humedad				
Peso (Suelo Húmedo + Tara) (gr)	107.6	107.3	124.1	126.5
Peso (Suelo seco+ Tara) (gr)	104.6	101.8	115.4	114.8
Peso de la tara (gr)	38.2	37.8	37.4	37.1
Peso de agua (gr)	3.0	5.5	8.7	11.7
Peso de suelo seco (gr)	66.4	101.8	78	77.7
Contenido de humedad (%)	4.52	5.40	11.15	15.06

Fuente. Elaboración propia.

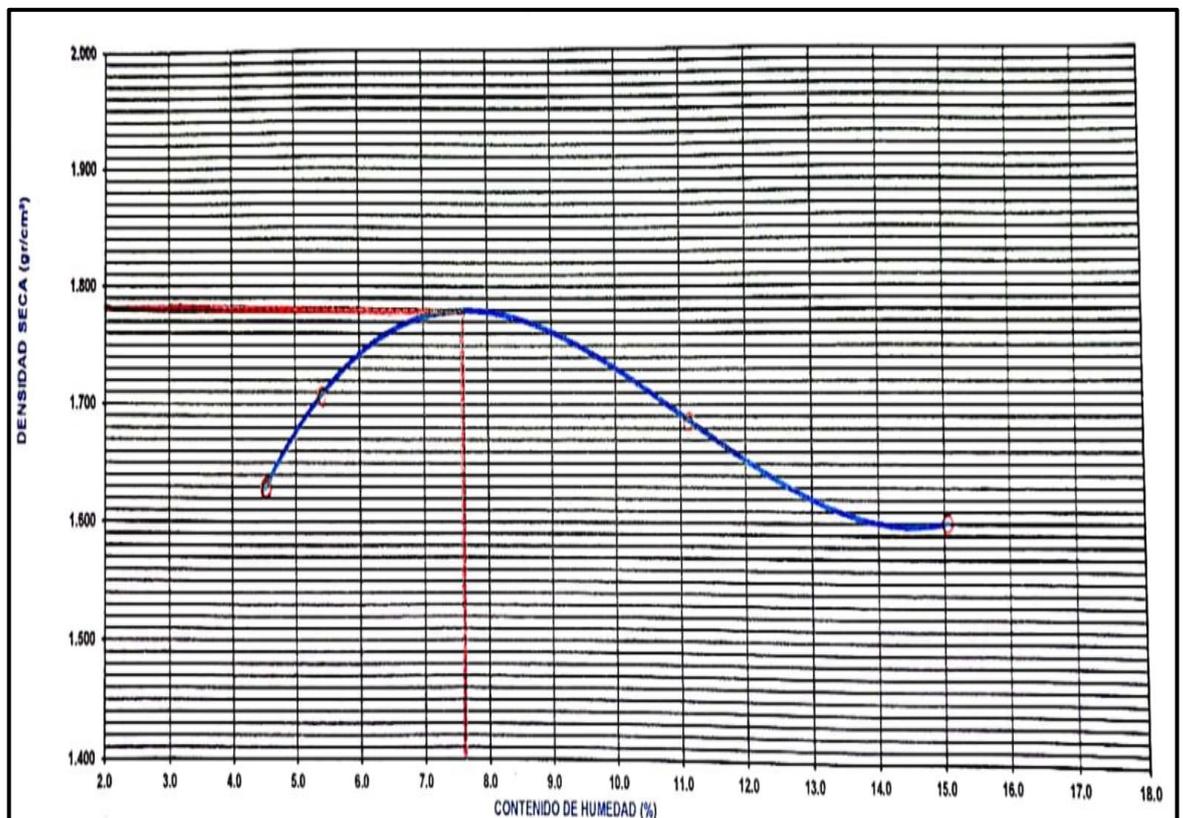


Figura 20. *Curva de compactación Proctor modificado + 12% caucho granulado, calicata 2.*

En la figura 20 se obtuvo que en la calicata 2, de la combinación del suelo natural con dosificación de 12% caucho granulado, en la relación densidad seca(gr/cm^3) – contenido de humedad (%) de la curva de compactación lo siguiente:

- La máxima densidad seca: $1.78 \text{ gr}/\text{cm}^3$.
- Óptimo contenido de humedad: 7.60%.

Suelo + 16% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.26., acerca del ensayo de Proctor Modificado para la calicata 2 con dosificación de 16% caucho granulado.

Tabla 19.

Resultados de la compactación de especímenes + 16% caucho granulado, calicata 2.

DESCRIPCION	RECIPIENTE			
	E-1	E-2	E-3	E-4
Compactación				
Peso (Suelo + Molde) (gr)	3450	3510	3600	3560
Peso de Molde (gr)	1910	1910	1910	1910
Peso Suelo Húmedo (gr)	1540	1600	1690	1650
Volumen del Molde) (cm^3)	934	934	934	934
Densidad de humedad (gr/cm^3)	1.649	1.713	1.809	1.767
Densidad seca (gr/cm^3)	1.584	1.620	1.613	1.527
Contenido de humedad				
Peso (Suelo Húmedo + Tara) (gr)	98.1	114.4	110.1	138.5
Peso (Suelo seco+ Tara) (gr)	95.7	108.2	102.3	124.9
Peso de la tara (gr)	37.3	38.2	38.4	38.2
Peso de agua (gr)	2.4	6.2	7.8	13.6
Peso de suelo seco (gr)	58.4	108.2	63.9	86.7
Contenido de humedad (%)	4.11	5.73	12.21	15.69

Fuente. Elaboración propia.

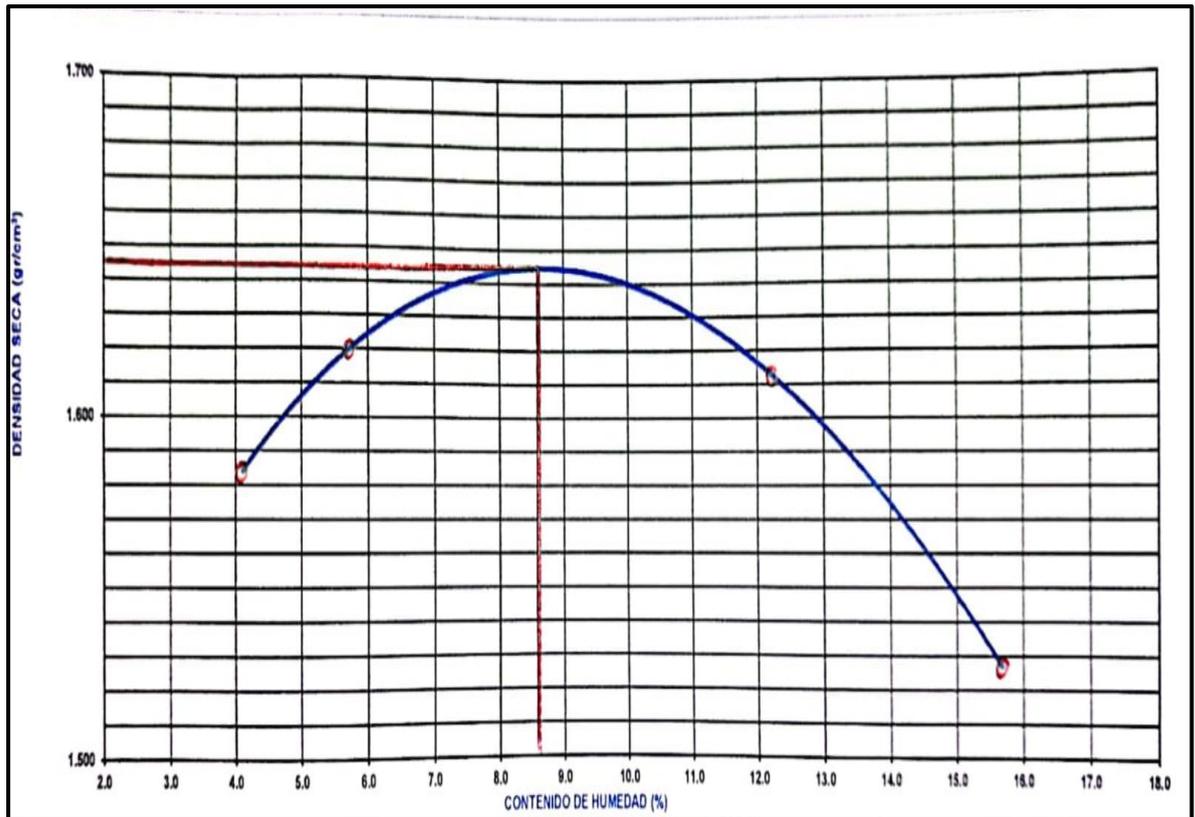


Figura 21. Curva de compactación Proctor modificado + 16% caucho granulado, calicata 2.

En la figura 21 se obtuvo que en la calicata 2, de la combinación del suelo natural con dosificación de 16% caucho granulado, en la relación densidad seca(gr/cm^3) – contenido de humedad (%) de la curva de compactación lo siguiente:

- La máxima densidad seca: $1.64 \text{ gr}/\text{cm}^3$.
- Óptimo contenido de humedad: 8.60%.

A continuación, se va a presentar un cuadro de resumen del ensayo de proctor y de la dosificación del caucho granulado utilizado:

Tabla 20.

Resultados de la compactación Proctor Modificado + Dosificaciones, calicata 2.

Ensayo Proctor Modificado, calicata 2		
% Caucho Granulado	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
0% (Estado natural de la subrasante)	1.83 gr/cm ³	7.70%
Suelo + 8%caucho	1.85 gr/cm ³	7.90%
Suelo + 12%caucho	1.78 gr/cm ³	7.60%
Suelo + 16%caucho	1.64 gr/cm ³	8.60%

Fuente. Elaboración propia.

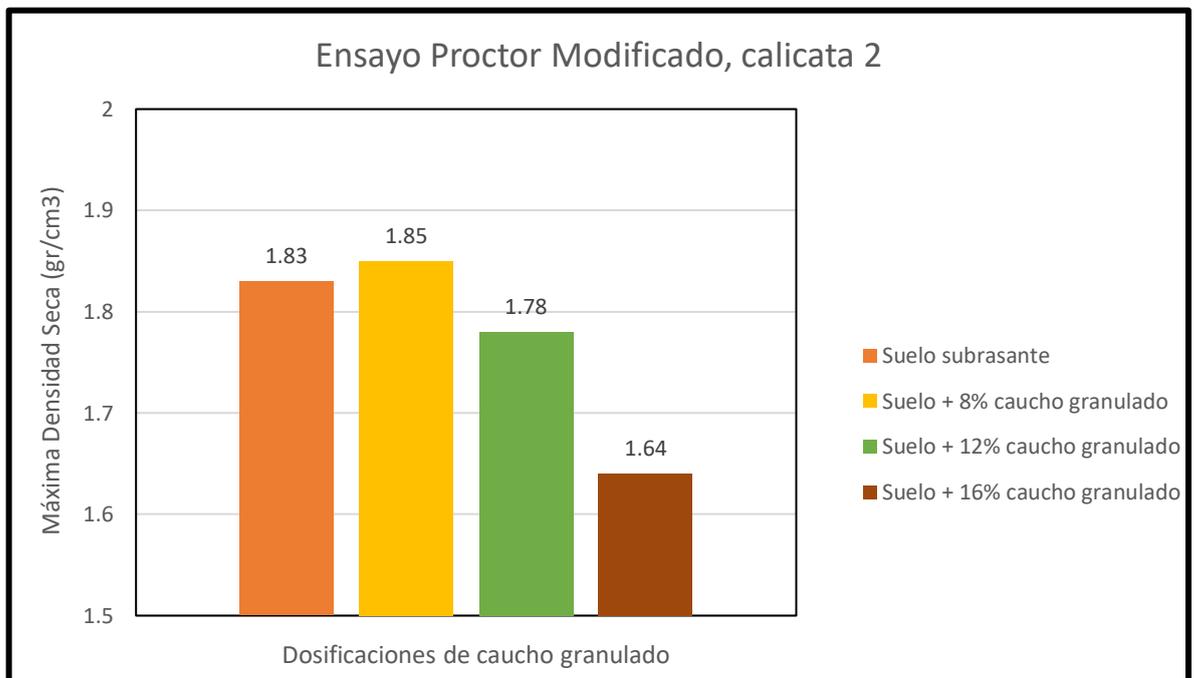


Gráfico 3. Variación de la densidad máxima seca respecto a sus dosificaciones, calicata 2.

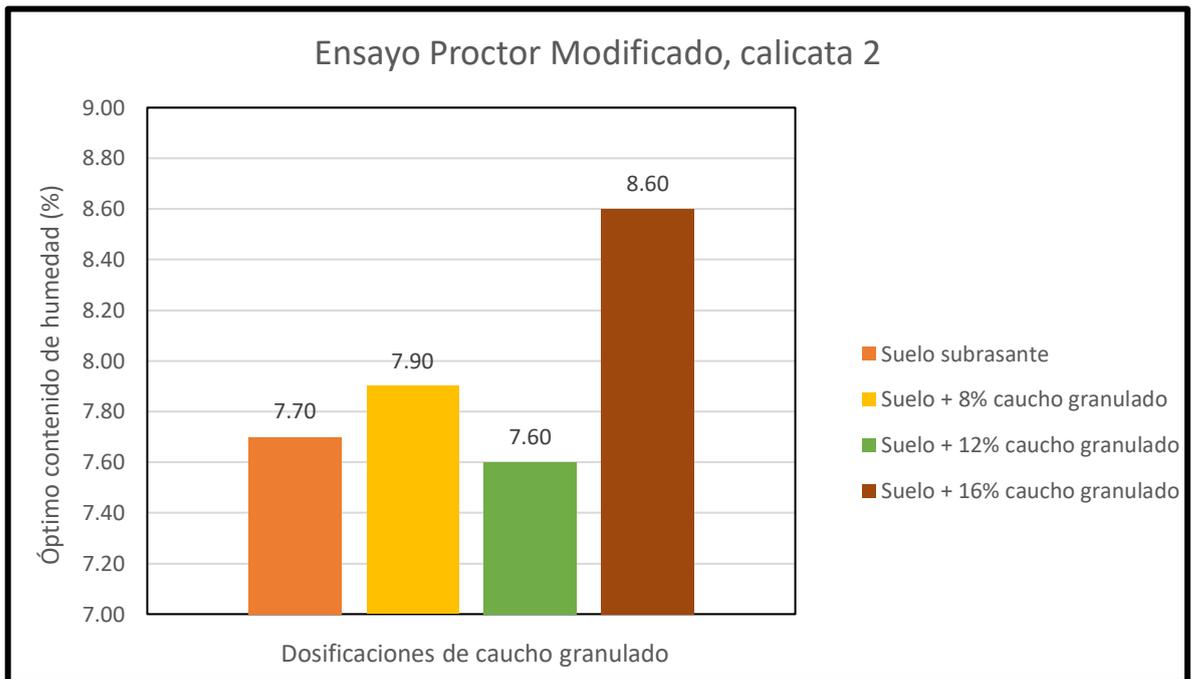


Gráfico 4. Variación del óptimo contenido de humedad respecto a sus dosificaciones, calicata 2.

Interpretación. En el gráfico 3 se observa que el valor obtenido en la densidad máxima seca en la calicata 2 para el suelo natural es de 1.83 gr/cm³, y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado la densidad máxima seca es de 1.85 gr/cm³, lo cual varía en un 0.02, que significa que hay un aumento ligero de valor en la densidad máxima seca. En las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 1.78 gr/cm³ y de 1.64 gr/cm³ respectivamente, esto quiere que la densidad máxima seca disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho.

Mientras que el gráfico 4 se observa que el menor valor obtenido en el óptimo contenido de humedad en la calicata 2 para el suelo natural es de 7.70%, y con respecto a la muestra con dosificación de 12% de caucho granulado el óptimo contenido de humedad es de 7.60%, lo cual varía en un 0.10%, esto quiere decir que el valor se reduce haciendo que en la mezcla se necesite menos cantidad de agua. En las muestras con dosificaciones de 8% y 16% los valores son de 7.90% y 8.60% respectivamente, que significa que el óptimo contenido de humedad

aumenta cuando se agrega mayor cantidad de caucho granulado.

Considerando la hipótesis específica 1 ; se va establecer que el uso del caucho reciclado no influye de manera significativa en el ensayo de proctor de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021; debido que cuando se usa mayor dosificación de caucho granulado en la mezcla con el suelo natural, los valores de la densidad máxima seca van disminuyendo y el óptimo contenido de humedad aumentan.

Ensayo C.B.R.

- **Calicata 1.**

Suelo + 0% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.4., acerca del ensayo CBR para la calicata 1 del suelo natural.

Tabla 21.

Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa del suelo natural, calicata 1.

Molde N°	1	3	2
Capa N°	5	5	5
Golpes de capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	Sin sumergir	Sin sumergir	Sin sumergir
Peso Molde + Suelo Húmedo (gr)	13260	12920	12460
Peso del Molde (gr)	8410	8450	8260
Suelo Húmedo (gr)	4850	4470	4200
Volumen del molde (cc)	2189	2189	2189
Densidad húmeda (gr/cc.)	2.22	2.04	1.92
Humedad (%)	10.90	10.40	10.90
Densidad seca (gr/cc.)	2.00	1.85	1.73
Tarro N°	1	2	5
Tarro suelo húmedo (gr)	114.5	107.1	101.0
Tarro suelo seco (gr)	106.9	100.6	94.8
Agua (gr)	7.6	6.5	6.2
Peso del tarro (gr)	37.4	38.3	37.8
Peso del suelo seco (gr)	69.5	62.3	57.0
Humedad (%)	10.9	10.4	10.9

Fuente. *Elaboración propia.*

Tabla 22.

Penetración de especímenes de suelo natural, calicata 1.

PENETRACIÓN			LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	31.6	70	22	22.1	49	16	11.7	26	9
1.00	1.300	0.50	73.6	162	54	53.1	117	39	34.5	76	25
1.30	1.900	0.75	129.8	286	95	102.8	226	75	78.1	172	57
2.00	2.500	0.100	224.6	494	165	188.6	415	138	153.3	337	112
3.00	3.800	0.150	370.2	814	271	350.3	771	257	308	678	226
4.00	5.000	0.200	578.2	1272	424	501.1	1102	367	430.5	947	316
5.00	6.000	0.250	685.9	1509	503	604.8	1331	444	502	1104	368
6.00	7.500	0.300	885.3	1948	649	725.8	1597	532	605	1331	444

Fuente. Elaboración propia.

El grafico de CBR obtenido del Anexo 6.5., para la calicata 1 del suelo natural.

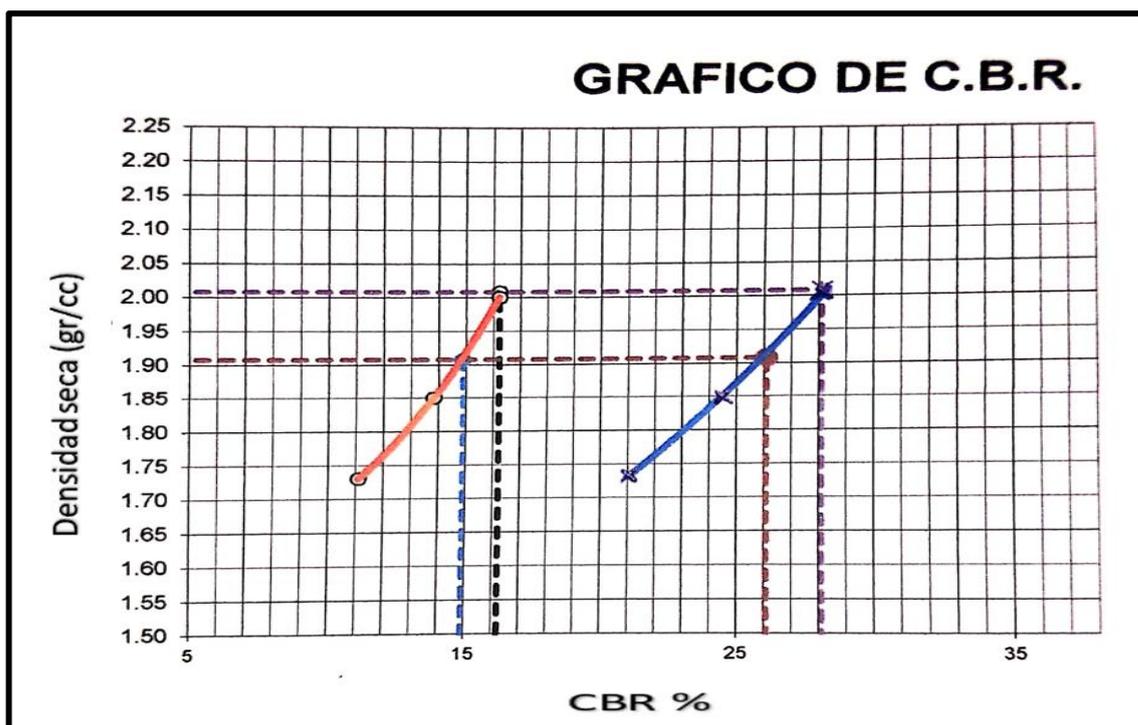


Gráfico 5 . Gráfico de CBR en suelo natural, calicata 1.

En el ensayo de CBR para la calicata 1 del suelo natural se obtuvo los siguientes resultados:

- Con penetración 0.1" al 100% de la MDS , un CBR de 16.23%.

- Con penetración 0.1" al 95% de la MDS, un CBR de 14.90%.
- Con penetración 0.2" al 100% de la MDS, un CBR de 28.12%.
- Con penetración 0.2" al 95% de la MDS, un CBR de 26.10%.

Suelo + 8% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.7., acerca del ensayo CBR para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado.

Tabla 23.

Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 1.

Molde N°	1	3	2
Capa N°	5	5	5
Golpes de capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	Sin sumergir	Sin sumergir	Sin sumergir
Peso Molde + Suelo Húmedo (gr)	13280	12710	12430
Peso del Molde (gr)	8410	8450	8260
Suelo Húmedo (gr)	4870	4260	4170
Volumen del molde (cc)	2189	2189	2189
Densidad húmeda (gr/cc.)	2.22	1.95	1.9
Humedad (%)	9.30	9.40	9.00
Densidad seca (gr/cc.)	2.03	1.78	1.74
Tarro N°	1	2	5
Tarro suelo húmedo (gr)	105.5	104.7	107.3
Tarro suelo seco (gr)	99.7	99	101.6
Agua (gr)	5.8	5.7	5.7
Peso del tarro (gr)	37.4	38.3	38.4
Peso del suelo seco (gr)	62.3	60.7	63.2
Humedad (%)	9.3	9.4	9.0

Fuente. *Elaboración propia.*

Tabla 24.

Penetración de especímenes con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 1.

PENETRACIÓN			LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	22.5	50	16	18.2	40	13	9.7	21	7
1.00	1.300	0.50	46	101	34	29.6	65	22	18.4	40	13
1.30	1.900	0.75	106.5	234	78	73.8	162	54	60.1	132	44
2.00	2.500	0.100	198	436	145	111	244	81	95	209	70
3.00	3.800	0.150	250.3	551	184	175	385	128	145.1	319	106
4.00	5.000	0.200	352	774	258	246	541	180	220	484	161
5.00	6.000	0.250	395	869	290	318	700	233	340	748	249
6.00	7.500	0.300	443.2	975	325	430	946	315	370.9	816	272

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico de CBR obtenido del Anexo 6.8., para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 1.

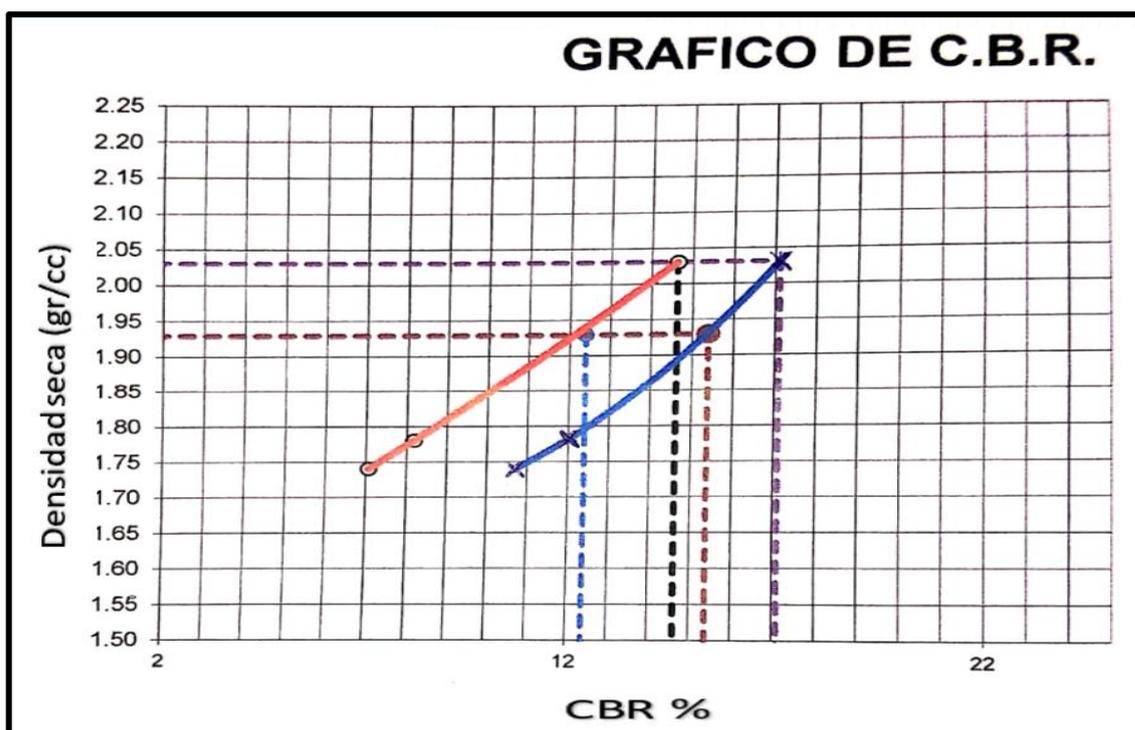


Gráfico 6. Gráfico de CBR con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 1.

