



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Aplicación de la cal y el caucho para la mejora
de la sub rasante en la Av. Canta Callao- 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Robles Rivadeneira, John Renato (ORCID: 0000-0002-4032-8268)

ASESOR:

MG. Ramos Gallegos, Susy Giovana (ORCID: 0000-0003-2450-9883)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios por ayudarme a culminar mi carrera e inspirarme en este proceso. A mis padres por ser mi motor, apoyarme en cada paso, por sus consejos y la educación que me han brindado.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres que me apoyaron en mi proceso universitario y fueron los que me impulsaron a no rendirme y es por ello que hoy en día logre culminar mi carrera universitaria.

Índice de contenidos

Cáratula.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Índice de contenidos.....	IV
Índice de tablas.....	V
Índice de figuras.....	VII
Resumen.....	IX
Abstract.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	62
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	62
3.2. Variables y operacionalización.....	64
3.3. Población, muestra y muestreo.....	65
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos	66
3.5. Procedimientos.....	71
3.6. Método de análisis de datos.....	78
3.7. Aspectos éticos.....	79
IV. RESULTADOS.....	80
V. DISCUSIÓN.....	108
VI.CONCLUSIONES.....	115
VII.RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS.....	117
ANEXOS.....	128

Índice de tablas

Tabla 1. Cal según tipo de producto.....	27
Tabla 2. Clasificación según SUCS.....	39
Tabla 3. Clasificación y usos del suelo (SUCS).....	40
Tabla 4. Características y usos del suelo (SUCS).....	41
Tabla 5. Clasificación de suelos AASHTO.....	42
Tabla 6. Diferencias entre gravas y arenas.....	43
Tabla 7. Diferencias entre arenas y limos.....	44
Tabla 8. Diferencias entre limos y arcillas.....	44
Tabla 9. Tabla de CBR.....	46
Tabla 10. Tamaño de grava.....	49
Tabla 11. Numero Tamices y Abertura	49
Tabla 12. Procedimiento de Ensayos.....	49
Tabla 12: Procedimiento de Ensayos.....	72
Tabla 13. Materiales y presupuestos.....	82
Tabla 14. Cronograma de ejecución de proyecto de investigación.....	84
Tabla 15. Instrumento para medir el Análisis granulométrico por tamizado.....	86
Tabla 16. Instrumento para medir los límites de Atterberg.....	87
Tabla 17. Instrumento para medir el ensayo Proctor Modificado.....	87
Tabla 18. Instrumento para medir el ensayo CBR (California Bearing Ratio).....	88
Tabla 19. Ranking de costos entre el caucho granular y estabilizadores comunes incorporados en la subrasante.....	89
Tabla 20: Límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01+6%de cal.....	90
Tabla 21: Resultado de límite líquido, límite plástico y índice de plasticidadde CS- 01+6% de cal.....	91
Tabla 22: Límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01+4%de caucho.....	92
Tabla 23: Resultado de límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01. +4% de caucho.....	92

Tabla24: Límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01 + 6% de caucho.....	94
Tabla25: Resultado de límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01. +6% de caucho.....	94
Tabla26: Resultado de compactación con energía modificada – Proctor Modificado CS-01.....	96
Tabla27: Cuadro comparativo de resultado de Proctor Modificado de la muestra CS-01+ dosificaciones de cal en 4 y 6 % y de caucho en4 y 6 %.....	99
Tabla28: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-01 en estadoNatural – CBR.....	101
Tabla29: Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 + 4 % de caucho y cal.....	102
Tabla30: Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 + 6 % de caucho y cal.....	104
Tabla31: Cuadro comparativo de resultado de CBR de la muestra M-01 + dosificaciones de 4% y 6% de caucho y cal.....	106