En el ensayo de CBR para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado se obtuvo los siguientes resultados:

- Con penetración 0.1" al 100% de la MDS, un CBR de 14.63%.

- Con penetración 0.1" al 95% de la MDS, un CBR de 12.40%.
- Con penetración 0.2" al 100% de la MDS, un CBR de 17.12%.
- Con penetración 0.2" al 95% de la MDS, un CBR de 15.40%.

Suelo + 12% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.10., acerca del ensayo CBR para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 12% caucho granulado.

Tabla 25.

Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 1.

Molde N°	1	3	2
Capa N°	5	5	5
Golpes de capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	Sin sumergir	Sin sumergir	Sin sumergir
Peso Molde + Suelo Húmedo (gr)	12910	12880	12370
Peso del Molde (gr)	8410	8450	8260
Suelo Húmedo (gr)	4500	4430	4110
Volumen del molde (cc)	2189	2189	2189
Densidad húmeda (gr/cc.)	2.06	2.02	1.88
Humedad (%)	9.00	9.10	9.90
Densidad seca (gr/cc.)	1.89	1.85	1.71
Tarro N°	1	2	5
Tarro suelo húmedo (gr)	103.8	116	123.7
Tarro suelo seco (gr)	98.3	109.5	116
Agua (gr)	5.5	6.5	7.7
Peso del tarro (gr)	37.4	38.3	38.4
Peso del suelo seco (gr)	60.9	71.2	77.6
Humedad (%)	9.0	9.1	9.9

Fuente. *Elaboración propia.*

Tabla 26.

Penetración de especímenes con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 1.

PENETRACIÓN			LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	15	33	11	10	22	7	6.7	15	5
1.00	1.300	0.50	33	73	24	21	46	15	10	22	7
1.30	1.900	0.75	56.4	124	41	47.3	104	35	26.6	59	20
2.00	2.500	0.100	86.7	191	64	80.6	177	59	51.5	113	38
3.00	3.800	0.150	187.5	413	138	140.3	309	103	123.1	271	90
4.00	5.000	0.200	210	462	154	195	429	143	161.1	354	118
5.00	6.000	0.250	266	585	195	250	550	183	190	418	139
6.00	7.500	0.300	338	744	248	328	722	241	231.8	510	170

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico de CBR obtenido del Anexo 6.11., para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 1.

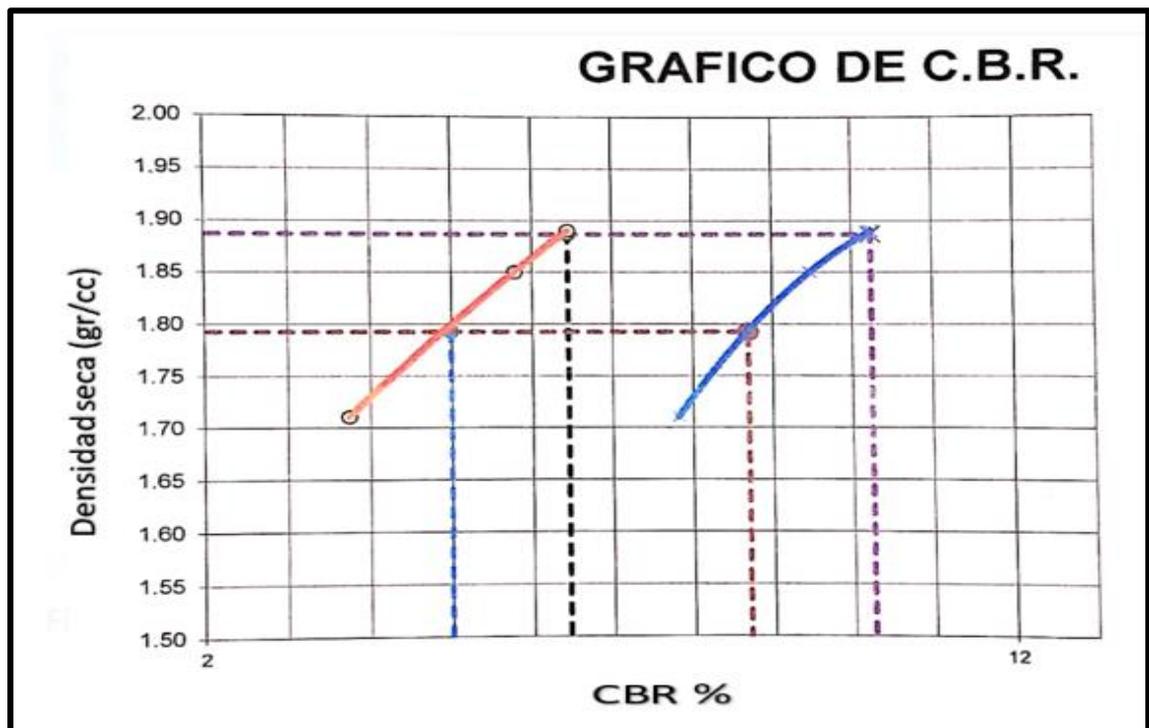


Gráfico 7. Gráfico de CBR con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 1.

En el ensayo de CBR para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 12% caucho granulado se obtuvo los siguientes resultados:

- Con penetración 0.1" al 100%, un CBR de 6.45%.

- Con penetración 0.1" al 95% de la MDS, un CBR de 5.00%.
- Con penetración 0.2" al 100% de la MDS, un CBR de 10.25%.
- Con penetración 0.2" al 95% de la MDS, un CBR de 8.70%.

Suelo + 16% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.13., acerca del ensayo CBR para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado.

Tabla 27.

Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 1.

Molde N°	1	3	2
Capa N°	5	5	5
Golpes de capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	Sin sumergir	Sin sumergir	Sin sumergir
Peso Molde + Suelo Húmedo (gr)	12670	12210	12060
Peso del Molde (gr)	8410	8260	8450
Suelo Húmedo (gr)	4260	3950	3610
Volumen del molde (cc)	2189	2189	2189
Densidad húmeda (gr/cc.)	1.95	1.8	1.65
Humedad (%)	10.00	10.90	10.60
Densidad seca (gr/cc.)	1.77	1.62	1.49
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo (gr)	107	120.5	130.5
Tarro suelo seco (gr)	100.7	112.4	121.7
Agua (gr)	6.3	8.1	8.8
Peso del tarro (gr)	37.4	38.3	38.4
Peso del suelo seco (gr)	63.3	74.1	83.3
Humedad (%)	10.0	10.9	10.6

Fuente. *Elaboración propia.*

Tabla 28.

Penetración de especímenes con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 1.

PENETRACIÓN			LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	20.5	45	14	5.6	12	4	25	6	2
1.00	1.300	0.50	39	86	29	11.7	26	9	9	20	7
1.30	1.900	0.75	54.4	120	40	23	51	17	15.2	33	11
2.00	2.500	0.100	74	163	54	58.4	128	43	48	106	35
3.00	3.800	0.150	120	264	88	111	244	81	106.1	233	78
4.00	5.000	0.200	207	455	152	166.1	365	122	135.2	297	99
5.00	6.000	0.250	292	642	214	210.6	463	154	157.3	346	115
6.00	7.500	0.300	403	887	296	277.5	611	204	197	433	144

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico de CBR obtenido del Anexo 6.14., para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 1.

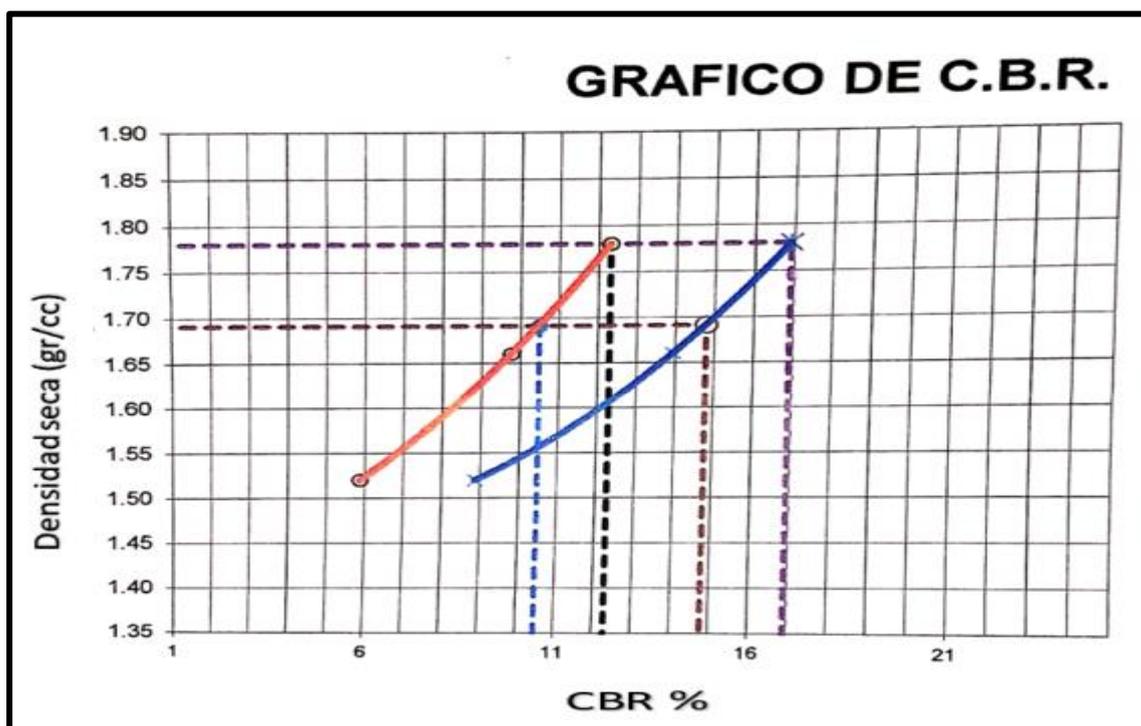


Gráfico 8. Gráfico de CBR con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 1.

En el ensayo de CBR para la calicata 1 del suelo natural con dosificación de 16% caucho granulado se obtuvo los siguientes resultados::

- Con penetración 0.1" de la MDS al 100%, un CBR de 5.33%.

- Con penetración 0.1" al 95% de la MDS, un CBR de 4.75%.
- Con penetración 0.2" al 100% de la MDS, un CBR de 10.06%.
- Con penetración 0.2" al 95% de la MDS, un CBR de 8.90%.

Tabla 29.

Resultados del ensayo CBR y dosificación del caucho, calicata 1.

Ensayo CBR	Dosificaciones	Penetración	
		0.1"	0.2"
100%	Suelo subrasante	16.23%	28.12%
	Suelo+8%caucho	14.63%	17.12%
	Suelo+12%caucho	6.45%	10.25%
	Suelo+16%caucho	5.33%	10.06%
95%	Suelo subrasante	14.90%	26.10%
	Suelo+8%caucho	12.40%	15.40%
	Suelo+12%caucho	5.00%	8.70%
	Suelo+16%caucho	4.75%	8.90%

Fuente. Elaboración propia.

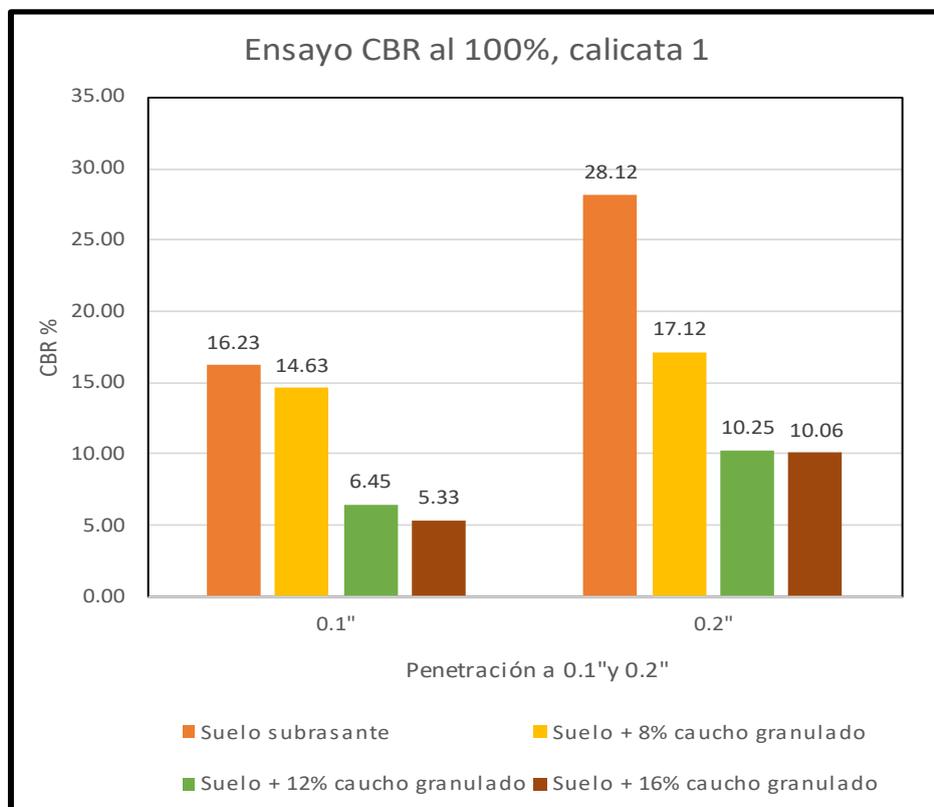


Gráfico 9. Comparación Resultados del ensayo CBR al 100%, calicata 1.

Interpretación. En el gráfico 9 se observa que el valor de CBR al 100% en 0.1" de penetración para la calicata 1 en el suelo natural tiene un valor de 16.23%, determinando que es una subrasante buena; y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado tiene un valor de 14.63%, esto quiere decir que hay una disminución de valor en el CBR de 1.60%; en las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 6.45% y 5.33%, con una variación de valor de 9.78% y de 10.90% respectivamente, esto significa que el CBR disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho granulado. Para la dosificación de 8% de caucho granulado se determina que la subrasante es buena, en la dosificación de 12% de caucho granulado es una subrasante regular y en la dosificación de 16% de caucho granulado es una subrasante insuficiente.

Se observa también que el valor de CBR al 100% en 0.2" de penetración para la calicata 1 en el suelo natural tiene un valor de 28.12%, determinando que es una subrasante muy buena; y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado tiene un valor de 17.12%, esto quiere decir que hay una disminución de valor en el CBR de 11%; en las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 10.25% y 10.06%, con una variación de valor de 17.87% y de 18.06% respectivamente, esto significa que el CBR disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho granulado. Para la dosificación de 8%, 12% y 16% de caucho granulado se determina que la subrasante es buena.

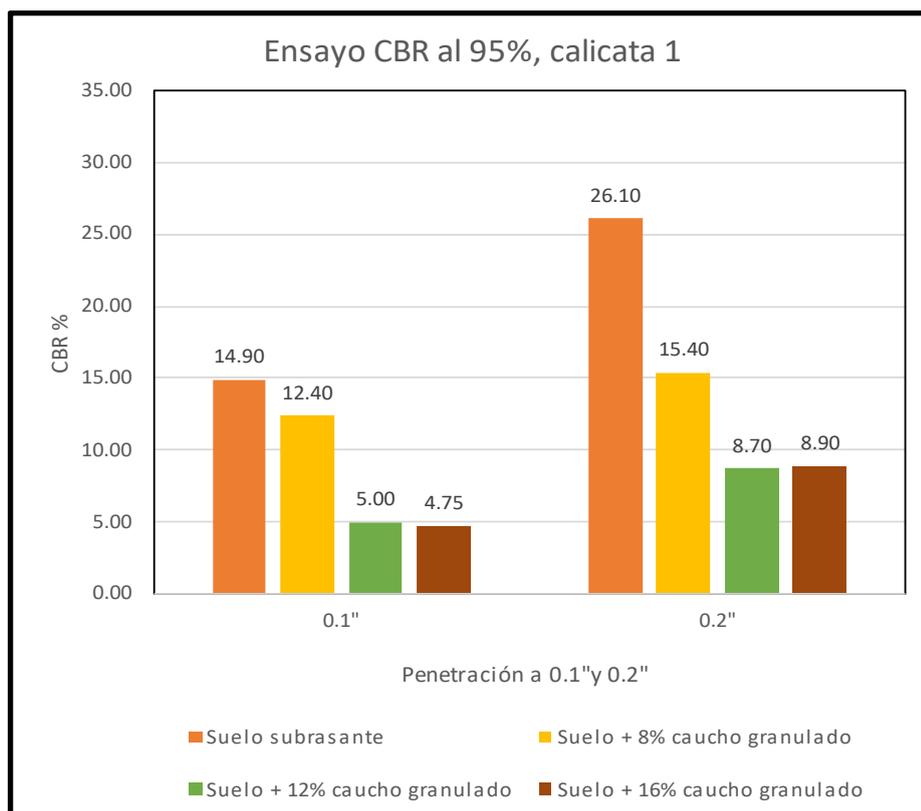


Gráfico 10. Comparación Resultados del ensayo CBR al 95%, calicata 1.

Interpretación. En el gráfico 10 se observa que el valor de CBR al 95% en 0.1" de penetración para la calicata 1 en el suelo natural tiene un valor de 14.90%, determinando que es una subrasante buena; y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado tiene un valor de 12.40%, esto quiere decir que hay una disminución de valor en el CBR de 2.50%; en las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 5.0% y 4.75%, con una variación de valor de 9.90% y de 10.15% respectivamente, esto significa que el CBR disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho granulado. Para la dosificación de 8% de caucho granulado se determina que la subrasante es buena, en las dosificaciones de 12% y 16% de caucho granulado es una subrasante insuficiente. Se observa también que el valor de CBR al 95% en 0.2" de penetración para la calicata 1 en el suelo natural tiene un valor de 26.10%, determinando que es una subrasante muy buena; y con respecto a la

muestra con dosificación de 8% caucho granulado tiene un valor de 15.40%, esto quiere decir que hay una disminución de valor en el CBR de 10.70%; en las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 8.70% y 8.90%, con una variación de valor de 17.40% y de 17.20% respectivamente, esto significa que el CBR disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho granulado. Para la dosificación de 8% de caucho granulado se determina que la subrasante es buena, y para la dosificación de 12% y 16% de caucho granulado se determina que la subrasante es regular.

- **Calicata 2.**

Suelo + 0% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.18., acerca del ensayo CBR para la calicata 2 del suelo natural

Tabla 30.

Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa del suelo natural, calicata2.

Molde N°	1	3	2
Capa N°	5	5	5
Golpes de capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	Sin sumergir	Sin sumergir	Sin sumergir
Peso Molde + Suelo Húmedo (gr)	12720	12260	12250
Peso del Molde (gr)	8410	8260	8450
Suelo Húmedo (gr)	4310	4000	3800
Volumen del molde (cc)	2189	2189	2189
Densidad húmeda (gr/cc.)	1.97	1.83	1.74
Humedad (%)	7.60	7.80	7.60
Densidad seca (gr/cc.)	1.83	1.7	1.62
Tarro N°	1	2	5
Tarro suelo húmedo (gr)	127.5	122.3	138.8
Tarro suelo seco (gr)	121.1	116.2	131.7
Agua (gr)	6.4	6.1	7.1
Peso del tarro (gr)	37.4	38.3	37.8
Peso del suelo seco (gr)	83.7	77.9	93.9
Humedad (%)	7.6	7.8	7.6

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 31.

Penetración de especímenes del suelo natural, calicata 2.

PENETRACIÓN			LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg ²	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg ²	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	106	233	74	46.4	102	34	37.4	82	27
1.00	1.300	0.50	267.5	589	196	155.3	342	114	103	227	76
1.30	1.900	0.75	393.2	865	288	197	433	144	171.5	377	126
2.00	2.500	0.100	419.7	923	308	306.5	674	225	219	482	161
3.00	3.800	0.150	496.8	1093	364	409.7	901	300	340.8	750	250
4.00	5.000	0.200	689.1	1516	505	531.1	1168	389	439.1	966	322
5.00	6.000	0.250	670.7	1476	492	620	1364	455	517.8	1139	380
6.00	7.500	0.300	781.9	1720	573	710	1562	521	655	1441	480

Fuente. *Elaboración propia.*

El gráfico de CBR obtenido del Anexo 6.18., para la calicata 2 del suelo natural.

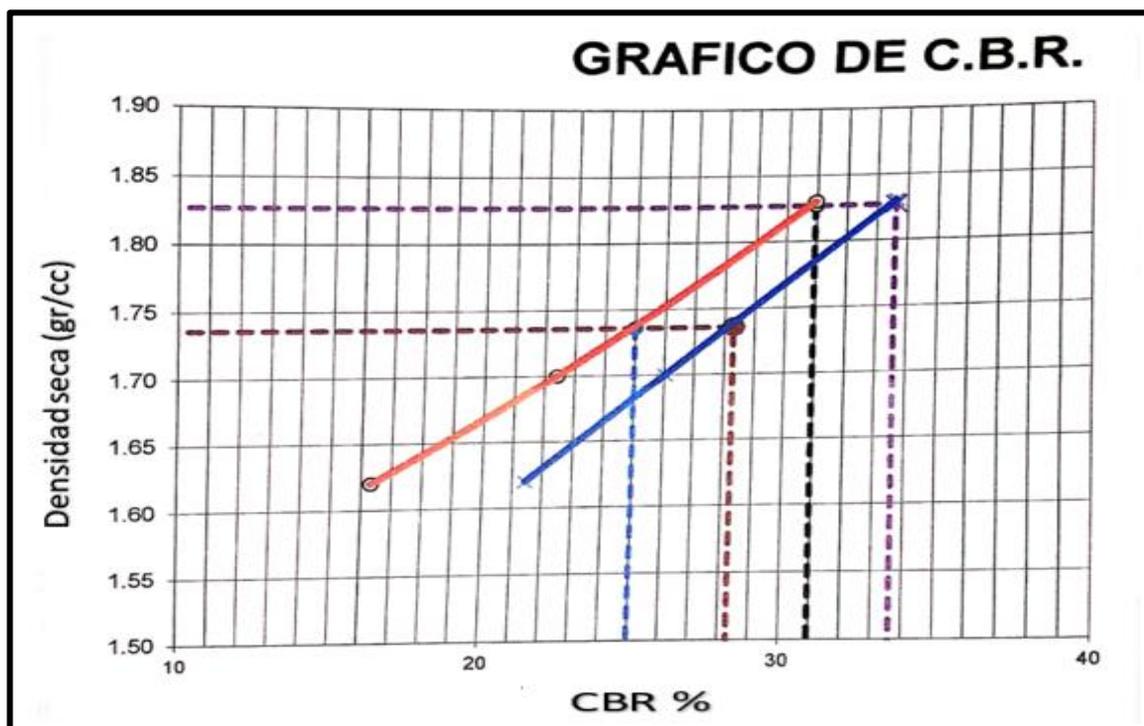


Gráfico 11. *Gráfico de CBR en suelo natural, calicata 2.*

En el ensayo de CBR para la calicata 2 del suelo natural se obtuvo los siguientes resultados:

- Con penetración 0.1" de la MDS al 100%, un CBR de 30.94%.

- Con penetración 0.1" de la MDS al 95%, un CBR de 25.00%.
- Con penetración 0.2" de la MDS al 100%, un CBR de 33.62%.
- Con penetración 0.2" de la MDS al 95%, un CBR de 28.31%.

Suelo + 8% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.21., acerca del ensayo CBR para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado.

Tabla 32.

Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 2.

Molde N°	1	3	2
Capa N° con dosificación de 16% caucho granulado	5	5	5
Golpes de capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	Sin sumergir	Sin sumergir	Sin sumergir
Peso Molde + Suelo Húmedo (gr)	12760	12250	12070
Peso del Molde (gr)	8410	8260	8450
Suelo Húmedo (gr)	4350	3990	3620
Volumen del molde (cc)	2189	2189	2189
Densidad húmeda (gr/cc.)	1.99	1.82	1.65
Humedad (%)	7.90	7.90	7.50
Densidad seca (gr/cc.)	1.84	1.69	1.53
Tarro N°	1	2	5
Tarro suelo húmedo (gr)	112.2	105	101.6
Tarro suelo seco (gr)	106.7	100.1	97.2
Agua (gr)	5.5	4.9	4.4
Peso del tarro (gr)	37.4	38.3	38.4
Peso del suelo seco (gr)	69.3	61.8	58.8
Humedad (%)	7.9	7.9	7.5

Fuente. *Elaboración propia.*

Tabla 33.

Penetración de especímenes con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 2.

PENETRACIÓN			LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	19.7	43	14	10	22	7	8.2	18	6
1.00	1.300	0.50	54.5	120	40	28.7	63	21	24.5	54	18
1.30	1.900	0.75	106.4	234	78	65.2	143	48	32.9	72	24
2.00	2.500	0.100	175.1	385	128	141.4	311	104	92.7	204	68
3.00	3.800	0.150	308	678	226	251.3	553	184	192.8	424	141
4.00	5.000	0.200	433.2	953	318	345	759	253	247.7	545	182
5.00	6.000	0.250	561	1234	411	495.5	1090	363	388	854	285
6.00	7.500	0.300	621	1366	455	510	1122	374	406.3	894	298

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico de CBR obtenido del Anexo 6.22., para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado.

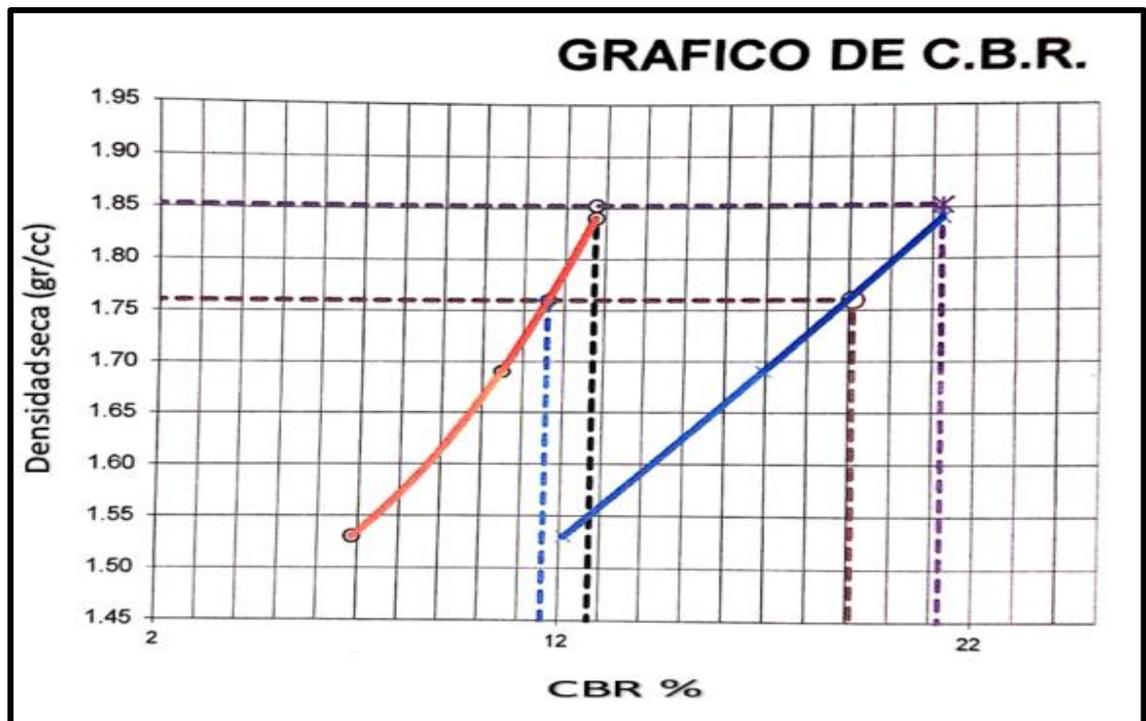


Gráfico 12. Gráfico de CBR con dosificación de 8% caucho granulado, calicata 2.

En el ensayo de CBR para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 8% caucho granulado se obtuvo los siguientes resultados::

- Con penetración 0.1" al 100%, un CBR de 12.74%.

- Con penetración 0.1" al 95% , un CBR de 11.60%.
- Con penetración 0.2" al 100% , un CBR de 21.23%.
- Con penetración 0.2" al 95%, un CBR de 19.10%.

Suelo + 12% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.24., acerca del ensayo CBR para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 12% caucho granulado.

Tabla 34.

Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 2.

Molde N°	1	3	2
Capa N°	5	5	5
Golpes de capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	Sin sumergir	Sin sumergir	Sin sumergir
Peso Molde + Suelo Húmedo (gr)	12570	12160	12020
Peso del Molde (gr)	8410	8260	8450
Suelo Húmedo (gr)	4160	3900	3570
Volumen del molde (cc.)	2189	2189	2189
Densidad húmeda (gr/cc.)	1.9	1.78	1.63
Humedad (%)	6.90	7.20	7.10
Densidad seca (gr/cc.)	1.78	1.66	1.52
Tarro N°	1	2	5
Tarro suelo húmedo (gr)	115.2	114.6	134.4
Tarro suelo seco (gr)	110.2	109.5	128
Agua (gr)	5	5.1	6.4
Peso del tarro (gr)	37.4	38.3	38.4
Peso del suelo seco (gr)	72.8	71.2	89.6
Humedad (%)	6.9	7.2	7.1

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 35.

Penetración de especímenes con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 2.

PENETRACIÓN			LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg ²	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg ²	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	45	99	32	22.3	49	16	16.3	36	12
1.00	1.300	0.50	83.1	183	61	55.4	122	41	40	88	29
1.30	1.900	0.75	139.8	308	103	94.4	208	69	57.8	127	42
2.00	2.500	0.100	170.5	375	125	133.8	294	98	79.8	176	59
3.00	3.800	0.150	257.7	567	189	214.1	471	157	128	282	94
4.00	5.000	0.200	347.5	765	255	286.8	631	210	182.2	401	134
5.00	6.000	0.250	428.5	943	314	366.1	805	268	221	486	162
6.00	7.500	0.300	541.3	1191	397	381	838	279	267	587	196

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico de CBR obtenido del Anexo 6.25., para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 12% caucho granulado.

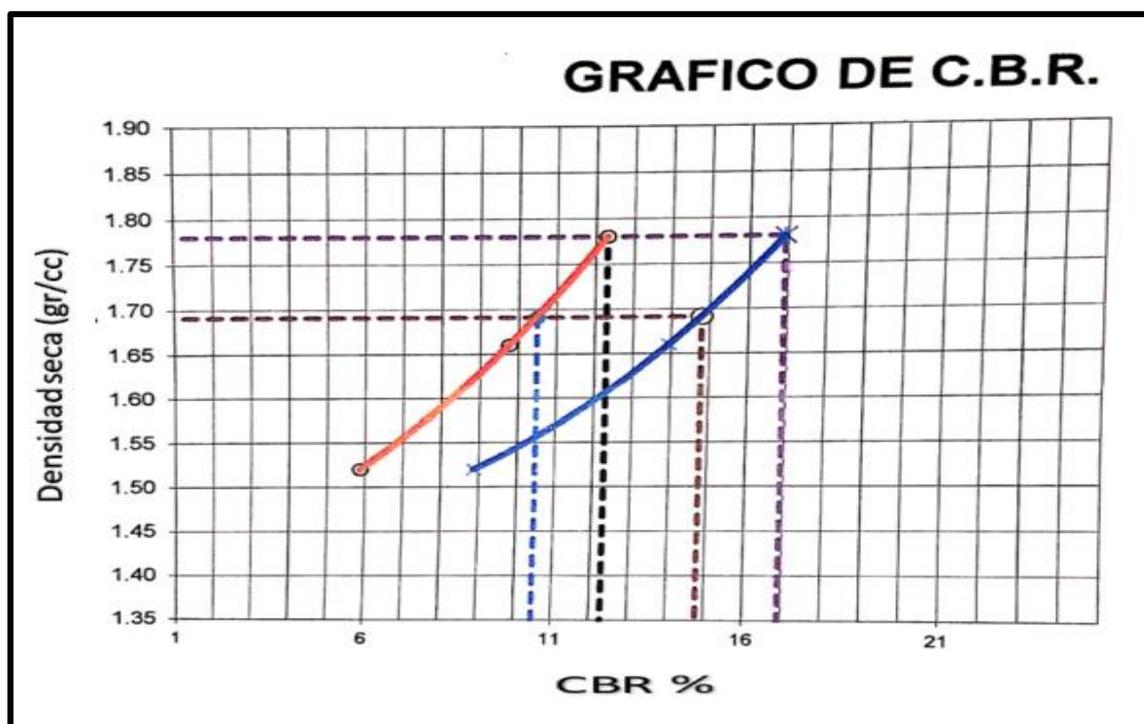


Gráfico 13. Gráfico de CBR con dosificación de 12% caucho granulado, calicata 2.

En el ensayo de CBR para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 12% caucho granulado se obtuvo los siguientes resultados:

- Con penetración 0.1" al 100% es de 12.31%.

- Con penetración 0.1" al 95% es de 10.50%.
- Con penetración 0.2" al 100% es de 16.94%.
- Con penetración 0.2" al 95% es de 14.80%.

Suelo + 16% caucho granulado.

Se muestra a continuación un resumen de los datos obtenidos en el Anexo 6.27., acerca del ensayo CBR para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 16% caucho granulado.

Tabla 36.

Compactación de especímenes a 56, 25 y 12 golpes por capa con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 2.

Molde N°	1	3	2
Capa N°	5	5	5
Golpes de capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	Sin sumergir	Sin sumergir	Sin sumergir
Peso Molde + Suelo Húmedo (gr)	12260	11970	11860
Peso del Molde (gr)	8410	8260	8450
Suelo Húmedo (gr)	3850	3710	3410
Volumen del molde (cc)	2189	2189	2189
Densidad húmeda (gr/cc.)	1.76	1.69	1.56
Humedad (%)	7.30	7.90	7.80
Densidad seca (gr/cc.)	1.64	1.57	1.45
Tarro N°	1	2	5
Tarro suelo húmedo (gr)	135.3	115.2	112.9
Tarro suelo seco (gr)	128.6	109.6	107.5
Agua (gr)	6.7	5.6	5.4
Peso del tarro (gr)	37.4	38.3	38.4
Peso del suelo seco (gr)	91.2	71.3	69.1
Humedad (%)	7.3	7.9	7.8

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 37.

Penetración de especímenes con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 2.

PENETRACIÓN			LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2	LECTURA kg	LECTURA lb	PRESIÓN lb/plg2
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	22.5	50	16	17.7	39	13	8.6	19	6
1.00	1.300	0.50	35.6	78	26	32.7	72	24	30.9	68	23
1.30	1.900	0.75	65.4	144	48	46.7	103	34	42.7	94	31
2.00	2.500	0.100	94.3	207	69	82.2	181	60	60.6	133	44
3.00	3.800	0.150	145.5	320	107	138.9	306	102	96.2	212	71
4.00	5.000	0.200	196.8	433	144	181.6	400	133	148.2	326	109
5.00	6.000	0.250	248.2	546	182	240.8	530	177	179.2	394	1331
6.00	7.500	0.300	331.3	729	243	315.9	695	232	208.4	458	153

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico de CBR obtenido del Anexo 6.28., para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 16% caucho granulado.

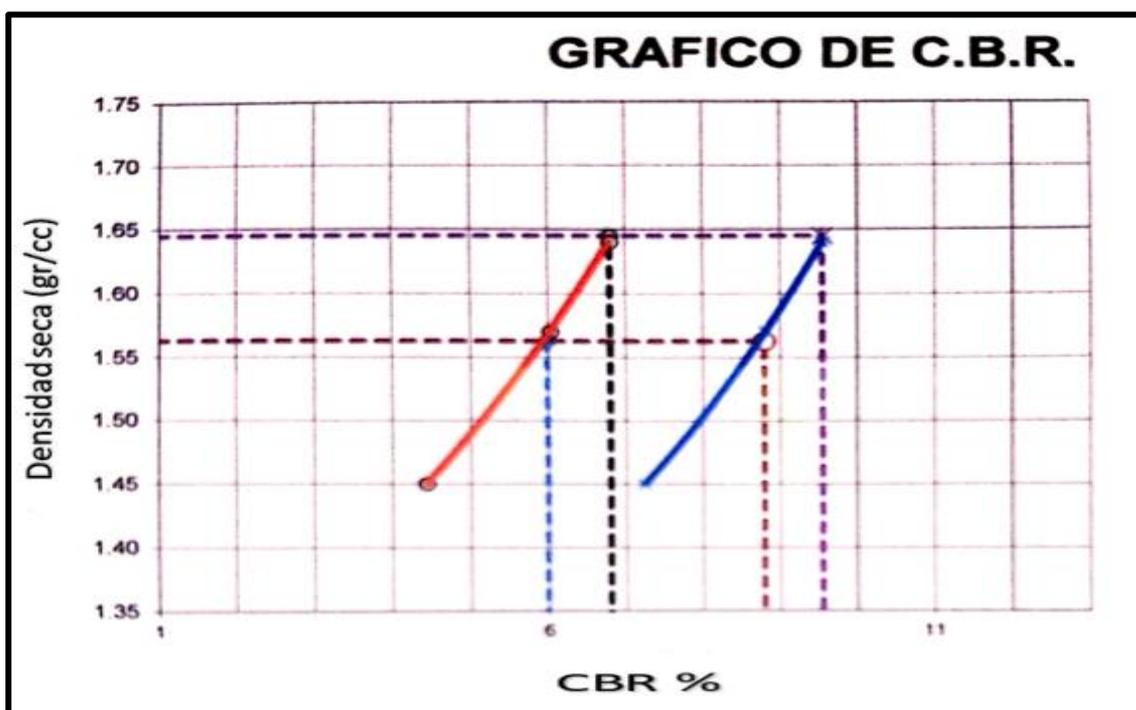


Gráfico 14. Gráfico de CBR con dosificación de 16% caucho granulado, calicata 2.

En el ensayo de CBR para la calicata 2 del suelo natural con dosificación de 16% caucho granulado se obtuvo los siguientes resultados:

- Con penetración 0.1" al 100% es de 6.80%.
- Con penetración 0.1" al 95% es de 6.00%.

- Con penetración 0.2" al 100% es de 9.56%.
- Con penetración 0.2" al 95% es de 8.80%.

A continuación, se va a presentar un cuadro de resumen del ensayo de CBR y de la dosificación del caucho granulado utilizado:

Tabla 38.

Resultados del ensayo CBR y dosificación del caucho, calicata 2.

Ensayo CBR	Dosificaciones	Penetración	
		0.1"	0.2"
100%	Suelo subrasante	30.94%	33.62%
	Suelo+8%caucho	12.74%	21.23%
	Suelo+12%caucho	12.31%	16.94%
	Suelo+16%caucho	6.80%	9.56%
95%	Suelo subrasante	25.00%	28.31%
	Suelo+8%caucho	11.60%	19.10%
	Suelo+12%caucho	10.50%	14.80%
	Suelo+16%caucho	6.00%	8.88%

Fuente. Elaboración propia.

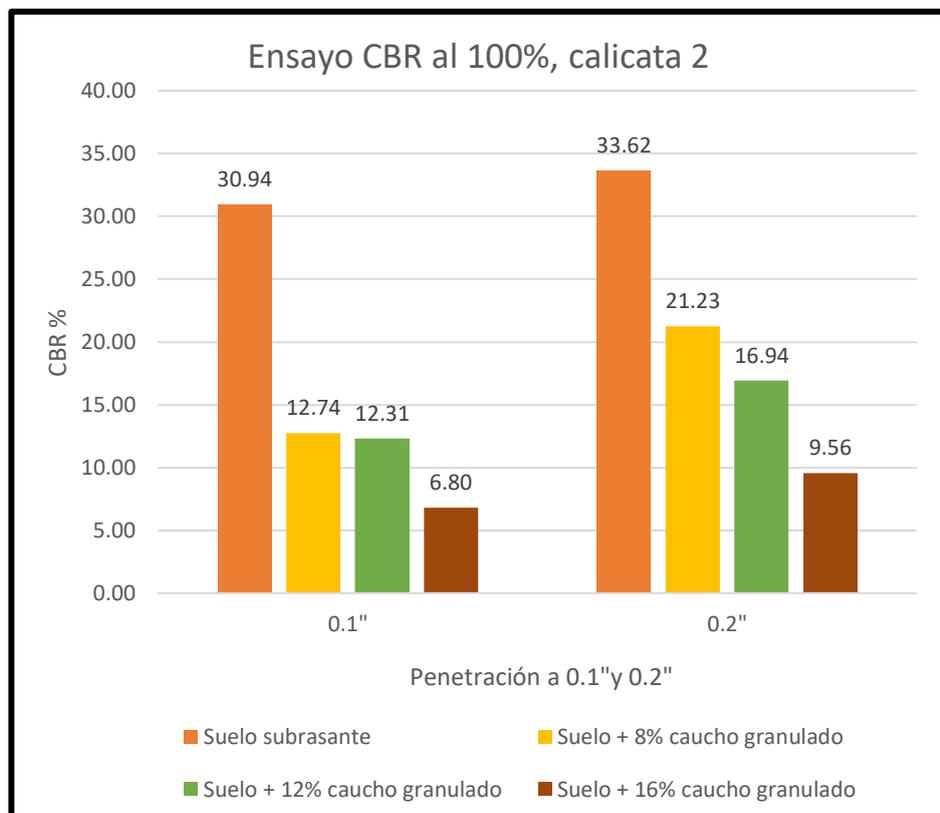


Gráfico 15. Comparación Resultados del ensayo CBR al 100%, calicata 2.

Interpretación. En el gráfico 15 se observa que el valor de CBR al 100% en 0.1" de penetración para la calicata 2 en el suelo natural tiene un valor de 30.94%, determinando que es una subrasante excelente; y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado tiene un valor de 12.74%, esto quiere decir que hay una disminución de valor en el CBR de 18.20%; en las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 12.31% y 6.80%, con una variación de valor de 18.63% y de 24.14% respectivamente, esto significa que el CBR disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho granulado.

Para la dosificación de 8% y 12% de caucho granulado se determina que la subrasante es buena, y en la dosificación de 16% de caucho granulado es una subrasante regular.

Se observa también que el valor de CBR al 100% en 0.2" de penetración para la calicata 2 en el suelo natural tiene un valor de 33.62%, determinando que es una subrasante excelente; y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado tiene un valor de 21.23%, esto quiere decir que hay una disminución de valor en el CBR de 12.39%; en las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 16.94% y 9.56%, con una variación de valor de 16.68% y de 24.06% respectivamente, esto significa que el CBR disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho granulado.

Para la dosificación de 8% de caucho granulado se determina que la subrasante es muy buena, la dosificación de 12% de caucho granulado se determina que la subrasante es buena, y en la dosificación de 16% de caucho granulado es una subrasante regular

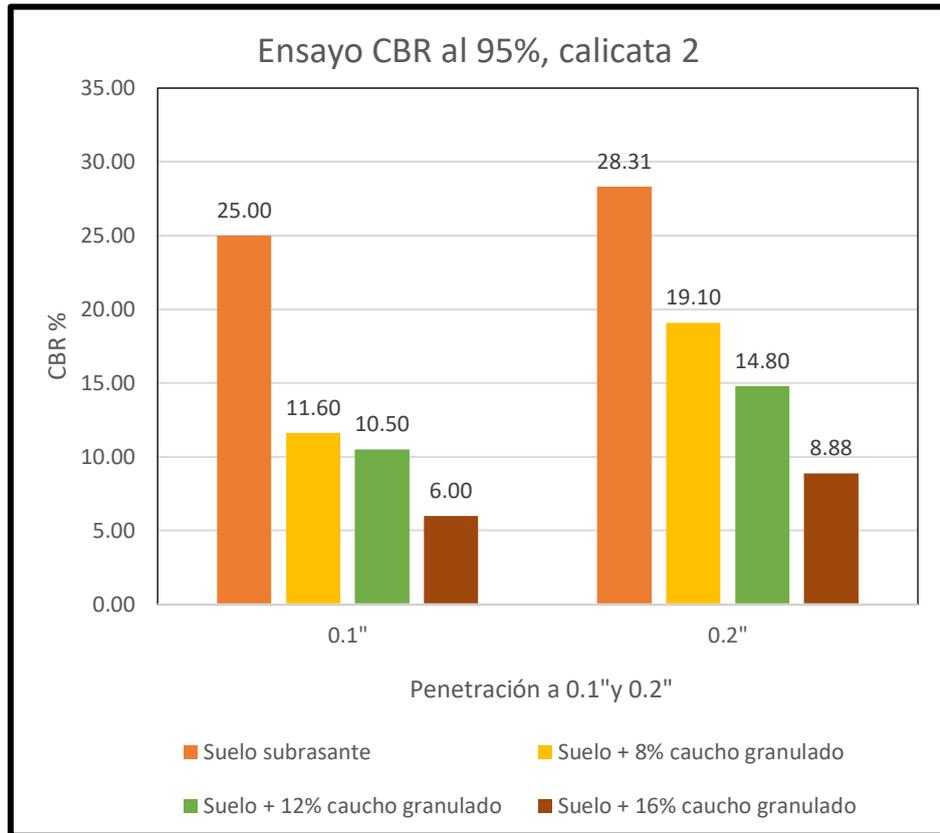


Gráfico 16. Comparación Resultados del ensayo CBR al 95%, calicata 2.

Interpretación. En el gráfico 16 se observa que el valor de CBR al 95% en 0.1" de penetración para la calicata 2 en el suelo natural tiene un valor de 25.00%, determinando que es una subrasante muy buena; y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado tiene un valor de 11.60%, esto quiere decir que hay una disminución de valor en el CBR de 13.40%; en las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 10.50% y 6.00%, con una variación de valor de 14.50% y de 19.00% respectivamente, esto significa que el CBR disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho granulado.

Para la dosificación de 8% y 12% de caucho granulado se determina que la subrasante es buena, y en la dosificación de 16% de caucho granulado es una subrasante regular.

Se observa también que el valor de CBR al 95% en 0.2" de penetración

para la calicata 2 en el suelo natural tiene un valor de 28.31%, determinando que es una subrasante muy buena; y con respecto a la muestra con dosificación de 8% caucho granulado tiene un valor de 19.10%, esto quiere decir que hay una disminución de valor en el CBR de 9.21%; en las muestras con dosificaciones de caucho granulado de 12% y 16% los valores son de 14.80% y 8.88%, con una variación de valor de 13.51% y de 19.43% respectivamente, esto significa que el CBR disminuyen cuando se agregan mayor cantidad de caucho granulado. Para la dosificación de 8% y 12% de caucho granulado se determina que la subrasante es buena, y en la dosificación de 16% de caucho granulado es una subrasante regular.

Considerando la hipótesis específica 2; se va establecer que la aplicación del caucho reciclado no influye de manera significativa en la resistencia (CBR) de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021; debido que cuando se usa mayor dosificación de caucho granulado en la mezcla con el suelo natural, los valores del CBR disminuyen.

Se realizará un resumen de los datos obtenidos en el ensayo proctor y el ensayo CBR de la calicata 1 y 2 con los respectivos porcentajes de caucho granulado:

Tabla 39.

Comparación de los resultados del ensayo proctor modificado en calicata 1 y 2.

Ensayo de proctor modificado				
Dosificaciones	Calicata 1		Calicata 2	
	Densidad Máxima Seca (gr/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)	Densidad Máxima Seca (gr/cm ³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
Suelo natural	2.01	10.6	1.83	7.70
Suelo+8%caucho	2.03	9.10	1.85	7.90
Suelo+12%caucho	1.89	9.3	1.78	7.60
Suelo+16%caucho	1.77	10.0	1.64	8.60

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 40.

Comparación de los resultados del ensayo CBR en calicata 1 y 2.

Ensayo de CBR.								
Dosificaciones	Calicata 1				Calicata 2			
	95% MDS		100% MDS		95% MDS		100% MDS	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Suelo natural	14.90%	26.10%	16.23%	28.12%	25.00%	28.31%	30.94%	33.62%
Suelo+8%caucho	12.40%	15.40%	14.63%	17.12%	11.60%	19.10%	12.74%	21.23%
Suelo+12%caucho	5.00%	8.70%	6.45%	10.25%	10.50%	14.80%	12.31%	16.94%
Suelo+16%caucho	4.75%	8.90%	5.33%	10.06%	6.00%	14.88%	6.80%	9.56%

Fuente. Elaboración propia.

Interpretación. Para la dosificación de 8% de caucho granulado tanto para la calicata 1 y calicata 2, se observa que el valor de la densidad máxima seca aumenta su valor, a comparación de los porcentajes de 12% y 16% que su valor disminuye; esto significa que el valor menos desfavorable se da en la mezcla del suelo natural con el 8% de caucho granulado.

En el óptimo contenido de humedad tanto para la calicata 1 y calicata 2 cuando se usa mayor cantidad de caucho granulado el valor va aumentando; esto quiere decir que la dosificación de 16% de caucho granulado es el más desfavorable, debido a que se necesitará agregar mayor cantidad de agua en la mezcla con la subrasante.

Al agregar caucho granulado en la mezcla con el suelo natural, la dosificación que menos reduce el valor de CBR con respecto al suelo natural, es en el porcentaje de 8%; esto quiere decir que es la dosificación que menos desfavorece a la subrasante.

Considerando la hipótesis específica 3, se establece que los porcentajes 8%, 12% y 16% de caucho granulado no influyen de manera significativa en la subrasante de la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.

V. DISCUSIÓN

En la tesis “Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento” por el autor Cusquisibán (2015); hace referencia que en los suelos arcillosos el CBR máximo que se obtiene es de 7.1%, lo que nos da a conocer que estos suelos no son aptos como material de subrasante o base; cuando se adiciona el 20% de caucho granular el ensayo de CBR se incrementa hasta 10% lo que determina que es una subrasante regular; cuando se adiciona el 40% de caucho granular en el ensayo de CBR se obtiene 30.40% y con la adición del 60% de caucho granular los suelos se logra tener un CBR de 41%, lo que significa que esta es una mezcla buena como material de subrasante.

En comparación con los resultados que adquirimos en nuestra investigación el ensayo de CBR que mide la resistencia al esfuerzo cortante, los resultados que se obtuvieron para la calicata 1 el CBR del suelo natural es de 16.23% donde la subrasante es buena, en la dosificación de 8% de caucho granulado el CBR es de 14.63% como material de subrasante también es buena, en el porcentaje de 12% de caucho granulado el CBR es de 6.45% que como material de subrasante es regular, mientras que el porcentaje de 16% de caucho granulado el valor de CBR es de 5.33% que como material de subrasante es insuficiente. Para la calicata 2 el CBR del suelo natural es de 30.94% donde la subrasante es excelente, en la dosificación de 8% y 12% de caucho granulado el CBR es de 12.74% y 12.31% respectivamente y que como material de subrasante es buena, mientras que el porcentaje de 16% de caucho granulado el valor de CBR es de 6.80% que como material de subrasante es regular, lo que significa que a mayor cantidad de caucho granulado reciclado que aplicamos en el suelo de la subrasante lo perjudica.

Según el resultado obtenido en la investigación, al adicionar caucho granulado en la mezcla con la subrasante no influye en la resistencia del suelo; debido que al adicionar mayor porcentaje de caucho granulado el valor del ensayo de CBR disminuye; ya que para la calicata 1 con porcentaje

de 8% de caucho granulado el CBR es de 16.23% donde el valor disminuye en un 1.6% con respecto al valor de CBR del suelo natural, mientras que para los porcentajes de 12% y 16% se obtiene el valor de CBR de 6.45% y 5.33% respectivamente, y para la calicata 2 con porcentaje de 8% de caucho granulado el CBR es de 12.74% donde el valor disminuye en un 18.20% con respecto al valor de CBR del suelo natural, mientras que para los porcentajes de 12% y 16% se obtiene el valor de CBR de 12.31% y 6.80% respectivamente. Va ocurrir lo contrario en la investigación planteada por Huamán y Muguerza (2019) con la tesis "Influencia del caucho granulado en suelos cohesivos relacionado a la propiedad de la resistencia a la penetración (CBR), 2019", ya que existe un incremento de su CBR con las dosificaciones de porcentajes de caucho granulado al 5% y 10%, pero con el 15% baja este valor, donde determina que el 10% va hacer la proporción donde la resistencia aumenta de 5.2% a un 12.2% y que llega a la conclusión que el caucho granulado logra mejorar los suelos cohesivos.

Así mismo los resultados que hemos obtenido en la investigación coinciden con lo mencionado por el autor Rojas (2019), en la tesis titulada "Mejoramiento de la subrasante incorporando caucho granular reciclado en la Avenida Bonavista, Carabayllo, Lima - 2019", debido a que el uso del caucho granular reciclado no ayudo a incrementar el valor de la compactación y la resistencia del suelo en estudio; esto quiere decir que no beneficia en el óptimo contenido de humedad, densidad seca y en la resistencia del suelo de la subrasante.

En la tesis titulada "Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado" del autor Patiño (2017), que presenta un método para estabilizar los suelos agregando caucho reciclado; donde se determinó que es un suelo grava arcillosa (GC) que resultó ser un material sumamente resistente, y pensar en estabilizarlo es un propósito difícil de mejorarlo porque sus propiedades por sí solas cumplen casi todos los parámetros requeridos para considerarlos muy buena la calidad del suelo. En los ensayos de CBR al mezclar el caucho y el suelo no se van a compactar esto quiere decir que no

trabajaban como un solo elemento, más bien la estructura se desmorona de manera fácil. Hace mención también que el uso de caucho granulado se usará este material en climas secos con muy bajo nivel freático para no bajar más su resistencia por la cual se vio reflejado en los ensayos.

Este estudio de investigación va a coincidir con el que hemos realizado ya que a mayor porcentaje de dosificación de caucho granulado reciclado los valores de compactación se reducen, esto mismo ocurre con los resultados que se obtuvieron en los ensayos de CBR, lo que no es beneficioso para la subrasante del suelo de la avenida El Sol.

El autor Álvarez con la tesis titulada “Utilización de granulo de caucho pulverizado proveniente de llantas usadas como solución para reforzar los suelos blandos de subrasante en la sabana de Bogotá” del año 2020, hace mención que el granulo de caucho pueden ser aprovechados para el refuerzo de un suelo blando de subrasante, este material sirve para reforzar un suelo que presenta inestabilidad, ya que favorece a las propiedades mecánicas del suelo, así como en la resistencia al esfuerzo cortante, la cohesión y el ángulo de fricción de un suelo arcilloso, además resulta que el CBR el valor aumenta al mezclar el 4% de polvo de caucho con el suelo inadecuado. Esta investigación se contradice con los resultados adquiridos ya que en el ensayo de CBR que hemos realizado, al usar el caucho granulado en la subrasante con dosificaciones de 8%,12% y 16% ninguno de estos porcentaje hace que la resistencia aumente su valor, lo q significa que al aplicar caucho granulado no influye de manera significativa en el ensayo de CBR.

En la investigación que hemos realizado se determina para la calicata 1 según el Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS) se clasifica como SM que quiere decir que es un suelo arenoso limoso y según la norma AASTHO se clasifica el suelo como A-2-4 es un suelo que se constituye principalmente de grava y arena arcillosa o limosa; para la calicata 2 según el Sistema Unificado de Clasificación del suelo (SUCS) se clasifica como SP que quiere decir que es un suelo de arena con grava y según la norma

AASTHO se clasifica el suelo como A-3 es un suelo que se constituye principalmente de arena fina. También se determinó que ninguna de las dosificaciones de los porcentajes de caucho granulado que hemos agregado a la muestra proporciona mejoras en el suelo de la subrasante, por tal motivo se deduce que caucho granulado no es útil en este tipo de suelo. Este resultado va tener concordancia con la tesis titulada “Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca” por el autor Ayala et al. (2019); debido a que los resultados obtenidos al agregar 1.5% de grano de caucho reciclado a la mezcla asfáltica provoca que sus propiedades resistentes disminuyan, así mismo al agregar 0.75% de grano de caucho reciclado no va tener mucha diferencia de la mezcla tradicional excepto por la deformación. Lo que recomienda emplearse como capas para control de fisuras en espesores delgados y capas superficiales en vías de poco tráfico, donde el impacto del ahuellamiento sería muy reducido.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que:

- La aplicación del caucho granulado en la subrasante de la avenida El Sol en vez de mejorar las condiciones del suelo hizo lo contrario; debido a que si usamos mayor cantidad de porcentaje de caucho granulado en la mezcla con la subrasante perjudica a las propiedades mecánicas del suelo en estudio.

Esto quiere decir que la aplicación del caucho granulado reciclado no influye de manera relevante en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El sol, localidad de San Joaquín.

- En el ensayo de proctor se obtiene que tanto para calicata 1 como para la calicata 2 hay un aumento ligero en el valor cuando se usa 8% de caucho granulado, sucede lo contrario para las dosificaciones de 12% y 16% de caucho granulado ya que el valor se reduce.

Los valores obtenidos en el óptimo contenido de humedad en la calicata 1 con porcentajes de 8%, 12% y 16% de caucho granulado son de 9.10%, 9.30% y 10% respectivamente; y para la calicata 2 con porcentajes de 8%, 12% y 16% de caucho granulado son de 7.90%, 7.60% y 8.60% respectivamente. Lo que significa que a mayor cantidad de caucho granulado el valor aumenta.

Así que se concluye que la aplicación del caucho granulado no influye de manera significativa en el ensayo de proctor de la subrasante en la Avenida El Sol de la localidad de San Joaquín.

- En el ensayo de CBR comparando con los resultados del suelo natural de la subrasante y con la combinación de caucho granulado en dosificaciones de 8%, 12% y 16%, el valor del CBR se reduce.

En la calicata 1 se obtiene que para el porcentaje de 8% de caucho granulado la subrasante es buena, para el porcentaje de 12% de caucho granulado la subrasante es regular y para el porcentaje de 16% de caucho granulado la subrasante se categoriza como irregular.

En el caso de la calicata 2 se obtiene que para el porcentaje de 8% y

12% de caucho granulado la subrasante es buena, y para el porcentaje de 16% de caucho granulado la subrasante se categoriza como regular. Así que se concluye que la aplicación del caucho granulado no influye de manera significativa en la resistencia al esfuerzo cortante de la subrasante en la Avenida El Sol de la localidad de San Joaquín.

- Al combinar la muestra de la subrasante con los porcentajes de 8%, 12% y 16% de caucho granulado, el valor menos desfavorable obtenido en la densidad máxima seca para la subrasante en estudio es el porcentaje de 8% de caucho granulado tanto en la calicata 1 como para la calicata 2.

En el óptimo contenido de humedad en la calicata 1 y calicata 2 cuando se usa mayor cantidad de caucho granulado el valor va aumentando; esto quiere decir que la dosificación de 16% de caucho granulado es el más desfavorable, debido a que se necesitará agregar mayor cantidad de agua en la mezcla con la subrasante.

Los valores obtenidos referentes a la resistencia al esfuerzo cortante, la dosificación que menos perjudica a la subrasante, es el porcentaje de 8% de caucho granulado.

Concluyendo que los porcentajes 8%, 12% y 16% de caucho granulado reciclado no influye en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar más estudios de investigación, acerca de elementos que puedan mejorar las condiciones del suelo de la subrasante.
- Se recomienda evaluar el caucho granulado reciclado en otros lugares de la región de Ica, ya que existen diferentes tipos de suelo y se debe analizar los valores de densidad seca y contenido de humedad. Tomando como base lo mencionado, se recomienda emplear el caucho granular reciclado en otras áreas, con el fin de reducir la contaminación ambiental.
- Se han realizado investigaciones en donde se demuestra que el caucho granulado tiene influencia en la resistencia del suelo de la subrasante, por lo que se recomienda realizar más investigaciones para comparar el comportamiento de este material en otras localidades.
- Se recomienda evaluar con diferentes porcentajes de dosificación del caucho granulado, para así poder obtener el valor que beneficie a la subrasante del suelo.

REFERENCIAS

Abbaspour, M., Aflaki, E., & Nejad, F. M. (2019). Reuse of waste tire textile fibers as soil reinforcement. *Journal of cleaner production*, 207, 1059-1071.

Abdullah, S. R., Riwayat, A. I., Abdul Awal, A. S. M., & Hossain Zakaria, M. (2017). Effect of rubber powder particle on the strength of foamed concrete. *Int. J. of GEOMATE*, 13(38), 129-134.

Akbulut, S., Arasan, S., & Kalkan, E. (2007). Modification of clayey soils using scrap tire rubber and synthetic fibers. *Applied Clay Science*, 38(1-2), 23-32.

Álvarez Benites, N. C., & Gutiérrez Gallegos, J. A. Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica.

Álvarez Castelblanco, S. A. (2020). Utilización de granulo de caucho pulverizado proveniente de llantas usadas como solución para reforzar los suelos blandos de subrasante en la sabana de Bogotá.

Ayala Cabrera, K. L., & Heredia Miranda, J. H. (2019). Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca.

Batis, C. (2020). Técnicas de recolección de datos para realizar un trabajo de investigación. Online-Tesis.

Bosscher, P. J., Edil, T. B., & Kuraoka, S. (1997). Design of highway embankments using tire chips. *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 123(4), 295-304.

Buendía, L., Colás, P., Hernández, F. (2013). Método de investigación en Psicopedagogía. McGraw-Hill.

Caballero, M. (2013). Definición de contenido de humedad. Scribd.

Calderón, J. L., & Cárdenas, R. Z. (2017). Determinación de la correlación entre los índices DCP In situ y CBR de laboratorio. Universidad de Cuenca, Cuenca.

Castillo, J., Dugarte, J., Fajardo, F. & Uzcátegui, A. (2016). Ensayo de CBR. Universidad politécnica Territorial del Estado Mérida.

Chacón Pérez, C. A., Ordóñez Laverde, C. A., & Varón Rueda, L. F. (2016). Clasificación de la fracción fina de materiales provenientes de canteras aledañas a Bogotá, a partir de su valor de azul de metileno y su relación con la clasificación por el sistema unificado y sistema AASHTO.

Ciro, E., Parra, J., Zapata, M., & Murillo, E. A. (2015). Effect of the recycled rubber on the properties of recycled rubber/recycled polypropylene blends. *Ingeniería y Ciencia*, 11(22), 173-188.

Cusquisibán Ocas, W. D. (2015). Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento.

De La Cruz, J. (2014). Análisis Granulométrico por tamizado. Universidad Privada Antenor Orrego.

Ding, Y., Zhang, J., Chen, X., Wang, X., & Jia, Y. (2021). Experimental investigation on static and dynamic characteristics of granulated rubber-sand mixtures as a new railway subgrade filler. *Construction and Building Materials*, 273, 121955.

Donaire, G. (2008). Aplicaciones para el caucho reciclado. *El País*.

Edinçliler, A., & Cagatay, A. (2013). Weak subgrade improvement with rubber fibre inclusions. *Geosynthetics International*, 20(1), 39-46.

Esteve, J. (2012). Reciclaje de neumáticos: Procesos y usos. *Reciclaje Verde*.

Farina, A., Zanetti, M. C., Santagata, E., Blengini, G. A., & Lanotte, M. (2014). Life cycle assessment of road pavements containing crumb rubber from end-of-life tires. In Proceedings of the International Symposium on Pavement LCA (pp. 119-131).

Fariñas, A., Margelis, G., Ramos, Y. & Rivero, Y. (2010). Técnicas en instrumentos de Recolección de datos. Universidad de Oriente.

Giraldo, D., Peláez, G. & Velásquez, S. (2017). Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. Ciencia e Ingeniería Neogranadina.

Gobinath, V., & Stalin, V. K. (2009). Performance of geogrid reinforced rubber waste as subgrade material. In Indian Geotechnical Conference (pp. 178-182).

Hasan, H. A., Mohammed, L. H. A., & Masood, L. G. G. (2020, June). Effect of rubber tire on behaviour of subgrade expansive Iraqi soils. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 870, No. 1, p. 012066). IOP Publishing.

Huamán Casas, R. D., & Muguerza Zevallos, K. W. (2019). Influencia del caucho granulado en suelos cohesivos relacionado a la propiedad de la resistencia a la penetración (CBR), 2019.

Hugo (2011). Características de la Subrasante. Pavimentos.

Hussain, F., & Khan, A. (2017). Sustainability of using crumb rubber and quarry dust for stabilization of expansive soils in road subgrade: a review. International Journal of Civil Engineering and Technology, 8(12), 837-842.

Ichazo, M. N., Albano, C., Hernández, M., González, J., & Peña, J. (2011). Characterization of natural rubber/cassava starch/maleated natural rubber formulations. Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 31(1), 71-84.

Jan, U., Sonthwal, V. K., Duggal, A. K., Rattan, E. J. S., & Irfan, M. (2015). Soil stabilization using shredded rubber tyre. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2(9), 741-744.

Juárez Arcos, N. A. (2020). Propuesta de implementación para una planta de elaboración de gránulo de caucho reciclado.

Juliana, I., Fatin, A. R., Rozaini, R., Masyitah, M. N., Khairul, A. H., & Shafieza, A. N. (2020, May). Effectiveness of crumb rubber for subgrade soil stabilization. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 849, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.

Lalangui, D. (2017). ¿Qué es una población y una muestra en tesis?. *Emprendimiento Contable Perú*.

Lidmila, M., Lojda, V., & Bret, O. (2016). Laboratory models of a railway track with the subgrade layer based on rubber granulate. In *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II* (pp. 803-808). CRC Press.

Matus, I. & Blanco, M. (2011). *Clasificación de suelos*. Scribd.

Mohammadi, I. (2014). Investigation on the use of crumb rubber concrete (CRC) for rigid pavements (Doctoral dissertation).

Montalvo, M. (2015). Diseño estructural de pavimentos hidráulico y asfáltico. Conferencia llevada a cabo en Universidad Ricardo Palma, Escuela de Posgrado, Lima, Perú.

Munnoli, P. M., Sheikh, S., Mir, T., Kesavan, V., & Jha, R. (2013, August). Utilization of rubber tyre waste in subgrade soil. In *2013 IEEE Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite (GHTC-SAS)* (pp. 330-333). IEEE.

Osorio, S. (2010). *Consistencia del Suelo - Límites de Atterberg - Límite Líquido*. Apuntes de Geotecnia con énfasis en laderas.

Patiño, J. (2017). Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado. [Tesis para optar el grado de bachiller en ingeniería civil]. Universidad Católica de Santiago Guayaquil.

Peláez, G., Velásquez, S., & Giraldo, D. (2017). Applications of recycled rubber: A literature review. Universidad Militar Nueva Granada. Ciencia e ingeniería Neogranadina.

Peña, T. & Pirela, J. (2007). *La complejidad del análisis documental*. Universidad de Buenos Aires.

Pérez, J. (2021). Definición de aplicar. Definición.de.

Pérez, J. & Gardey, A. (2012). Definición de pavimento. Definición.de.

Rabat, A. (2016). *Aplicabilidad del penetrómetro cónico en la determinación del límite líquido en suelos de baja y media plasticidad*. [Tesis para optar el grado de máster]. Universidad de Alicante.

Raffino, M. (2021). *Concepto de Densidad*. Conceptos.de.

Rojas, A. (2017). Población y muestra. Investigación e Innovación Metodológica.

Rojas Rodríguez, R. (2019). Mejoramiento de la subrasante incorporando caucho granular reciclado en la Avenida Bonavista, Carabayllo, Lima-2019.

Rus, E. (2020). Investigación explicativa. Economipedia.

Sánchez, F. (2020). ¿Qué es el CBR?. Revista Geotechtips.

Shiri, N. D., Bhat, S., Babisha, K. C., Moger, K. M., D'almeida, M. P., & Menezes, C. J. (2016). Taguchi Analysis on the Compressive Strength Behaviour of Waste Plastic-Rubber Composite Materials. *Am. J. Mater. Sci*, 6, 88-93.

Sivapriya, S. V., & Ganesh-Kumar, S. (2019). Functional and cost-benefits of geosynthetics as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(51), 39-49.

Teja, S. S., & Siddhartha, P. (2015). Stabilization of subgrade soil of highway pavement using waste tyre pieces. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, (4), 3265-3272.

Tiwari, V., Modi, A., & Diwan, P. C. (2019). Soil stabilization using with waste crumb rubber tire. *Journal for Innovative Development in Pharmaceutical and Technical Science*, 2(5), 28-31.

Urdanivia Roque, H. (2019). Relación entre el tipo de suelo (SUCS y AASHTO) y el asentamiento de suelos para determinar asentamientos diferenciales en cimientos de concreto armado.

Vijay, S. (2018). Stress-strain and penetration characteristics of clay modified with crumb rubber. *Revista Facultad de Ingeniería*, 27(49), 65-75.

Yang, S., Lohnes, R. A., & Kjartanson, B. H. (2002). Mechanical properties of shredded tires. *Geotechnical Testing Journal*, 25(1), 44-52.

Yepes, V.(2014). La estabilización de suelos. Universidad Politécnica de Valencia.

Westreicher, G. (2020). Análisis de datos. Economipedia.

Zhong, X. G., Zeng, X., & Rose, J. G. (2002). Shear modulus and damping ratio of rubber-modified asphalt mixes and unsaturated subgrade soils. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 14(6), 496-502.

ANEXOS

- ANEXO 1

Tabla 41.

Matriz de consistencia.

"Aplicación del caucho granulado reciclado para el mejoramiento de la subrasante en la Avenida el Sol, San Joaquín, Ica 2021"							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente				
¿Cómo influye el caucho granulado reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El sol, San Joaquín, Ica 2021?	Determinar cómo influye la aplicación del caucho granulado reciclado en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El sol, San Joaquín, Ica 2021.	La aplicación del caucho granulado reciclado influye de manera relevante en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El sol, San Joaquín, Ica 2021.	Caucho granulado reciclado.	Granulometría	-Análisis granulométrico, límite líquido y límite plasticidad.	fichas, formatos y normas vigentes.	Tipo de investigación: Aplicada. Nivel de investigación: Explicativo. Diseño de investigación: Experimental.
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variable dependiente: Mejoramiento de subrasante.				
¿De qué manera influye el uso caucho granulado reciclado en el ensayo de proctor de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021?	Determinar en qué medida influye el uso del caucho granulado reciclado en el ensayo de proctor de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.	El uso del caucho reciclado influye de manera significativa en el ensayo de proctor de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.		Optimo contenido de humedad y máxima densidad seca.	-Ensayo Proctor.		
¿En qué medida el caucho granulado reciclado influye en la resistencia (CBR) de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021?	Determinar en qué medida influye la aplicación del caucho granulado reciclado en la resistencia (CBR) de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.	La aplicación del caucho reciclado influye de manera significativa en la resistencia (CBR) de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.		Resistencia al esfuerzo cortante.	-Ensayo CBR.	fichas, formatos y normas vigentes.	
¿En qué medida los porcentajes 8%, 12% y 16% de caucho granulado reciclado influye en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021?	Determinar en qué medida los porcentajes 8%, 12% y 16% de caucho granulado reciclado influye en el mejoramiento de la subrasante en la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.	Los porcentajes 8%, 12% y 16% de caucho granulado influye de manera significativa en la subrasante de la Avenida El Sol, San Joaquín, Ica 2021.		Dosificación	-Porcentaje de caucho granulado en 8%, 12% y 16%.		

Fuente: Elaboración propia.

• ANEXO 2

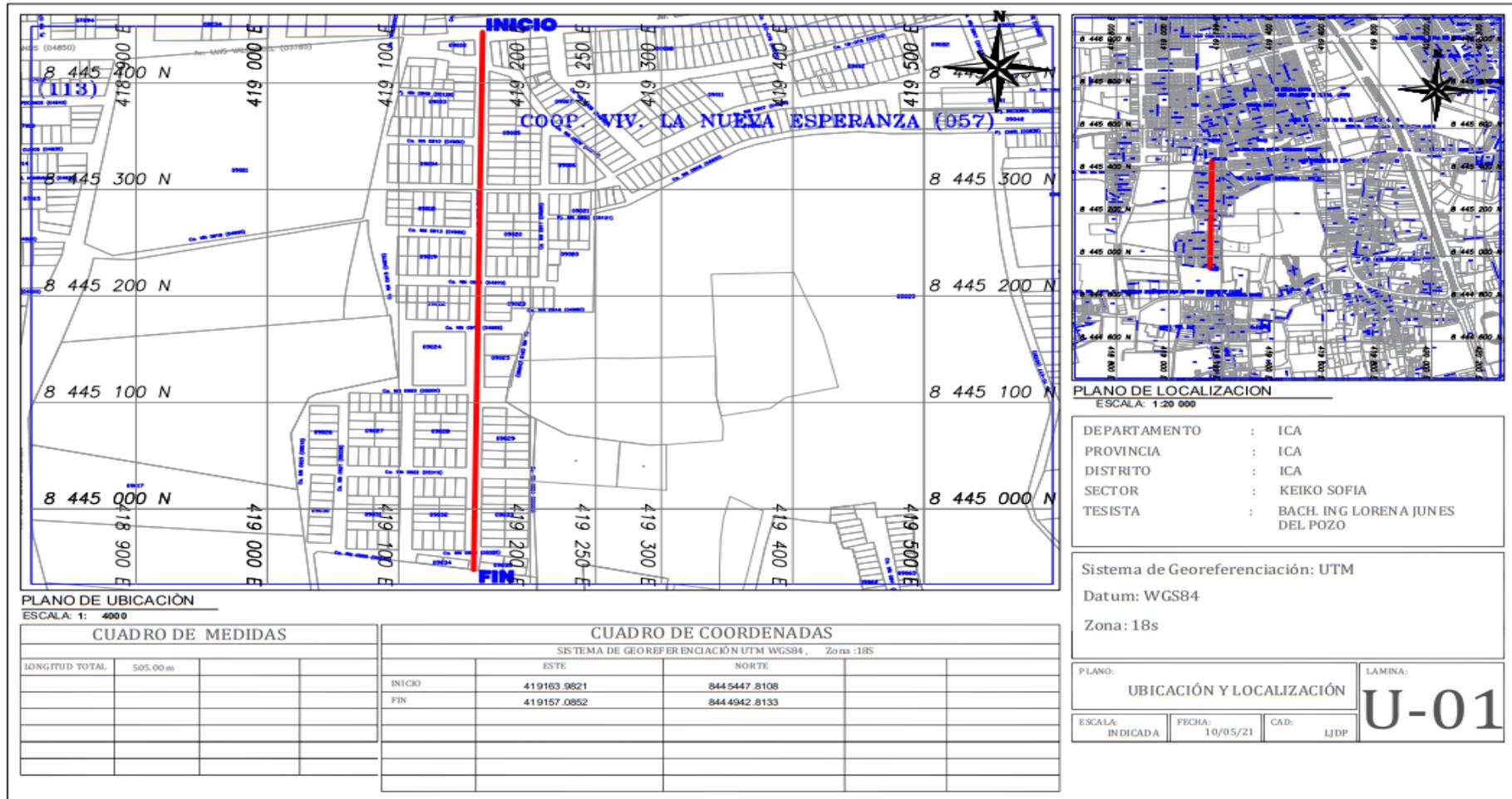


Figura 22. Plano de ubicación de la Av. El Sol.

- ANEXO 3
Panel fotográfico.



Figura 23. Excavación de calicata 1.



Figura 24. Excavación de calicata 2.



Figura 25. Muestreo de calicata 1.



Figura 26. Muestreo de calicata 2.



Figura 27. *Análisis de granulometría de la calicata 1.*



Figura 28. *Análisis de granulometría de la calicata 2.*



Figura 29. *Ensayo de límite líquido.*



Figura 30. *Ensayo de límite plástico.*



Figura 31. *Contenido de humedad.*



Figura 32. *Peso seco del muestreo.*



Figura 33. *Homogenización del suelo.*



Figura 34. *Compactación en 5 capas con agua.*



Figura 35. Homogenización de suelo+caucho.



Figura 36. Molde compactado y enrasado.



Figura 37. Compactación molde de 6" para el ensayo de CBR.



Figura 38. Penetración ensayo de CBR.

• ANEXO 4

Certificado de calibración de los equipos de laboratorio.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-108-2020

Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA:	MAQUINA DE ENSAYOS C.B.R.		
Rangos	5 000	kgf	
Dirección de carga	Ascendente		
FABRICANTE	METROTEST		
Modelo	MS-9		
Serie	487		
Indicador Digital (modelo / Serie)	315-X6 / HIW0212		
Celda de Carga (modelo / Serie)	A-FED / 5X-70850		
Ubicación	Lab. Suelos y concreto - BR. Mamzanilla - Ica		
Código Identificación	NO INDICA		
Norma utilizada	ASTM E4 // ISO 7500-1		
Intervalo calibrado	Escala (s)	5 000	kgf
	De 500 a 4500 kgf		10% A 100%
Temperatura de prueba °C	Inicial	20,1	Final 19,8
Inspección general	La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento		
Solicitante	A & J INGENIERIA Y GEOTECNIA S.R.L.		
Dirección	CAL. CUTERVO ANTIGUO NRO. 524 BR. MANZANILLA - ICA		
Ciudad	ICA		
PATRON(ES) UTILIZADO(S)	Tipo / Modelo	CELDA "S"	
	No. serie	J10CC13261	
	Certif. de calibr.	INF-LE 006-19B PUCP	
Unidades de medida	Sistema Internacional de Unidades (SI)		
FECHA DE CALIBRACION	2020/08/03		
FECHA DE EMISION	2020/08/03		

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.





Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-108-2020

Pág. 2 de 3

Método de calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 49,03 kN Resolución: 0,001 kN Dirección de la carga: Ascendente
 5000,0 kgf Factor de conversión: 0,00981 kN/kgf

Indicación de la máquina (F _i)	Indicaciones del patrón (series de mediciones)						
			0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
%	kN	kgf	kN	kN	kN	kN	kN
10	4,90	500	4,94	4,94	No aplica	4,94	No aplica
20	9,81	1 000	9,83	9,83	No aplica	9,83	No aplica
30	14,71	1 500	14,72	14,72	No aplica	14,72	No aplica
40	19,61	2 000	19,60	19,61	No aplica	19,60	No aplica
50	24,52	2 500	24,49	24,49	No aplica	24,49	No aplica
60	29,42	3 000	29,38	29,38	No aplica	29,38	No aplica
70	34,32	3 500	34,23	34,25	No aplica	34,24	No aplica
80	39,23	4 000	39,11	39,13	No aplica	39,12	No aplica
90	44,13	4 500	44,00	44,00	No aplica	44,02	No aplica
Indicación después de carga			0,00	0,00	0,00	0,00	No aplica

ESCALA: 049,03 kN Incertidumbre del patrón: ± 0,096 %

Indicación de la máquina (F _i)	Cálculo de errores relativos						Resolución
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
%	kN	kgf	a (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	4,90	500	-0,73	0,04	No aplica	No aplica	0,02
20	9,81	1 000	-0,23	0,03	No aplica	No aplica	0,01
30	14,71	1 500	-0,06	0,02	No aplica	No aplica	0,01
40	19,61	2 000	0,05	0,02	No aplica	No aplica	0,01
50	24,52	2 500	0,11	0,02	No aplica	No aplica	0,00
60	29,42	3 000	0,15	0,01	No aplica	No aplica	0,00
70	34,32	3 500	0,25	0,05	No aplica	No aplica	0,00
80	39,23	4 000	0,28	0,05	No aplica	No aplica	0,00
90	44,13	4 500	0,28	0,05	No aplica	No aplica	0,00
Error de cero f ₀ (%)			0,000	0,000	0,000	No aplica	Err máx. (0) = 0,00

FIRMAS AUTORIZADAS



Jefe de Metrología
Luigi Asenjo G.



Metrotest^{E.I.R.L.}

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CHM-129-2020

Solicitante : A & J INGENIERIA Y GEOTECNIA S.R.L.

Dirección : CAL. CUTERVO ANTIGUO NRO. 524
BR. MANZANILLA - ICA

Instrumento de Medición : MEDIDOR DE HUMEDAD

Marca : METROTEST

Modelo : MS-15-2

Serie : MH-006

Identificación : NO INDICA

Procedencia : PERÚ

Alcance máximo : 20 % HR

Tipo de indicación : Analógica

Lugar de Calibración : Lab. Humedad de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración : 2020-09-04

Fecha de Emisión : 2020-09-04

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración Empleado

Tomando como referencia el manual de ensayo de materiales. "Contenido de humedad en los suelos método del carburo de calcio" MTC E126 - 2016. La calibración se efectuó con patrones que tienen trazabilidad al INACAL-DM. Agregado al método de comparación indirecta utilizando una muestra de humedad de referencia.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La calibración se realizó con 6 g de muestra y 2,5g de carburo
- Se verificó y ajustó la balanza digital de 500 g (BM-041-20)

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de dos valores de un mismo punto. Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

METROTEST E.I.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.



Lyggi Asthiza G.
Jefe de Metrología



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CHM-129-2020
Página 2 de 2

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Mesa del Servicio Nacional de Metrología SNM – INDECOPI en concordancia con el sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de
Patrones de referencia del DM-INACAL	Juego de Pesas (Exactitud E2)	LM-C-076-2020
METROTEST EIRL	Balanza Clase II	CMM-002-2020

Resultados:

Ensayo comparativo con muestra

Humedad Patrón %	Humedad de Indicación del Instrumento %	Humedad Error %	Humedad Incertidumbre %
5,0	5,2	0,2	0,2
10,0	10,2	0,2	0,2
15,0	15,2	0,2	0,2
18,0	18,2	0,2	0,2

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.



Luigi Asbjørn G.
Jefe de Metrología



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CHM-139-2020**

Solicitante : A & J INGENIERIA Y GEOTECNIA S.R.L.

Dirección : CAL. CUTERVO ANTIGUO NRO. 524
BR. MANZANILLA - ICA

Instrumento de Medición : MEDIDOR DE HUMEDAD

Marca : METROTEST

Modelo : MS-15-2

Serie: : MH-007

Identificación : NO INDICA

Procedencia : PERÚ

Alcance máximo : 20 % HR

Tipo de indicación : Analógica

Lugar de Calibración : Lab. Humedad de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración : 2020-09-15

Fecha de Emisión : 2020-09-15

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el pleno intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración Empleado

Tomando como referencia el manual de ensayo de materiales. "Contenido de humedad en los suelos método del carburo de calcio" MTC E126 - 2016. La calibración se efectuó con patrones que tienen trazabilidad al INACAL-DM. Agregado al método de comparación indirecta utilizando una muestra de humedad de referencia.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La calibración se realizó con 6 g de muestra y 2,5 g de carburo
- Se verificó y ajustó la balanza digital de 500 g (BM-042-20)

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de dos valores de un mismo punto. Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

METROTEST E.I.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.



Luigi Aserjo G.
Jefe de Metrología



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CHM-139-2020

Página 2 de 2

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM – INDECOPI en concordancia con el sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de
Patrones de referencia del DM-INACAL	Juego de Pesas (Exactitud E2)	LM-C-076-2020
METROTEST EIRL	Balanza Clase II	CMM-002-2020

Resultados:

Ensayo comparativo con muestra

Humedad Patrón %	Humedad de Indicación del Instrumento %	Humedad Error %	Humedad Incertidumbre %
5,0	5,0	0,0	0,2
10,0	10,0	0,0	0,2
15,0	15,2	0,2	0,2
18,0	18,2	0,2	0,2

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor $k=2$ para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.




Lidgeri Asenjé G.
Jefe de Metrología



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-259-2020

Solicitante A & J INGENIERIA Y GEOTECNIA S.R.L.
Dirección CAL. CUTERVO ANTIGUO NRO. 524 BR. MANZANILLA - ICA
Equipo de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca OHAUS
Modelo SE6001F
Serie B615913864
Identificación NO INDICA
Procedencia NO INDICA
Capacidad Máxima 6000 g
División de escala (d) 0,1 g
División de verificación (e) 1 g
Tipo ELECTRONICA
Ubicación Lab. Suelos y concreto - BR. Mamzanilla - Ica
Fecha de Calibración 2020-08-03

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOP, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,9 °C	20,5 °C
Humedad Relativa	47 %	43 %

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2020-08-03

Luigi Aserjo G.

Página 1 de 4
FM035-01



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CMM-259-2020

Observaciones

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 2 g

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de INACAL-DM	Juego de pesas (Clase E2)	LM--C-076-2020
Patrones de Referencia de INACAL-DM	Pesa (Clase E2)	LM--C-075-2020



Página 2 de 4
FM035-01

Calle Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 528-7898 Cel.: 997 045 343 / 962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



Metrotest
E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
CMM-259-2020**

Resultados de la Medición

Fecha de Calibración	2020-08-03
Identificación de la balanza	NO INDICA
Ubicación de la balanza	LAB. SUELOS Y CONCRETO - BR. MANZANILLA - ICA CAL. CUTERVO ANTIGUO NRO. 524 BR. MANZANILLA - ICA

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	TIENE	Escala	NO TIENE
Oscilación Libre	TIENE	Cursor	NO TIENE
Plataforma	TIENE	Nivelación	TIENE
Sistema de traba	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= 3.000,0 g			Carga L2= 6.000,0 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
2.999,9	0,04	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,04	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,04	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,04	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,04	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,05	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,05	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,05	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,05	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,05	-0,1	5.999,8	0,05	-0,2
2.999,9	0,05	-0,1	5.999,8	0,06	-0,2
Δ Emáx (g)	0,0		Δ Emáx (g)	0,0	
emp (g)	3		emp (g)	3	

ENSAYO DE PESAJE

Carga (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				emp ±(g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,0	1,0	0,05	0,0						
0,0	2,0	0,05	0,0	0,0	2,0	0,04	0,0	0,0	1
10,0	10,0	0,06	0,0	0,0	10,0	0,04	0,0	0,0	1
20,0	20,0	0,06	0,0	0,0	20,0	0,04	0,0	0,0	1
50,0	50,0	0,06	0,0	0,0	50,0	0,05	0,0	0,0	1
100,0	100,0	0,06	0,0	0,0	100,0	0,05	0,0	0,0	1
500,0	500,0	0,06	0,0	0,0	500,0	0,05	0,0	0,0	1
1.000,0	1.000,0	0,06	0,0	0,0	1.000,0	0,05	0,0	0,0	2
2.000,0	1.999,9	0,06	-0,1	-0,1	1.999,9	0,05	-0,1	-0,1	2
4.000,0	3.999,9	0,06	-0,1	-0,1	3.999,9	0,06	-0,1	-0,1	3
6.000,0	5.999,8	0,05	-0,2	-0,2	5.999,8	0,05	-0,2	-0,2	3



Página 3 de 4
FM035 01

Calle Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Tel.: 528-7898 Cel.: 997 046 343 / 982 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



Metrotest
E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
CMM-259-2020**

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	1,0	1,0	0,05	0,0	2.000,0	1.999,9	0,05	-0,1	-0,1	2
2		1,0	0,05	0,0		1.999,9	0,05	-0,1	-0,1	
3		1,0	0,05	0,0		1.999,9	0,05	-0,1	-0,1	
4		1,0	0,05	0,0		1.999,8	0,05	-0,2	-0,2	
5		1,0	0,05	0,0		1.999,8	0,05	-0,2	-0,2	

- emp Error Máximo Permitido
- I Indicación del instrumento
- E Error encontrado
- Ec Error corregido
- Eo Error en cero
- ΔL Carga incrementada

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R + 0,00003841 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0,00173 \text{ g}^2 + 0,000000000371 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 6000 g, División de verificación (e): 1 g y clase de exactitud III, según Norma Metroológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo			emp
0 g	a	500 g	1 g
500 g	a	2000 g	2 g
2000 g	a	6000 g	3 g





Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-260-2020

Solicitante A & J INGENIERIA Y GEOTECNIA S.R.L.
Dirección CAL. CUTERVO ANTIGUO NRO. 524
BR. MANZANILLA - ICA
Equipo de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca OHAUS
Modelo R31P15
Serie 8336460103
Identificación NO INDICA
Procedencia NO INDICA
Capacidad Máxima 15000 g
División de escala (d) 0,5 g
División de verificación (e) 5 g
Tipo ELECTRONICA
Ubicación Lab. Suelos y concreto - BR. Mamzanilla - Ica
Fecha de Calibración 2020-08-03

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18,9 °C	19,3 °C
Humedad Relativa	46 %	48 %

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2020-08-03

Luigi Asserjo G

Página 1 de 4
FM035-01



Metrotest

E.
I.
R.
L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-260-2020

Observaciones

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 10 g

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP-003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de Metrotest E.I.R.L.	Pesa de 10 Kg (exactitud M1)	CMM-690-2019
Patrones de referencia de Metrotest E.I.R.L.	Juego de pesas (exactitud F1)	CMM-688-2019
Patrones de referencia de INACAL - DM	Juego de pesas (Clase E2)	LM-C-076-2020 // LM-C-075-2020



Página 2 de 4
FM035-01

Calle Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 528-7898 Cel.: 997 045 343 / 952 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL

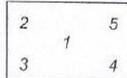


Metrotest
E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
CMM-260-2020**

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					emp
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	5,0	5,0	0,2	0,1	5 000,0	5.000,0	0,2	0,1	0,0	10
2		5,0	0,2	0,1		5.000,5	0,2	0,6	0,5	
3		5,0	0,2	0,1		5.000,0	0,25	0,0	-0,1	
4		5,0	0,25	0,0		5.000,5	0,25	0,5	0,5	
5		5,0	0,2	0,1		5.000,5	0,25	0,5	0,5	

- emp Error Máximo Permitido
- I Indicación del instrumento
- E Error encontrado
- Ec Error corregido
- Eo Error en cero
- ΔL Carga incrementada

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R - 0,0000144 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0,0585 \text{ g}^2 + 0,0000000107 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 15000 g, División de verificación (e): 5 g y clase de exactitud III, según Norma Metroológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo		emp
0 g	a	2500 g
2500 g	a	10000 g
10000 g	a	15000 g





Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CMM-279-2020

Solicitante A & J INGENIERIA Y GEOTECNIA S.R.L.

Dirección CAL. CUTERVO ANTIGUO NRO. 524
BR. MANZANILLA - ICA

Equipo de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA

Marca OHAUS

Modelo R21PE30ZH

Serie B847537517

Identificación NO INDICA

Procedencia NO INDICA

Capacidad Máxima 30000 g

División de escala (d) 1 g

División de verificación (e) 10 g

Tipo ELECTRONICA

Ubicación Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración 2020-09-15

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,0 °C	19,2 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2020-09-15

Luigi Asenjo G.

Página 1 de 4
FM035 01



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CMM-279-2020

Observaciones

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 20 g

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones; al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de Metrotest E.I.R.L.	Pesa de 20 Kg (exactitud M1)	CMM-691-2019
Patrones de referencia de Metrotest E.I.R.L.	Pesa de 10 Kg (exactitud M1)	CMM-690-2019
Patrones de referencia de Metrotest E.I.R.L.	Juego de pesas (exactitud F1)	CMM-688-2019
Patrones de referencia de INACAL - DM	Juego de pesas (Clase E2)	LM-C-076-2020 // LM-C-075-2020



Página 2 de 4
FM035-01

Calle Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 529-7898 Cel.: 997 045 343 / 962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL

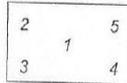


Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
CMM-279-2020**

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	10	10	0,5	0,0	10.000	10.000	0,7	-0,2	-0,2	20
2		10	0,6	-0,1		10.000	0,6	-0,1	0,0	
3		10	0,7	-0,2		10.000	0,6	-0,1	0,1	
4		10	0,7	-0,2		10.000	0,7	-0,2	0,0	
5		10	0,5	0,0		10.000	0,5	0,0	0,0	

- emp Error Máximo Permitido
- I Indicación del instrumento
- E Error encontrado
- Ec Error corregido
- Eo Error en cero
- ΔL Carga incrementada

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R - 0,000021901 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0,28667 \text{ g}^2 + 0,00000000015451 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 30000 g, División de verificación (e): 10 g y clase de exactitud III, según Norma Metrológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo		emp
0 g	a 5000 g	10 g
5000 g	a 20000 g	20 g
20000 g	a 30000 g	30 g



- ANEXO 5
Instrumentos de recolección de datos



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88

OBRA: _____

UBICACION: _____

SOLICITANTE: _____

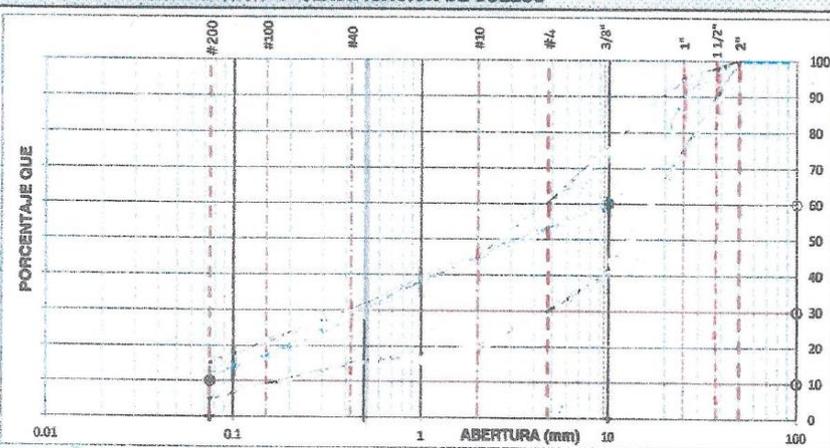
1. DATOS DE LA MUESTRA					2. PERSONAL	
FECHA: _____					I. BASE: _____	
CANTERA: _____					MUESTRA: () GRANULAR	
					ING. RESP.: A.F.G.P	
					TEC. RESP.: J.C.G.P	

3. TAMIZADO					4. RESUMEN	
N	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE ACUMULADO (%)	
	DENOMINACION	(mm)	PESO (g)	%	% QUE PASA	GRADACION B
1	3 1/2"	90.000				
2	3"	75.000				
3	2 1/2"	63.000				
4	2"	50.000				
5	1 1/2"	37.500				
6	1"	25.000				
7	3/4"	19.000				
8	1/2"	12.500				
9	3/8"	9.500				
10	#4	4.750				
11	#10	2.000				
12	#20	0.850				
13	#40	0.425				
14	#100	0.150				
15	#200	0.075				
16	Fondo	0.075				
17						
18						
19						
20						

DESCRIPCION SUELO: _____

DESCRIPCION		VALOR
GENERALES		
Peso muestra seca		
Peso muestra lavada y seca		
Finos equiv. <#4		
Grava usada		
Fino ensayado < #4		
Frac. equiv. < #200		
TIPO DE TAMIZADO		MANUAL
TAMANO MAXIMO		
COEFICIENTES		
Uniformidad (Cu)		
Curvatura (Cc)		
HUMEDAD NATURAL		
1. Peso suelo húmedo		
2. Peso suelo seco		
3. Peso de agua (1) - (2)		
4. Humedad (3*100/2)		
LIMITES DE ATTERBERG		
DESCRIPCION		
Limite Líquido (LL):		
Limite Plástico (LP):		
Indice Plástico (IP):		

5. CURVA GRANULOMÉTRICA Y CLASIFICACION DE SUELOS



SUCS	
AASHTO	
INDICE GRUPO	
DIAMETROS	
D ₁	Abertura

6. OBSERVACIONES

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URR. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 @ 238490 CUI - 21662 3710 - 943984171



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO INDICE DE PLASTICIDAD MTC E110 Y E 111 / ASTM D 4318

OBRA:

UBICACION:

SOLICITANTE:

1.- DATOS DE LA MUESTRA

FECHA:

CANTERA:

2.- PERSONAL

ING. RESP. : A.F.G.P

TEC. RESP. : J.C.G.P

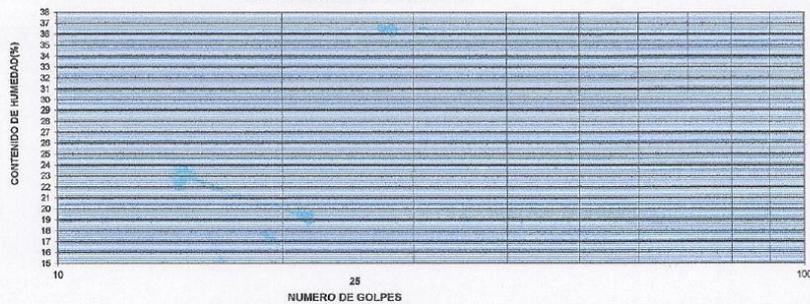
3.-LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
		C-01	C-05	C-08
Nº CAPSULA	ID			
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)			
PESO TARA + SUELO SECO	(g)			
PESO DE AGUA	(g)			
PESO DE LA TARA	(g)			
PESO DEL SUELO SECO	(g)			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			
NUMERO DE GOLPES				

4.-LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			PROMEDIO
		T-02	T-03		
Nº TARRO	ID				
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g.)				
PESO TARA + SUELO SECO	(g.)				
PESO DE LA TARA	(g.)				
PESO DEL AGUA	(g.)				
PESO DEL SUELO SECO	(g.)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	
LIMITE PLASTICO (%)	
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	

5.- OBSERVACIONES

PROLONGACION CUTERVO Nº 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgn281@gmail.com

☎ 238490 CEL: 955623710 - 949994521



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L



Estudios Geotécnico y del Concreto

PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

SERVICIO:

UBICACION:

SOLICITANTE:

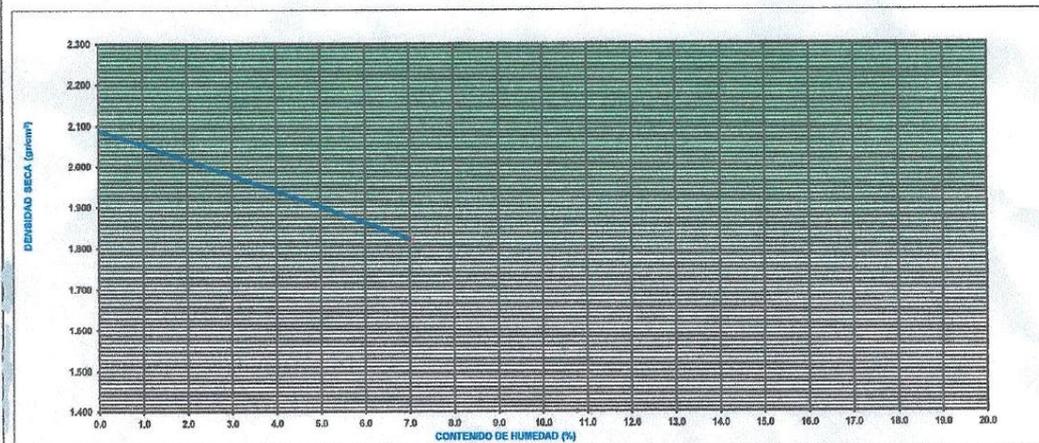
1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
FECHA:		ING. RESP.:	A.F.G.P.
CANTERA:		TEC. RESP.:	J.C.G.P.
	MUESTRA: GRANULAR		

3.- COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	:				
NUMERO DE CAPAS	:				
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)					
PESO DE MOLDE (gr)					
PESO SUELO HÚMEDO (gr)					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)					
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)					
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)					

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°		1	2	3	4
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)					
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)					
PESO DE LA TARA (gr)					
PESO DE AGUA (gr)					
PESO DE SUELO SECO (gr)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
--	---------------------------------

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES	

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
☎ 238490 CEL: 956623710 - 949994521



SERVICIO :
SOLICITA :
UBICACIÓN :
FECHA :
CATERA :

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1983)

	1		1		1	
Molde N°	5		5		5	
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.					
Peso del molde	gr.					
Peso del suelo húmedo	gr.					
Volumen del molde	cc.					
Densidad Humeda	gr./cc					
Humedad	%					
Densidad seca	gr./cc					
Tarro N°						
Tarro suelo húmedo	gr.					
Tarro suelo seco	gr.					
Agua	gr.					
Peso del Tarro	gr.					
Peso del suelo seco	gr.					
Humedad	%					
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25									
1.00	1.300	0.50									
1.30	1.800	0.075									
2.00	2.500	0.100									
3.00	3.800	0.150									
4.00	5.000	0.200									
5.00	6.000	0.250									
6.00	7.500	0.300									
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgc281@gmail.com
☎ 238490 CEL: 956623710 - 949994521

ANEXO 6.1. Ensayo de Análisis Granulométrico de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E 107 / ASTM D 422/ AASHTO T 88

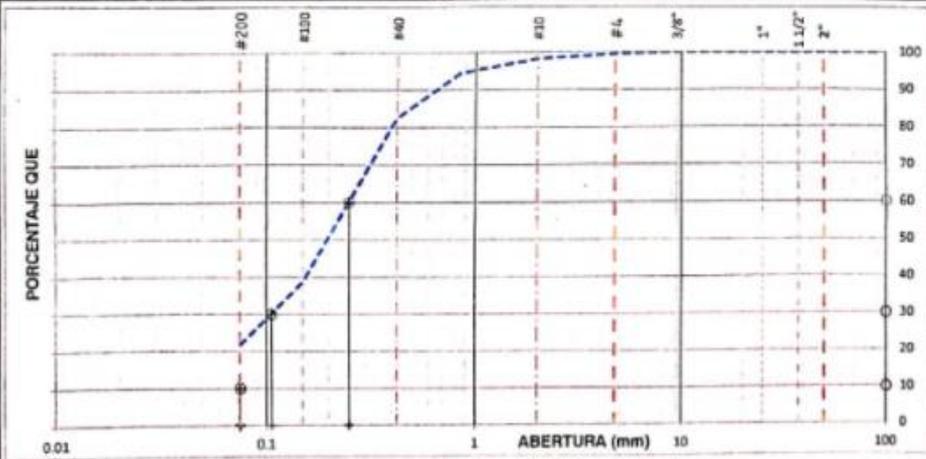
PROYECTO:	TESIS: APLICACION DEL CAUCHO GRANULADO REICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021		
UBICACION:	AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA		
BOLICITANTE	BACHILLER LUZ LORENA JONES DEL POZO		

1. DATOS DE LA MUESTRA				2. PERSONAL	
FECHA	MAYO - 2021	CALICATA -		ING. RESP.:	A.F.G.P
CANTERA	SUELO NATURAL	MUESTRA:	01	TEC. RESP.:	J.C.G.P

3. TAMIZADO						4. RESUMEN		
N	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE ACUMULADO (%)		DESCRIPCION	VALOR
	DENOMINACION	(mm)	PESO (g)	%	% QUE PASA	GRADACION B		
1	3 1/2"	90.000			100.0		GENERALES Peso muestra seca 627 g Peso muestra lavada y seca 796 g Finos equiv. <#4 99.5% Grava usada 0.5% Fino ensayado <#4 796 g Frac. equiv. <#200 21.6% TIPO DE TAMIZADO MANUAL TAMANO MAXIMO 3/8" COEFICIENTES Uniformidad (Cu) 3.319 Curvatura (Cc) 0.598 HUMEDAD NATURAL 1. Peso suelo húmedo 1111 g 2. Peso suelo seco 1062 g 3. Peso de agua (1) - (2) 49 g 4. Humedad (3)*100 / (2) 4.6% LIMITES DE ATTERBERG DESCRIPCION Limite Líquido (LL): 0.00 Limite Plástico (LP): NP Índice Plástico (PI): NP	
2	3"	75.000			100.0			
3	2 1/2"	63.000	0	0.0	100.0			
4	2"	50.000	0	0.0	100.0			
5	1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0			
6	1"	25.000	0.0	0.0	100.0			
7	3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0			
8	1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0			
9	3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0			
10	#4	4.750	3.9	0.5	99.5			
11	#10	2.000	9.4	1.2	99.3			
12	#20	0.850	30.8	3.8	94.5			
13	#40	0.425	55.5	11.9	82.6			
14	#100	0.150	35.1	43.9	38.6			
15	#200	0.075	13.0	17.0	21.6			
16	Fondo	0.075	173.0	21.6				
17								
18								
19								
20								

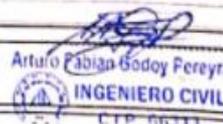
DESCRIPCION SUELO: ARENA LIMOSA

5. CURVA GRANULOMETRICA Y CLASIFICACION DE SUELOS



SUCS	
SM	
AASHTO	
A-2-4	
INDICE GRUPO	
0	
DIAMETROS	
D ₁	Abertura
60	0.249 mm
30	0.106 mm
10	0.075 mm

6. OBSERVACIONES



Arturo Páblan Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
CIP 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: ahp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.2. Ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de

la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO INDICE DE PLASTICIDAD MTC E110 Y E 111 / ASTM D 4318						
PROYECTO: TESIS APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021						
UBICACION: AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA						
SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO						
1.- DATOS DE LA MUESTRA				2.- PERSONAL		
FECHA: MAYO - 2021				CALICATA - 01		
CANTERA: SUELO NATURAL				MUESTRA: 01		
3.- LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				ING. RESP. : A.F.G.P		
				TEC. RESP. : J.C.G.P		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS				
N° CAPSULA	ID	C-01	C-05	C-08		
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	0.00	0.00	0.00		
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	(g)	0.00	0.00	0.00		
PESO DE LA TARA	(g)	35.80	33.50	30.80		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	-35.80	-33.50	-30.80		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.00	0.00	0.00		
NUMERO DE GOLPES		18	28	38		
4.- LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		PROMEDIO		
N° TARRO	ID	T-02	T-03			
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g.)	0.00	0.00			
PESO TARA + SUELO SECO	(g.)	0.00	0.00			
PESO DE LA TARA	(g.)	30.80	30.50			
PESO DEL AGUA	(g.)	0.00	0.00			
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	-30.80	-30.50			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	NP	NP	NP		
<p style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES</p>						
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA						
LIMITE LIQUIDO (%)		0.00				
LIMITE PLASTICO (%)		NP				
INDICE DE PLASTICIDAD (%)		NP				
5.- OBSERVACIONES						
 Arturo Fabian Godoy Pereyra INGENIERO CIVIL C.I.P 66311						

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
☎ 238490 CEL: 95623710 - 956994521

ANEXO 6.3. Ensayo de Proctor Modificado del suelo natural de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

PROYECTO: TESIS: APLICACIÓN DEL CALIHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021

UBICACION: AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA

SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO

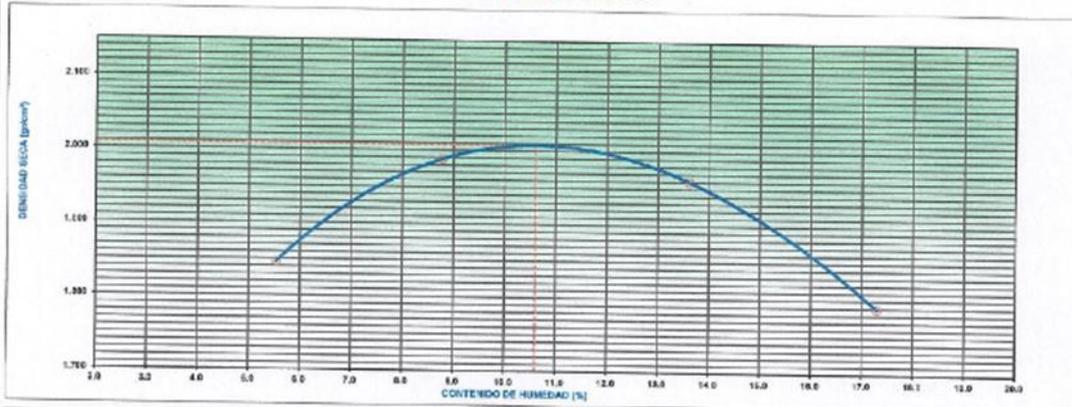
1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
FECHA	MAYO - 2021	ING. RESP. :	A.F.G.P.
CANTERA:	SUELO NATURAL	TEC. RESP. :	J.C.G.P.
		MUESTRA:	CALICATA - 01

3.- COMPACTACIÓN						
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	"A"				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	:	25				
NUMERO DE CAPAS	:	5				
NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5	
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	3730	3930	3990	3670		
PESO DE MOLDE (gr)	1910	1910	1910	1910		
PESO SUELO HUMEDO (gr)	1820	2020	2080	1960		
VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	934	934	934	934		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.949	2.163	2.227	2.099		
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.846	1.988	1.950	1.789		

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPiente N°	1	2	3	4	5
PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (gr)	113.7	137.4	126.3	136.1	
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	109.7	126.3	115.7	121.5	
PESO DE LA TARA (gr)	37.5	38.3	37.9	37.1	
PESO DE AGUA (gr)	4.9	11.1	10.8	14.8	
PESO DE SUELO SECO (gr)	72.2	126.3	77.8	84.4	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.64	8.79	13.62	17.33	

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.01	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.6
--	------	---------------------------------	------

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES

Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.4. Ensayo de CBR del suelo natural de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnicos y del Concreto



PROYECTO : TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
 SOLICITA : BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO
 UBICACIÓN : AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
 FECHA : MAYO - 2021
 CANTERA : SUELO NATURAL MATERIAL: CALICATA - 01

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

	1		3		2	
	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	1		3		2	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo gr.	13260		12920		12460	
Peso del molde gr.	8410		8450		8260	
Peso del suelo húmedo gr.	4850		4470		4200	
Volumen del molde cc.	2189		2189		2189	
Densidad Humeda gr./cc	2.22		2.04		1.92	
Humedad %	10.90		10.40		10.90	
Densidad seca gr./cc	2.000		1.85		1.73	
Tarro N°	1		2		6	
Tarro suelo húmedo gr.	114.5		107.1		101	
Tarro suelo seco gr.	106.9		100.6		94.8	
Agua gr.	7.6		6.5		6.2	
Peso del Tarro gr.	37.4		38.3		37.8	
Peso del suelo seco gr.	69.5		62.3		57	
Humedad %	10.9		10.4		10.9	
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

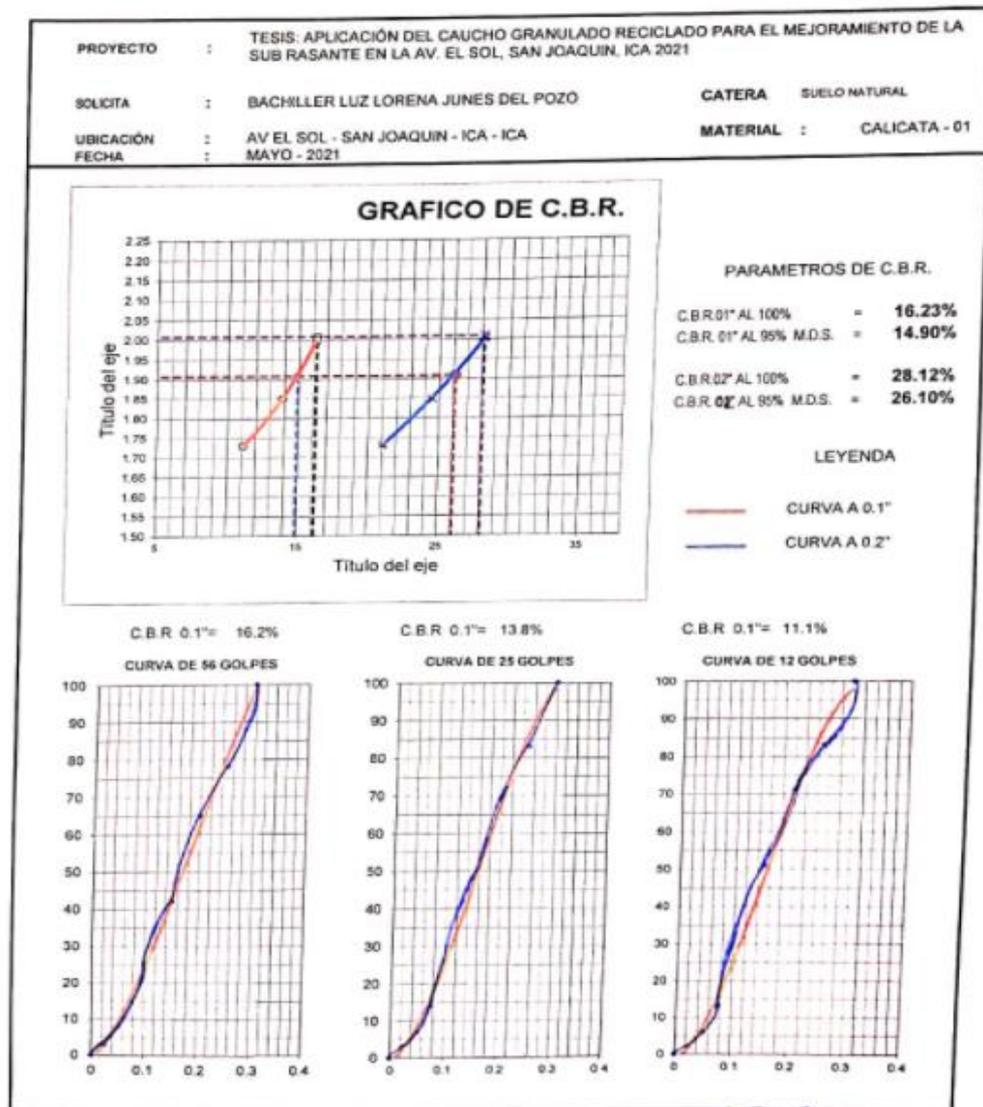
PENETRACION			Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	31.6	70	22	22.1	49	16	11.7	26	9
1.00	1.300	0.50	73.6	162	54	53.1	117	39	34.5	76	25
1.30	1.900	0.075	129.8	286	95	102.8	226	75	78.1	172	57
2.00	2.500	0.100	224.6	494	165	188.6	415	138	153.3	337	112
3.00	3.800	0.150	370.2	814	271	350.3	771	257	308	678	226
4.00	5.000	0.200	578.2	1272	424	501.1	1102	367	430.5	947	316
5.00	6.000	0.250	685.9	1509	503	604.8	1331	444	502	1104	368
6.00	7.500	0.300	885.3	1948	649	725.8	1597	532	605	1331	444
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.5. Gráfico de CBR del suelo natural de la calicata 1.



PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

Arturo Fabian Godoy Peryra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

E-mail: afgp281@gmail.com
238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.6. Ensayo de Proctor Modificado del suelo natural + 8% caucho granulado de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

PROYECTO: TESIS: APLICACIÓN DEL CALCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AV. EL SOL, SNA, DQQUIN, ICA 2021

UBICACIÓN: AV. EL SOL - SAN JUAN DE LOS RIOS - ICA - ICA

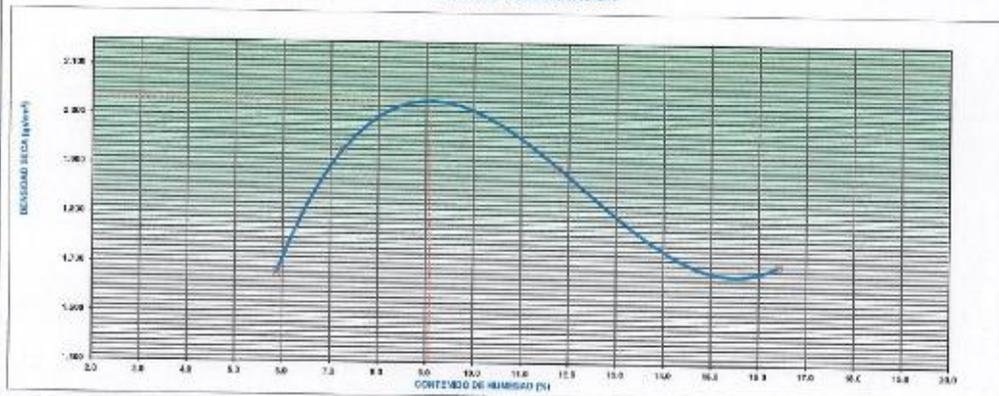
SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JIMÉNEZ DEL POZO

1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
FECHA:	MAYO - 2021	R.G. RESP.:	A.F.G.P.
CANTERA:	SUELO NATURAL + 8% DE CAUCHO	T.C. RESP.:	J.C.G.P.
MUESTRA:	CALICATA - 01		

3.- COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"				
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	25				
NÚMERO DE CAPAS	6				
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	2570	3040	3090	3750	
PESO DE MOLDE (gr)	1910	1910	1910	1910	
PESO SUELO HUMEDO (gr)	1660	1130	1180	1840	
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	974	974	974	974	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.707	1.160	1.211	1.889	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.879	1.927	1.890	1.701	

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nº	1	2	3	4	
PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (gr)	120.3	105.1	112.3	124.7	
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	115.7	98.0	104.5	121.1	
PESO DE LA TARA (gr)	37.6	35.5	35.4	35.3	
PESO DE AGUA (gr)	4.6	7.1	7.8	3.6	
PESO DE SUELO SECO (gr)	75.3	93.0	66.1	82.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.07	7.24	11.60	16.43	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.03		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		R.1

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES

[Signature]
Arturo Fabian Godoy Perayra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACIÓN CUTERVO Nº 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afp281@gmail.com
 238490 C.H. : 9566237110 - 956994521

ANEXO 6.7. Ensayo de CBR del suelo natural + 8% caucho granulado de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PROYECTO	TESIS APLICACION DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021					
SOLICITA	BACHILLER LUZ LORENA JONES DEL POZO					
UBICACION	AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA					
FECHA	MAYO - 2021					
CATERA	SUELO NATURAL + 12% DE CAUCHO		MATERIAL:		CALICATA - 01	

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

Molde N°	1		3		2	
Caja N°	5		5		5	
Gr pes por caja N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR	
	SUMERS	SUMERS	SUMERS	SUMERS	SUMERS	SUMERS
Peso molde + suelo húmedo	gr	1300		1270		12430
Peso del molde	gr	840		840		8200
Peso del suelo húmedo	gr	460		430		4230
Volumen del molde	cc	2189		2189		4170
Densidad húmeda	gr/cc	2.22		1.95		1.5
Humedad	%	9.50		9.46		9.00
Densidad seca	gr/cc	2.00		1.78		1.74
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr	105.5		104.7		107.3
Tarro suelo seco	gr	99.7		99		101.6
Agua	gr	5.8		5.7		5.7
Peso del Tarro	gr	37.4		38.3		38.4
Peso del suelo seco	gr	62.3		60.7		63.2
Humedad	%	9.3		9.4		9.0
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

Tiempo	PENETRACION		Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/in²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/in²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/in²
	mm	kg									
0.30	0.300	0.25	22.5	50	18	18.2	40	13	9.7	21	7
1.00	1.300	0.50	46	101	34	29.6	65	22	15.4	40	13
1.20	1.900	0.075	106.6	234	78	73.8	162	54	60.1	132	44
2.00	2.300	0.100	180	428	142	111	244	81	80	209	70
3.00	3.000	0.150	250.3	551	184	175	385	126	145.1	319	106
4.00	3.800	0.200	352	774	268	245	541	180	220	494	161
5.00	6.000	0.250	395	869	280	315	700	233	340	748	249
6.00	7.500	0.300	443.2	976	325	430	946	315	370.9	816	272
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.000	0.500									


 Andrés Fermán Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238400 CRI 956673710 - 956896521

ANEXO 6.8. Gráfico de CBR del suelo natural + 12% caucho granulado de la calicata 1.

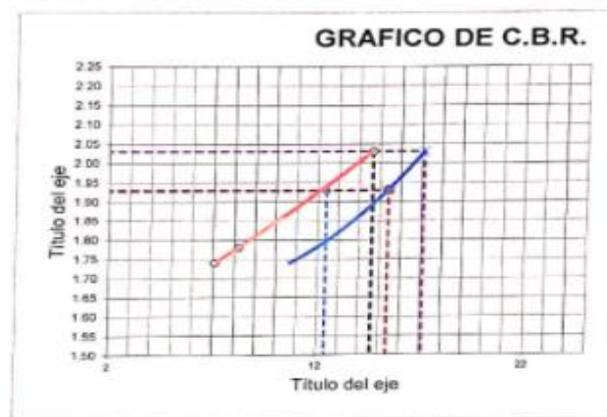


A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PROYECTO	: TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021	CATERA	SUELO NATURAL + 8% DE CAUCHO
SOLICITA	: BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO	MATERIAL	: CALICATA - 01
UBICACIÓN	: AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA		
FECHA	: MAYO - 2021		

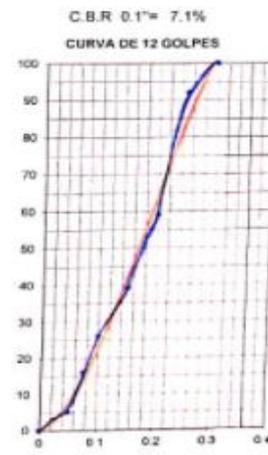
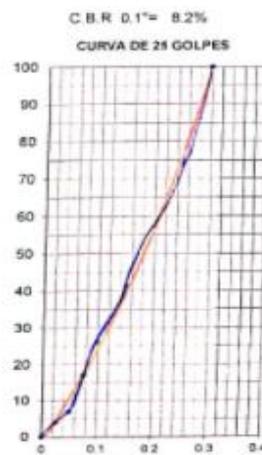
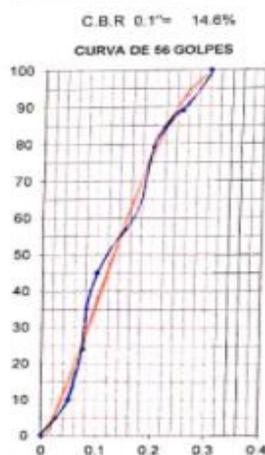


PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100%	=	14.63%
C.B.R. 01" AL 95% M.O.S.	=	12.40%
C.B.R.02" AL 100%	=	17.12%
C.B.R. 02" AL 95% M.O.S.	=	15.40%

LEYENDA

	CURVA A 0.1"
	CURVA A 0.1"



PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

Arturo Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

E-mail: afgp201@gmail.com
☎ 238490 CEL. 956623710 - 956994521

ANEXO 6.9. Ensayo de Proctor Modificado del suelo natural + 12% caucho granulado de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

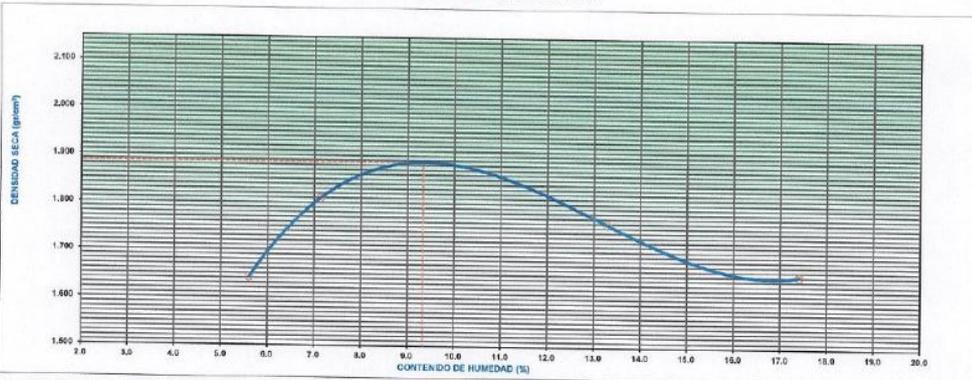
PROYECTO: TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
 UBICACION: AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
 SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JONES DEL POZO

1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
FECHA	MAYO - 2021	ING. RESP.:	A.F.G.P.
CANTERA:	SUELO NATURAL + 12% DE CAUCHO	TEC. RESP.:	J.C.G.P.
		MUESTRA:	CALICATA - 01

3.- COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	"A"			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	:	25			
NUMERO DE CAPAS	:	5			
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)		3530	3720	3770	3720
PESO DE MOLDE (gr)		1910	1910	1910	1910
PESO SUELO HUMEDO (gr)		1620	1810	1860	1810
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)		934	934	934	934
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)		1.734	1.938	1.991	1.938
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		1.642	1.809	1.758	1.651

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°		1	2	3	4
PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (gr)		93.9	94.6	122.4	155.8
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)		90.9	88.3	112.5	138.3
PESO DE LA TARA (gr)		37.4	37.0	38.0	37.8
PESO DE AGUA (gr)		3.0	6.3	9.9	17.5
PESO DE SUELO SECO (gr)		53.5	88.3	74.5	100.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		5.61	7.13	13.29	17.41
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		1.89		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
				9.3	

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES

Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.10. Ensayo de CBR del suelo natural + 12% caucho granulado de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PROYECTO : TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
 SOLICITA : BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO
 UBICACIÓN : AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
 FECHA : MAYO - 2021
 CANTERA : SUELO NATURAL + 12% DE CAUCHO MATERIAL: CALICATA - 01

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

	Molde N° 1		Molde N° 3		Molde N° 2	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	1		3		2	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	66		26		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR SUMERG.		SIN SUMERGIR SUMERG.		SIN SUMERGIR SUMERG.	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12910	12890	12890	12370	12370
Peso del molde	gr.	8410	8450	8450	8260	8260
Peso del suelo húmedo	gr.	4500	4430	4430	4110	4110
Volumen del molde	cc.	2189	2189	2189	2189	2189
Densidad Humeda	gr./cc	2.08	2.02	2.02	1.88	1.88
Humedad	%	9.00	9.10	9.10	9.90	9.90
Densidad seca	gr./cc	1.890	1.85	1.85	1.71	1.71
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	103.8	116	116	123.7	123.7
Tarro suelo seco	gr.	98.3	109.5	109.5	116	116
Agua	gr.	5.5	6.5	6.5	7.7	7.7
Peso del Tarro	gr.	37.4	38.3	38.3	38.4	38.4
Peso del suelo seco	gr.	60.9	71.2	71.2	77.6	77.6
Humedad	%	9.0	9.1	9.1	9.9	9.9
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

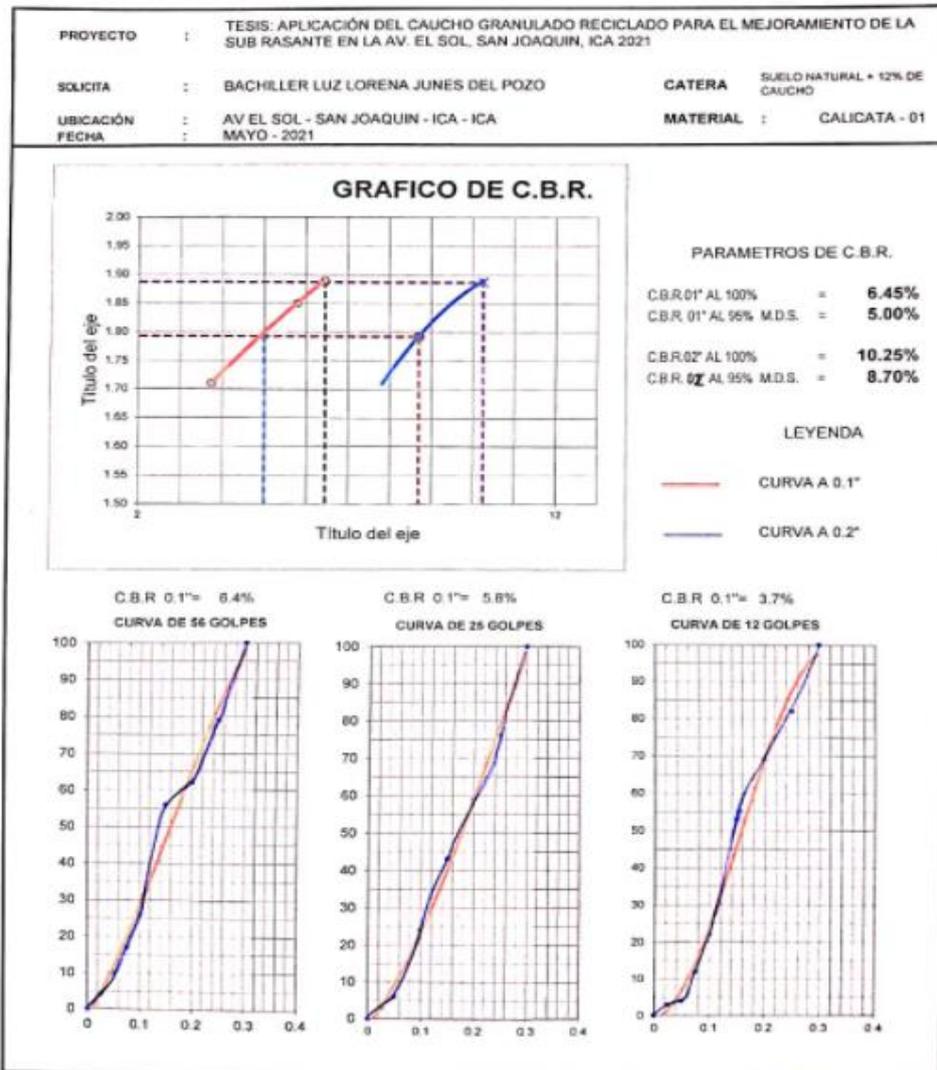
Tiempo	PENETRACION		Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	15	33	11	10	22	7	6.7	15	5
1.00	1.300	0.50	33	73	24	21	46	15	10	22	7
1.30	1.900	0.075	56.4	124	41	47.3	104	35	26.6	59	20
2.00	2.500	0.100	86.7	191	64	80.8	177	59	51.5	113	38
3.00	3.800	0.150	187.5	413	138	140.3	309	103	123.1	271	90
4.00	5.000	0.200	210	462	154	195	429	143	161.1	354	118
5.00	6.000	0.250	266	585	195	250	550	183	190	418	139
6.00	7.500	0.300	338	744	248	328	722	241	231.8	510	170
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.11. Gráfico de CBR del suelo natural + 12% caucho granulado de la calicata 1.



PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

Arturo Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

E-mail: afgp281@gmail.com
☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.12. Ensayo de Proctor Modificado del suelo natural + 16% caucho granulado de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

PROYECTO: TESIS: APLICACION DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
UBICACION: AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO

1.- DATOS DE LA MUESTRA

FECHA: MAYO - 2021
CANTERA: SUELO NATURAL + 16% DE CAUCHO

2.- PERSONAL

ING. RESP.: A.F.G.P.
TEC. RESP.: J.C.G.P.

MUESTRA: CALICATA - 01

3.- COMPACTACIÓN

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : "A"
NUMERO DE GOLPES POR CAPA : 25
NUMERO DE CAPAS : 5

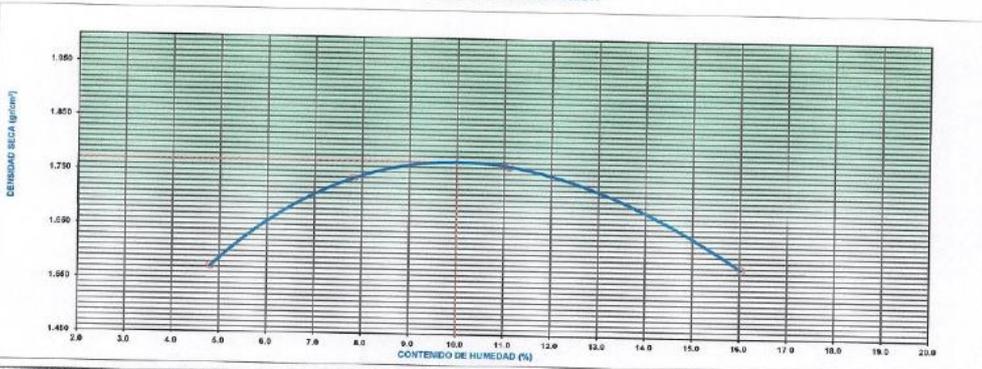
NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	3450	3690	3740	3520
PESO DE MOLDE (gr)	1910	1910	1910	1910
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	1540	1780	1830	1610
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	934	934	934	934
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.649	1.874	1.959	1.831
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.573	1.738	1.793	1.578

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°	1	2	3	4
PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (gr)	102.7	108.9	117.4	141.7
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	99.7	101.0	106.5	127.4
PESO DE LA TARA (gr)	37.4	38.2	39.4	38.2
PESO DE AGUA (gr)	3.0	7.9	7.9	14.3
PESO DE SUELO SECO (gr)	62.3	101.0	71.1	89.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.82	7.82	11.11	16.03

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.77 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 10.0

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES

Fabian Godoy Pereyra
Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.13. Ensayo de CBR del suelo natural + 16% caucho granulado de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PROYECTO : TESIS: APLICACION DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB
 RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
 SOLICITA : BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO
 UBICACIÓN : AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
 FECHA : MAYO - 2021
 CANTERA : SUELO NATURAL + 16% DE CAUCHO MATERIAL: CALICATA - 01

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.	12870		12210		12060		
Peso del suelo húmedo	gr.	8410		8260		8450		
Volumen del molde	cc.	2189		2189		2189		
Densidad húmeda	gr./cc	1.95		1.8		1.65		
Humedad	%	10.00		10.60		10.60		
Densidad seca	gr./cc	1.770		1.62		1.49		
Tarro N°	1		2		3			
Tarro suelo húmedo	gr.	107		120.5		130.5		
Tarro suelo seco	gr.	106.7		112.4		121.7		
Agua	gr.	6.3		8.1		8.8		
Peso del Tarro	gr.	37.4		38.3		38.4		
Peso del suelo seco	gr.	63.3		74.1		83.3		
Humedad	%	10.0		10.9		10.6		
Promedio de la humedad	%							

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.500	0.25	20.5	45	14	5.6	12	4	2.5	6	2
1.00	1.300	0.50	39	86	29	11.7	26	9	9	20	7
1.30	1.900	0.075	54.4	120	40	23	51	17	15.2	33	11
2.00	2.500	0.100	74	163	54	58.4	126	43	48	106	35
3.00	3.800	0.150	120	264	88	111	244	81	106.1	233	78
4.00	5.000	0.200	207	455	152	166.1	365	122	135.2	297	99
5.00	6.000	0.250	292	642	214	210.6	463	154	157.3	346	115
6.00	7.500	0.300	403	887	296	277.5	611	204	197	433	144
8.00	10.900	0.400									
10.00	12.500	0.500									


 Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

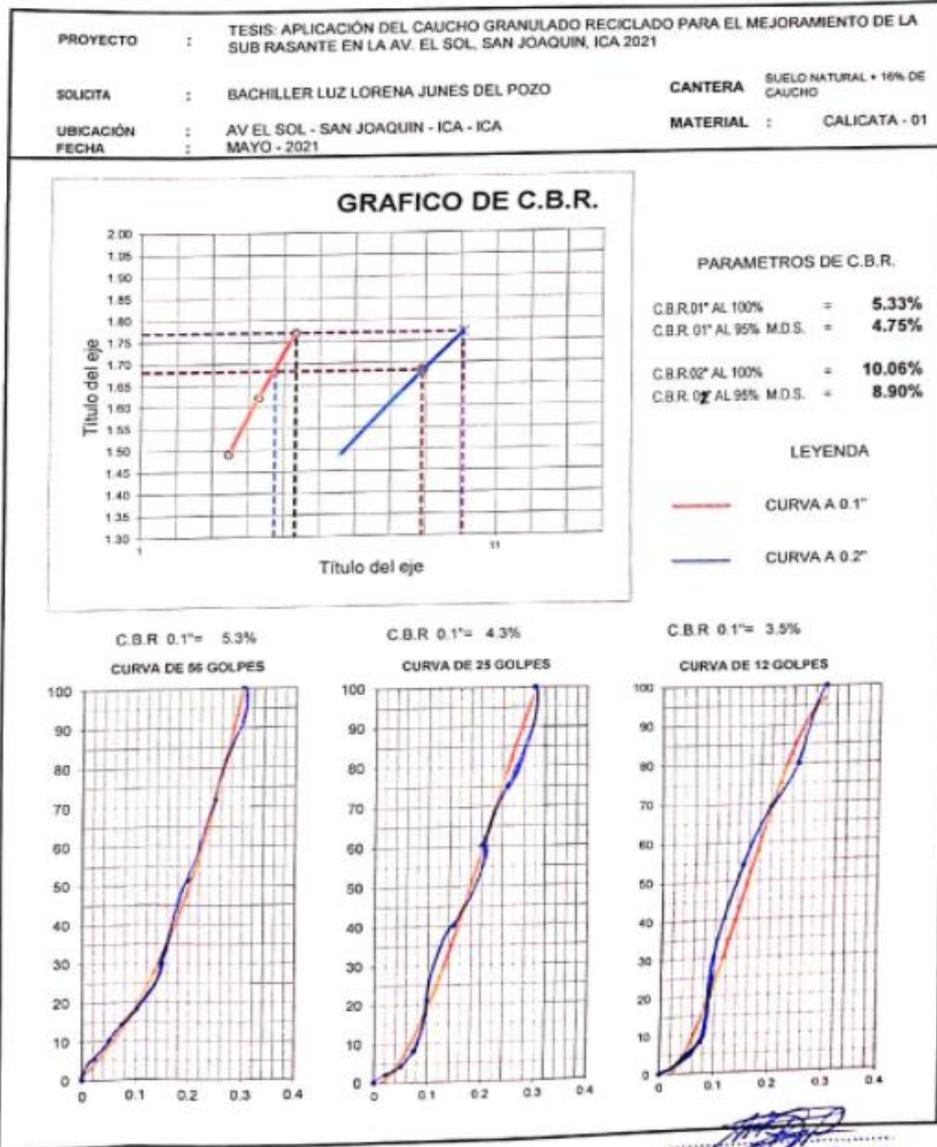
E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.14. Gráfico de CBR del suelo natural + 16% caucho granulado de la calicata 1.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



Arturo Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp.281@gmail.com
238490 C.E.L. 956623710 - 956994521

ANEXO 6.15. Ensayo de Análisis Granulométrico de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107 / ASTM D 422 / AASHTO T 88

PROYECTO: TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB PÁSANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUÍN, ICA 2021

UBICACION: AV EL SOL - SAN JOAQUÍN - ICA - ICA

SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JONES DEL POZO

1. DATOS DE LA MUESTRA

FECHA: MAYO - 2021

CANTERA: SUELO NATURAL

2. PERSONAL

CALICATA - MUESTRA: 02

ING. RESP.: A.F.G.P

TEC. RESP.: J.C.G.P

3. TAMIZADO

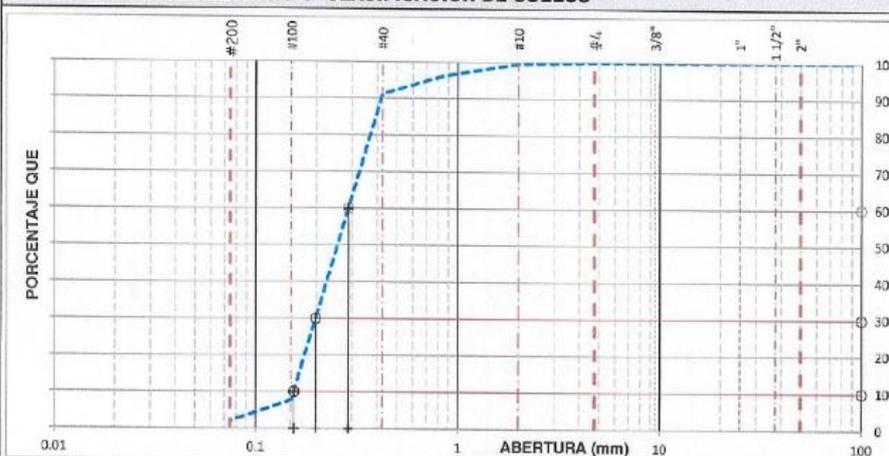
N	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE	ACUMULADO (%)
	DENOMINACION	ASTM (mm)	PESO (g)	%		
1	3 1/2"	90.000			100.0	
2	3"	75.000			100.0	
3	2 1/2"	63.000	0		100.0	
4	2"	50.000	0	0.0	100.0	
5	1 1/2"	37.500	0.0	0.0	100.0	
6	1"	25.000	0.0	0.0	100.0	
7	3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0	
8	1/2"	12.500	0.0	0.0	100.0	
9	3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	
10	#4	4.750	0.0	0.0	100.0	
11	#10	2.000	3.8	0.5	99.5	
12	#20	0.850	27.5	3.4	96.1	
13	#40	0.425	39.2	4.9	91.2	
14	#100	0.150	66.9	8.5	7.7	
15	#200	0.075	45.3	5.7	2.0	
16	Fondo	0.075	15.0	2.0		
17						
18						
19						
20						

DESCRIPCIÓN SUELO: ARENA POBREMENTE GRADADA

4. RESUMEN

DESCRIPCIÓN	VALOR
GENERALES	
Peso muestra seca	800 g
Peso muestra lavada y seca	784 g
Finos equiv. <#4:	100.0%
Grava usada	0.0%
Fino ensayado <#4	800 g
Frac. equiv. <#200:	2.0%
	16 g
TIPO DE TAMIZADO	MANUAL
TAMANO MAXIMO	2/8"
COEFICIENTES	
Uniformidad (Cu)	1.856
Curvatura (Cc)	0.883
HUMEDAD NATURAL	
1. Peso suelo húmedo	151.2 g
2. Peso suelo seco	141.8 g
3. Peso de agua [1] - [2]	9.4 g
4. Humedad [3]/100 / [2]	6.6%
LIMITES DE ATTERBERG	
DESCRIPCIÓN	
Límite Líquido (LL):	0.00
Límite Plástico (LP):	NP
Índice Plástico (PI):	NP

5. CURVA GRANULOMÉTRICA Y CLASIFICACION DE SUELOS



SUCS

SP

AASHTO

A-3

INDICE GRUPO

0

DIAMETROS	
D _i	Abertura
60	0.288 mm
30	0.198 mm
10	0.154 mm

6. OBSERVACIONES

-

Arturo Fabian Godoy Pereyra

INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.16. Ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO INDICE DE PLASTICIDAD MTC E110 Y E 111 / ASTM D 4318

PROYECTO: TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
UBICACION: AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO

1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
FECHA:	MAYO - 2021	CALICATA -	ING. RESP. : A.F.G.P
CANTERA:	SUELO NATURAL	MUESTRA:	TEC. RESP. : J.C.G.P

3.-LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº CAPSULA	ID	C-01	C-05	C-09	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	0.00	0.00	0.00	-
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	0.00	0.00	0.00	-
PESO DE AGUA	(g)	0.00	0.00	0.00	-
PESO DE LA TARA	(g)	35.80	33.50	30.80	-
PESO DEL SUELO SECO	(g)	-35.80	-33.50	-30.80	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.00	0.00	0.00	-
NUMERO DE GOLPES		18	28	38	-

4.-LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			PROMEDIO
Nº TARRO	ID	T-02	T-03		
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g.)	0.00	0.00		-
PESO TARA + SUELO SECO	(g.)	0.00	0.00		-
PESO DE LA TARA	(g.)	30.80	30.50		-
PESO DEL AGUA	(g.)	0.00	0.00		-
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	-30.80	-30.50		-
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	NP	NP		NP



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	0.00
LIMITE PLASTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

5.- OBSERVACIONES

Arturo Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P 66311

PROLONGACION CUTERVO Nº 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.17. Ensayo de Proctor Modificado del suelo natural de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

PROYECTO: TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021

UBICACION: AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA

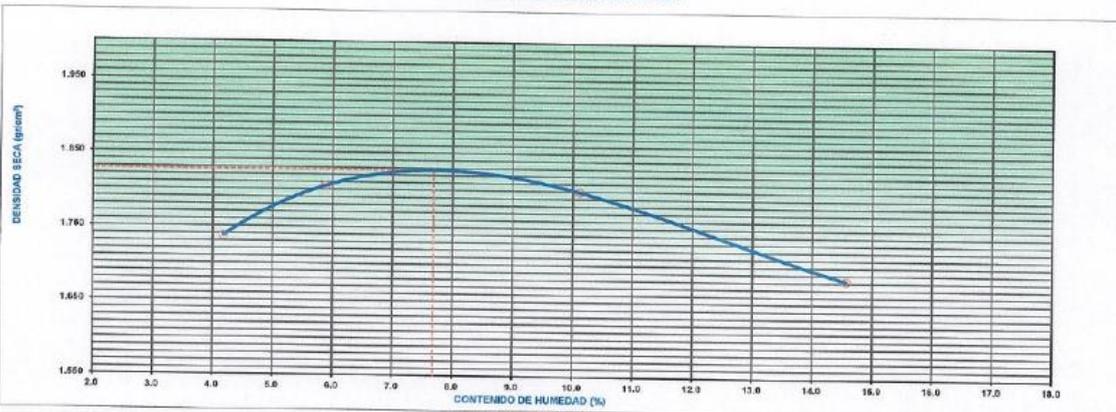
SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO

1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
FECHA:	MAYO - 2021	ING. RESP.:	A.F.G.P.
CANTERA:	SUELO NATURAL	TEC. RESP.:	J.C.G.P.
		MUESTRA:	CALICATA - D2

3.- COMPACTACIÓN				
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	"A"		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	:	25		
NUMERO DE CAPAS	:	5		
NÚMERO DE ENSAYO				
	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	3900	3995	3760	3710
PESO DE MOLDE (gr)	1910	1910	1910	1910
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	1990	1785	1850	1800
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	934	934	934	934
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.809	1.911	1.981	1.927
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.737	1.805	1.799	1.692

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE N°	1	2	3	4
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	102.3	122.4	111.9	124.4
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	99.7	115.6	105.1	113.3
PESO DE LA TARA (gr)	37.5	38.3	37.6	37.1
PESO DE AGUA (gr)	2.6	6.8	6.8	11.1
PESO DE SUELO SECO (gr)	62.2	115.6	67.2	75.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.18	5.88	10.12	14.57
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.83		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
			7.7	

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES

-

Arturo Fabian Godoy Pereyra
 Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.18. Ensayo de CBR del suelo natural de la calicata 2.



PROYECTO : TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
SOLICITA : BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO
UBICACIÓN : AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
FECHA : MAYO - 2021
CATERA : SUELO NATURAL **MATERIAL:** CALICATA - 02

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

	1		3		2	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Molde N°	1		3		2	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo gr.	12720		12260		12250	
Peso del molde gr.	8410		8260		8450	
Peso del suelo húmedo gr.	4310		4000		3800	
Volumen del molde cc.	2189		2189		2189	
Densidad Humeda gr./cc.	1.97		1.83		1.74	
Humedad %	7.60		7.80		7.60	
Densidad seca gr./cc.	1.830		1.70		1.62	
Tarro N°	1		2		5	
Tarro suelo húmedo gr.	127.5		122.3		138.8	
Tarro suelo seco gr.	121.1		116.2		131.7	
Agua gr.	6.4		6.1		7.1	
Peso del Tarro gr.	37.4		38.3		37.8	
Peso del suelo seco gr.	83.7		77.9		93.9	
Humedad %	7.6		7.8		7.6	
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

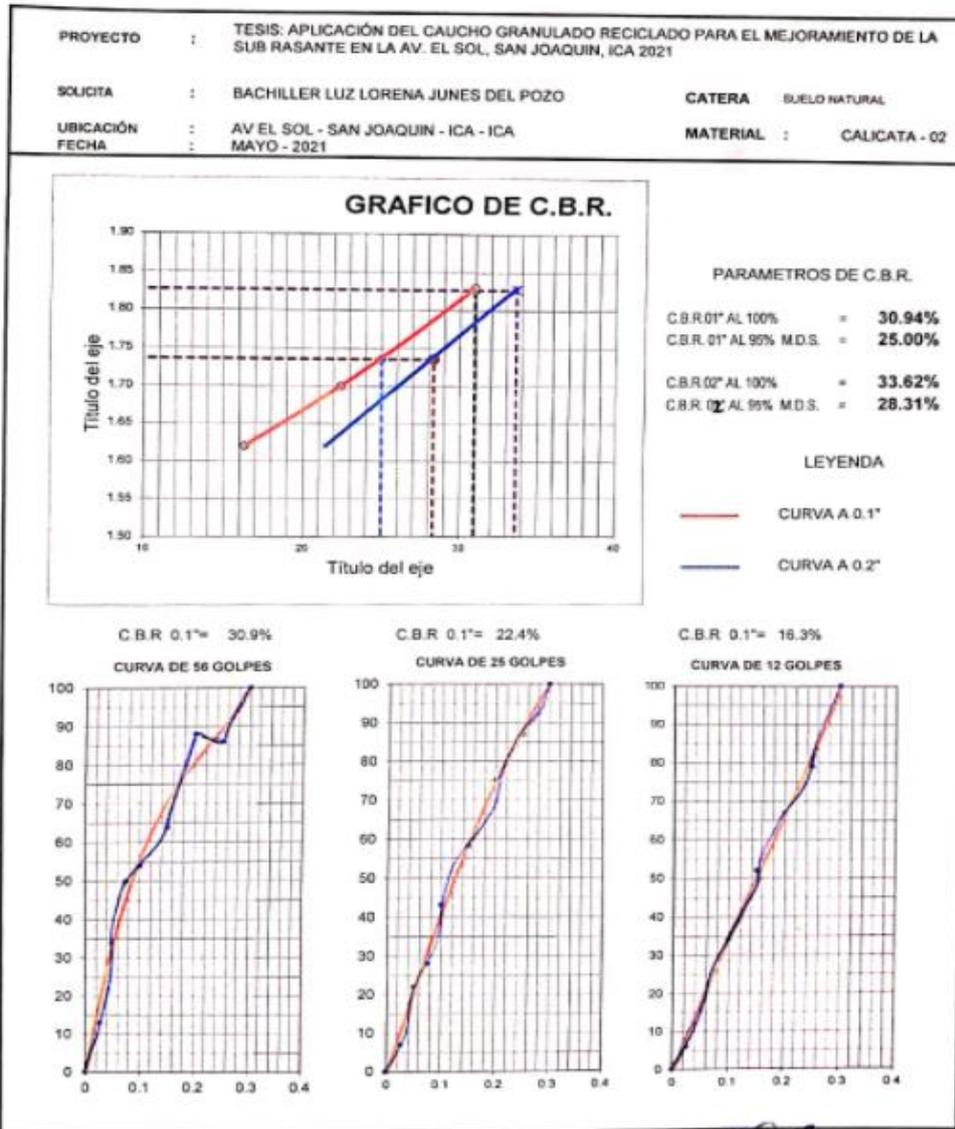
PENETRACION			Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	p/g									
0.30	0.600	0.25	108	233	74	46.4	102	34	37.4	82	27
1.00	1.300	0.50	267.5	589	195	155.3	342	114	103	227	76
1.30	1.900	0.075	393.2	865	288	197	433	144	171.5	377	126
2.00	2.500	0.100	419.7	923	308	306.5	674	225	219	482	161
3.00	3.800	0.150	496.8	1093	364	409.7	901	300	340.8	750	250
4.00	5.000	0.200	689.1	1516	505	531.1	1168	389	439.1	966	322
5.00	6.000	0.250	670.7	1476	492	620	1364	455	517.8	1139	380
6.00	7.500	0.300	781.9	1720	573	710	1562	521	655	1441	480
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									


 Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL. 956623710 - 956994521

ANEXO 6.19. Gráfico de CBR del suelo natura de la calicata 2.



PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

Arturo Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

E-mail: afgp281@gmail.com
238490 CEL. 956623710 - 956994521

ANEXO 6.20. Ensayo de Proctor Modificado del suelo natural + 8%caucho granulado de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

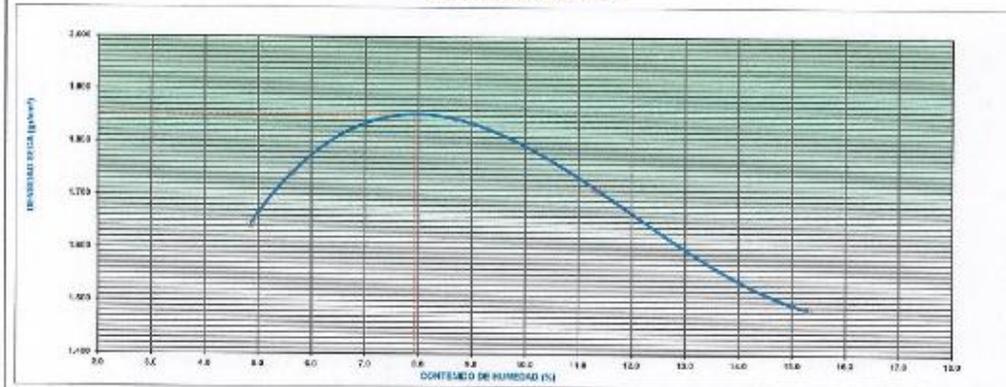
PROYECTO: TESIS DE APLICACIÓN DEL CALUCHO GRANULADO RED CLAURO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBPASENTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUÍN, ICA 2021
 UBICACIÓN: AV EL SOL - SAN JOAQUÍN - ICA - ICA
 SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JUNSE DEL POZO

1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
FECHA:	MAYO - 2021	ING. RESP.:	A.F.G.P.
CANTERA:	SUELO NATURAL + 8% DE CAUCHO	TEC. RESP.:	J.C.G.P.
		MUESTRA:	CALICATA - 02

3.- COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"				
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	25				
NÚMERO DE CAPAS	5				
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	3020	3030	3090	3519	
PESO DE MOLDE (gr)	1910	1910	1910	1919	
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	1610	1720	1780	1900	
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	934	934	934	934	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.724	1.842	1.906	1.713	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.644	1.743	1.712	1.498	

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPENTE N°	1	2	3	4	
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	109.4	104.9	105.1	165.3	
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	105.1	96.0	100.9	148.3	
PESO DE LA TARA (gr)	38.2	37.6	37.4	37.1	
PESO DE AGUA (gr)	3.3	5.6	7.2	17.0	
PESO DE SUELO SECO (gr)	67.9	58.4	63.5	111.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.86	5.86	11.34	15.29	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.85		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		7.9

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES

[Signature]
 Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACIÓN CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSÉ DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 238490 CEB. 956623710 - 956994521

ANEXO 6.21. Ensayo de CBR del suelo natural + 8% caucho granulado de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PROYECTO : TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
 SOLICITA : BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO
 UBICACIÓN : AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
 FECHA : MAYO - 2021
 CANTERA : SUELO NATURAL+8% DE CAUCHO MATERIAL: CALICATA - 02

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

Molde N°	1	3	2
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.	12760	12250	12070
Peso del molde gr.	8410	8250	8450
Peso del suelo húmedo gr.	4350	3950	3620
Volúmen del molde cc.	2189	2189	2189
Densidad Humeda gr./cc	1.99	1.82	1.65
Humedad %	7.90	7.90	7.50
Densidad seca gr./cc	1.840	1.69	1.53
Tarro N°	1	2	5
Tarro suelo húmedo gr.	112.2	105	101.6
Tarro suelo seco gr.	106.7	100.1	97.2
Agua gr.	5.5	4.9	4.4
Peso del Tarro gr.	37.4	38.3	38.4
Peso del suelo seco gr.	69.3	61.8	58.8
Humedad %	7.9	7.9	7.5
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

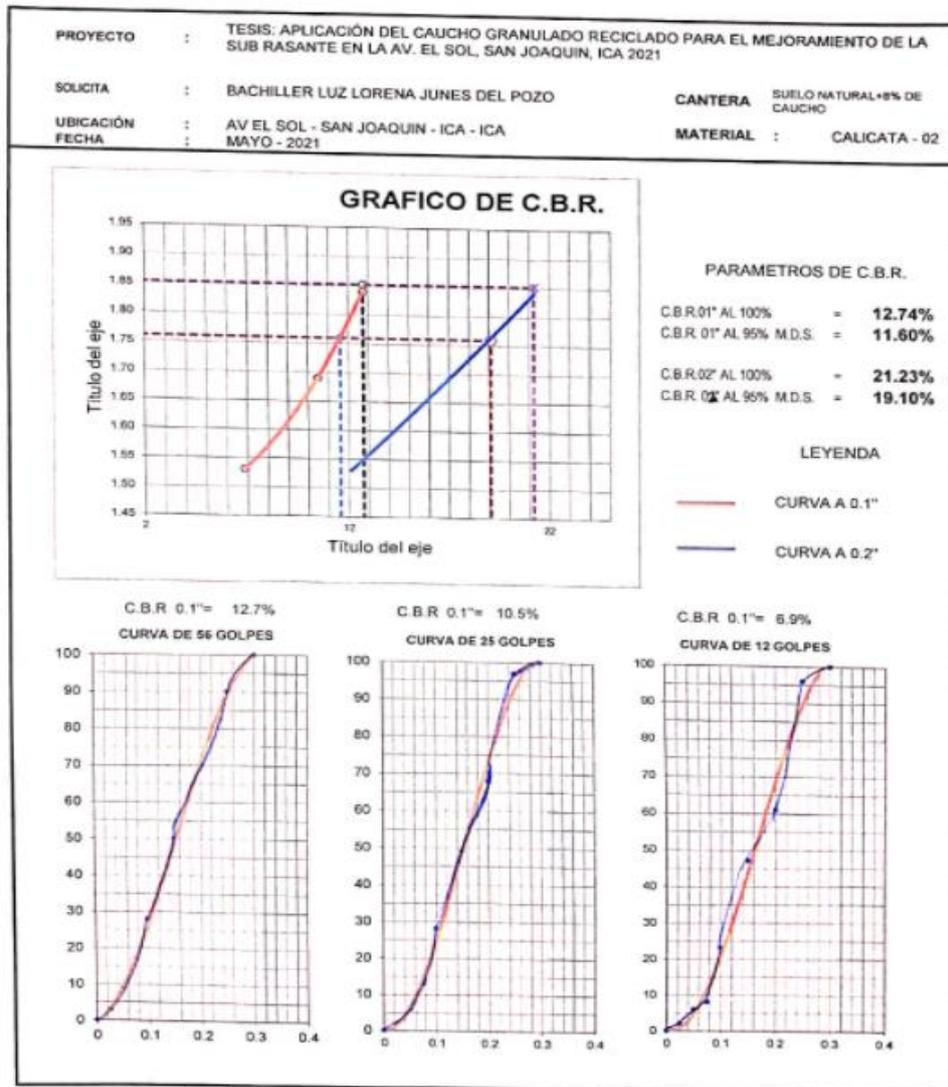
PENETRACION			Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/pig'	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/pig'	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/pig'
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	19.7	43	14	10	22	7	8.2	18	6
1.00	1.300	0.50	54.5	120	40	28.7	63	21	24.5	54	18
1.30	1.900	0.075	106.4	234	78	65.2	143	48	32.9	72	24
2.00	2.500	0.100	175.1	385	128	141.4	311	104	92.7	204	68
3.00	3.800	0.150	308	678	226	251.3	553	184	192.8	424	141
4.00	5.000	0.200	433.2	953	318	345	759	253	247.7	545	182
5.00	6.000	0.250	561	1234	411	495.5	1090	363	388	854	285
6.00	7.500	0.300	621	1366	455	510	1122	374	406.3	894	298
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 95623710 - 956994521

ANEXO 6.22. Gráfico de CBR del suelo natural + 8% caucho granulado de la calicata 2.



PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

Arturo Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

E-mail: afgp281@gmail.com
238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.23. Ensayo de Proctor Modificado del suelo natural + 12% caucho granulado de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

PROYECTO: TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
 UBICACION: AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
 SOLICITANTE: BACHILLER LUZ LORENA JONES DEL POZO

1.- DATOS DE LA MUESTRA

FECHA: MAYO - 2021
 CANTERA: SUELO NATURAL + 12% DE CAUCHO

2.- PERSONAL

ING. RESP.: A.F.G.P.
 TEC. RESP.: J.C.G.P.

3.- COMPACTACIÓN

MÉTODO DE COMPACTACIÓN: "A"
 NÚMERO DE GOLPES POR CAPA: 25
 NÚMERO DE CAPAS: 5

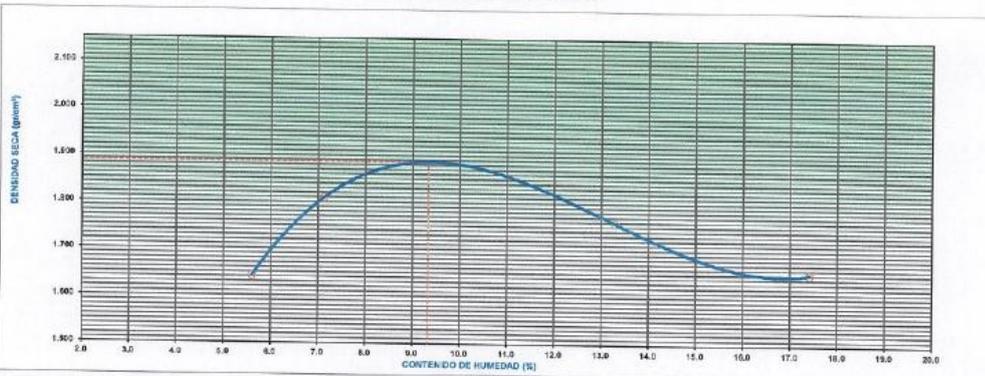
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	3630	3720	3770	3720
PESO DE MOLDE (gr)	1910	1910	1910	1910
PESO SUELO HUMEDO (gr)	1620	1810	1860	1810
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	934	934	934	934
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.734	1.938	1.991	1.938
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.642	1.809	1.756	1.661

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°	1	2	3	4
PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (gr)	93.9	94.6	122.4	155.8
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	90.9	86.3	112.6	138.3
PESO DE LA TARA (gr)	37.4	37.0	38.0	37.8
PESO DE AGUA (gr)	3.0	6.3	9.9	17.5
PESO DE SUELO SECO (gr)	53.5	58.3	74.5	100.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.61	7.13	13.29	17.41

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 1.89 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%): 9.3

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES

-

[Signature]
 Arturo Fabian Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.24. Ensayo de CBR del suelo natural + 12% caucho granulado de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnicos y del Concreto



PROYECTO : TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021
SOLICITA : BACHILLER LUZ LORENA JONES DEL POZO
UBICACIÓN : AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
FECHA : MAYO - 2021
CANTERA : SUELO NATURAL + 12% DE CAUCHO **MATERIAL:** CALICATA - 01

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

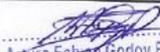
Molde N°	1		3		2	
Capa N°	5		5		5	
Goletes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SUMERG.		SIN SUMERGIR	
	SIN SUMERGIR		SUMERG.		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	12910		12690		12370
Peso del molde	gr.	8410		8450		8260
Peso del suelo húmedo	gr.	4500		4430		4110
Volumen del molde	cc.	2189		2189		2189
Densidad Húmeda	gr/cc	2.08		2.02		1.88
Humedad	%	9.00		9.10		9.90
Densidad seca	gr/cc	1.890		1.85		1.71
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	103.8		118		123.7
Tarro suelo seco	gr.	98.3		109.5		116
Agua	gr.	5.5		6.5		7.7
Peso del Tarro	gr.	37.4		38.3		38.4
Peso del suelo seco	gr.	60.9		71.2		77.6
Humedad	%	9.0		9.1		9.9
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	#g									
0.30	0.600	0.25	15	33	11	10	22	7	6.7	15	5
1.00	1.300	0.50	33	73	24	21	46	15	10	22	7
1.30	1.900	0.075	56.4	124	41	47.3	104	35	26.6	59	20
2.00	2.500	0.100	86.7	191	64	80.6	177	59	51.5	113	38
3.00	3.800	0.150	187.5	413	138	140.3	309	103	123.1	271	90
4.00	5.000	0.200	210	462	154	195	429	143	161.1	354	118
5.00	6.000	0.250	266	585	195	250	550	183	190	418	139
6.00	7.500	0.300	338	744	248	328	722	241	231.8	510	170
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									


 Arturo Fabiani Godoy Pereyra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

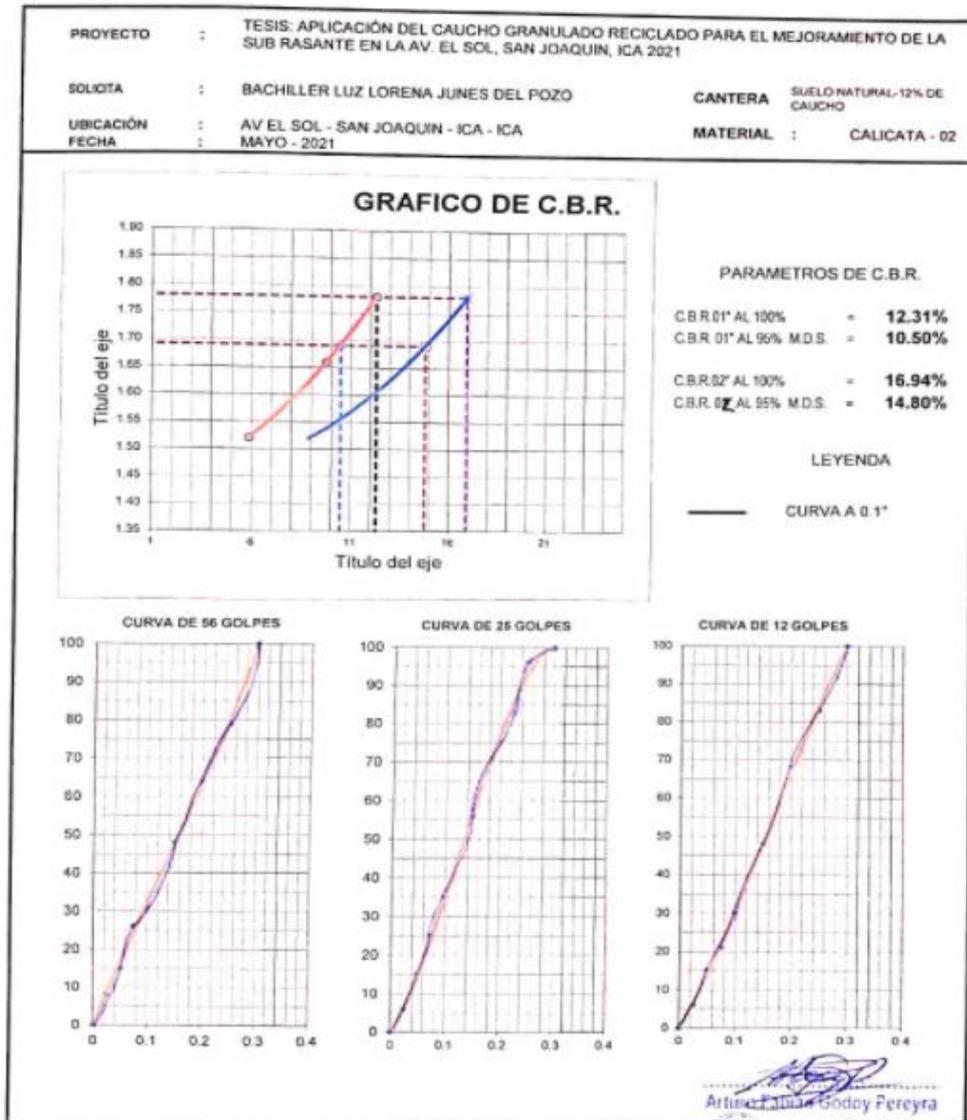
PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 ☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.25. Gráfico de CBR del suelo natural + 12% caucho granulado de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L
Estudios Geotécnico y del Concreto



ANEXO 6.26. Ensayo de Proctor Modificado del suelo natural + 16% caucho granulado de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto

PRÓCTOR MODIFICADO
MTC E 116 - ASTM D 1557 - AASHTO T 180

PROYECTO:	TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE EN LA AV. EL SOL, SAN JOAQUIN, ICA 2021		
UBICACION:	AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA		
SOLICITANTE:	BACHILLER LUZ LORENA JONES DEL POZO		

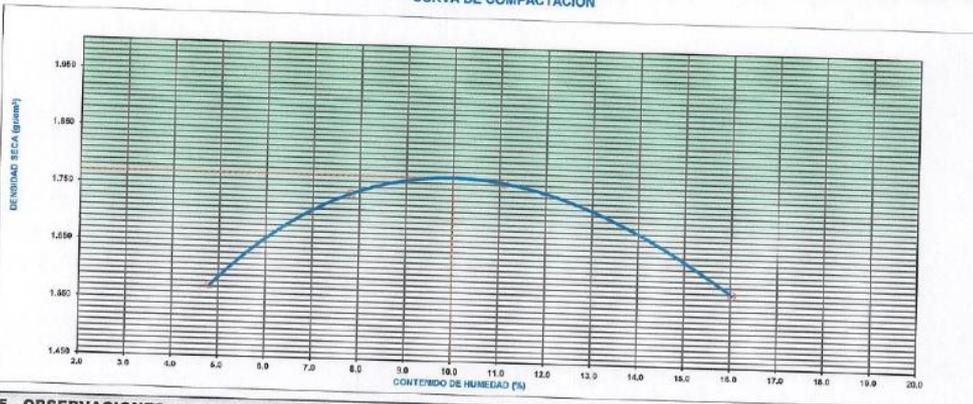
1.- DATOS DE LA MUESTRA		2.- PERSONAL	
FECHA:	MAYO - 2021	ING. RESP.:	A.F.G.P.
CANTERA:	SUELO NATURAL + 16% DE CAUCHO	TEC. RESP.:	J.C.G.P.
		MUESTRA:	CALICATA - 01

3.- COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	"A"			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	:	25			
NUMERO DE CAPAS	:	5			
NUMERO DE ENSAYO					
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)		1	2	3	4
PESO DE MOLDE (gr)		3450	3660	3740	3620
PESO SUELO HUMEDO (gr)		1910	1910	1910	1910
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)		1540	1750	1830	1710
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)		934	934	934	934
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		1.549	1.874	1.969	1.831
		1.573	1.738	1.763	1.578

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°		1	2	3	4
PESO (SUELO HUMEDO + TARA) (gr)		102.7	108.9	117.4	141.7
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)		99.7	101.0	106.5	127.4
PESO DE LA TARA (gr)		37.4	38.2	38.4	38.2
PESO DE AGUA (gr)		3.0	7.9	7.9	14.3
PESO DE SUELO SECO (gr)		62.3	101.0	71.1	89.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		4.82	7.82	11.11	16.03

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.77	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.0
--	------	---------------------------------	------

CURVA DE COMPACTACIÓN



5.- OBSERVACIONES	



Arturo Fabian Godoy Pereyra
INGENIERO CIVIL
C.I.P 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.27. Ensayo de CBR del suelo natural + 16% caucho granulado de la calicata 2.



A & J INGENIERÍA Y GEOTECNIA S.R.L

Estudios Geotécnico y del Concreto



PROYECTO : TESIS: APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULADO RECICLADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUB
RASANTE EN LA AV. EL SOL. SAN JOAQUIN, ICA 2021
SOLICITA : BACHILLER LUZ LORENA JUNES DEL POZO
UBICACIÓN : AV EL SOL - SAN JOAQUIN - ICA - ICA
FECHA : MAYO - 2021
CANTERA : SUELO NATURAL + 16% DE CAUCHO MATERIAL: CALICATA - 01

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

Condición de la muestra	56		25		12	
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Moide N°	1		2		3	
Caja N°	5		5		5	
Golpes por cepa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo	gr. 12870		12210		12060	
Peso del molde	gr. 8410		8260		8450	
Peso del suelo húmedo	gr. 4260		3950		3610	
Volumen del molde	cc. 2189		2189		2189	
Densidad Humeda	gr./cc. 1.95		1.8		1.65	
Humedad	% 10.00		10.90		10.60	
Densidad seca	gr./cc. 1.770		1.62		1.48	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr. 107		120.5		130.5	
Tarro suelo seco	gr. 100.7		112.4		121.7	
Agua	gr. 6.3		8.1		8.8	
Peso del Tarro	gr. 37.4		38.3		38.4	
Peso del suelo seco	gr. 63.3		74.1		83.3	
Humedad	% 10.0		10.9		10.6	
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

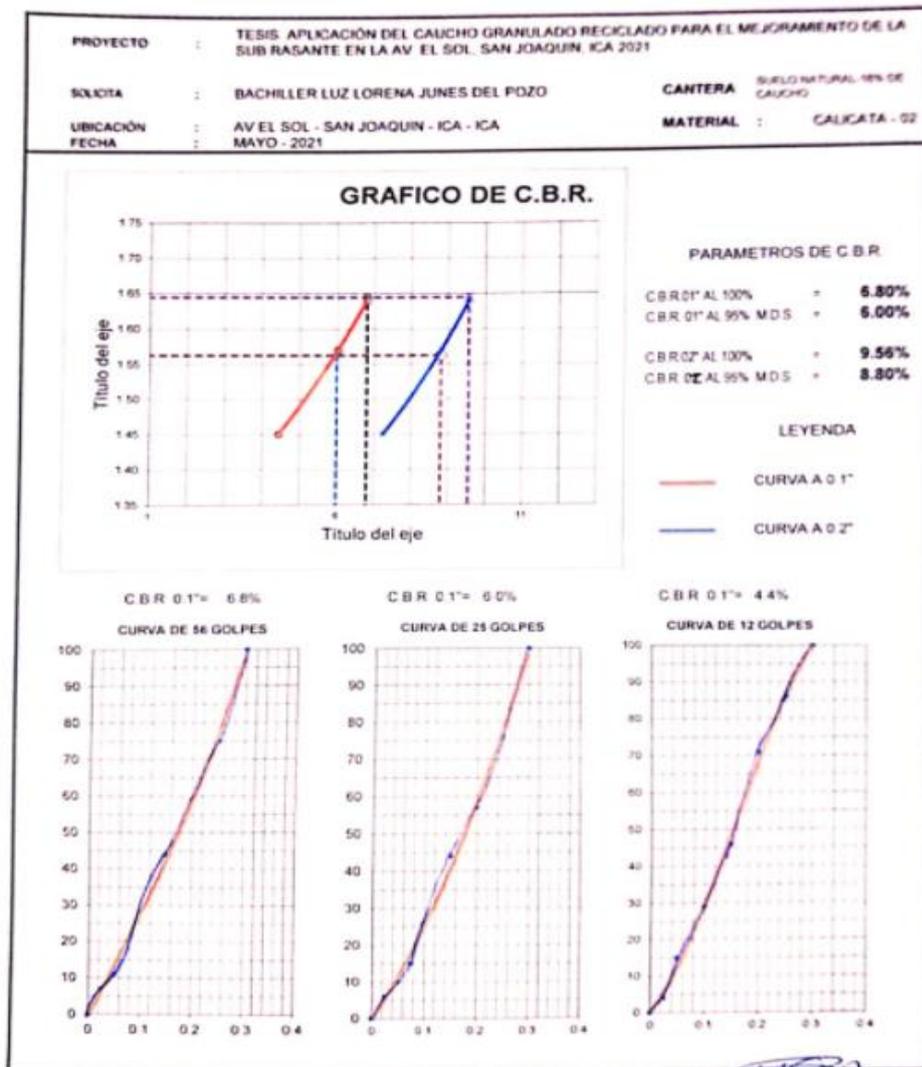
Tiempo	PENETRACION		Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Kg	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	20.5	45	14	6.8	12	4	2.5	5	2
1.00	1.300	0.50	39	86	29	11.7	25	9	9	20	7
1.30	1.900	0.075	54.4	120	40	23	51	17	5.2	33	11
2.00	2.500	0.100	74	163	54	58.4	128	43	48	105	35
3.00	3.800	0.150	120	264	89	111	244	81	136.1	233	78
4.00	5.000	0.200	207	455	152	168.1	365	122	135.2	297	99
5.00	6.000	0.250	292	642	214	210.6	463	154	167.3	346	115
6.00	7.500	0.300	403	887	295	277.5	611	204	197	433	144
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

[Firma]
Arturo Fabian Godoy Parayra
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
☎ 238490 CEL: 956623710 - 956994521

ANEXO 6.28. Gráfico de CBR del suelo natural + 16% caucho granulado de la calicata 2.



Arturo Fabian Godoy Perayra
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 66311

PROLONGACION CUTERVO N° 524 - MANZANILLA
 URB. JOSE DE LA TORRE UGARTE - ICA

E-mail: afgp281@gmail.com
 238490 C.I.L. 956623710 - 956994521