Índice de figuras

Figura 1. La capa estabilizada con cal soporta la erosión, ilustrando la resistencia	26
Figura 2. Pipa típicamente usada para entrega de cal seca	30
Figura 3. Pulverizador de suelo	31
Figura 4. Camellones utilizados para contener la cal antes de la mezcla.....	32
Figura 5. Camión estabilizador	33
Figura 6. Escarificación después de haberse adicionado la cal	34
Figura 7. Adición de agua después de la escarificación y haberse adicionado la cal seca	34
Figura 8. Estabilización de suelos para la homogenización inicial de los materiales.....	35
Figura 9. Pulverización de partículas.....	36
Figura 10. Rodillo pata de.....	37
Figura 11. Rodillo liso	37
Figura 12. Composición del suelo.....	39
Figura 13. Clasificación según AASHTO.....	46
Figura 14. Asentamiento.....	48
Figura 15. Casagrande.....	52
Figura 16. Cilindros de muestra para la plasticidad.....	53
Figura 17. Definición gráfica del CBR de laboratorio.....	54
Figura 18. Pavimento.....	55
Figura 19. Estructura del pavimento flexible.....	56
Figura 20. Estructura del pavimento rígido.....	57
Figura 21. Pavimento Flexible y Rígido.....	58
Figura 22. Caucho reciclado.....	60
Figura 23. Ubicación de la provincia del Callao en el mapa de Lima Metropolitana.....	80
Figura 24. Ubicación de las calicatas C-01 y C-02.....	81
Figura 25. Ensayos de la muestra CS-01 en laboratorio.....	83
Figura 26. Ensayos de la muestra CS-01 + dosificaciones (ensayos).....	83
Figura 27. Resultados granulométricos.....	85
Figura 28. Curva de la granulometría de la muestra de la calicata CS-01 en estado Natural.....	85
Figura 29. Porcentaje de humedad vs N° de golpes con 4% de cal.....	90

Figura 30. Porcentaje de humedad vs N° de golpes con 6% de cal	91
Figura 31. Porcentaje de humedad vs N° de golpes con 4 % de caucho	93
Figura 32. Porcentaje de humedad vs N° de golpes con 6 % de caucho	95
Figura 33. Diagrama relación optimo contenido de humedad – densidad máxima del suelo natural	97
Figura 34. Diagrama relación optimo contenido de humedad – densidad Máxima seca de la muestra M-01 + 4 % de cal.	97
Figura 35. Diagrama relación optimo contenido de humedad – densidad Máxima seca de la muestra M-01 + 6 % de cal.	98
Figura 36. Diagrama relación optimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 4% de caucho	98
Figura 37. Diagrama relación optimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 6% de caucho	99
Figura 38. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 en estado natural.	101
Figura 39. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 +4% de caucho.	103
Figura 40. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 +4% de cal.	103
Figura 41. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 +6% de caucho.	105
Figura 42. Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 +6% de caucho.	105

Resumen

La presente tesis de aplicación de la cal y el caucho para la mejora de la subrasante en la progresiva 0+800 - 1+1300 Canta- Callao 2020. Consiste en buscar una mejora en la parte del pavimento considerado de la subrasante por medio de 2 estabilizadores que son la cal y el caucho de manera separada cada uno y de dicha manera logra obtener cual de ambos estabilizadores logra tener un mejor comportamiento en la subrasante ya que para esto dependerá bastante el tipo de suelo que se obtenga del ensayo granulométrico para la elaboración de los ensayos en laboratorio posteriormente a ello se procederá a ver el ensayo de Límites de Atterberg para calcular su índice de plasticidad, posteriormente a ello se realizara el ensayo Proctor Modificado para el cálculo de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad y al obtener esos 2 resultados se podrá elaborar el ensayo del CBR con adición de la cal y el caucho como estabilizadores ambos por separado para de esta manera lograr obtener cual de ambos genera una condición más favorable con respecto a la subrasante.

PALABRAS CLAVE: SUBRASANTE, DOSIFICACIÓN Y MEJORA

ABSTRACT

The present thesis on the application of lime and rubber for the improvement of the subgrade in the progressive 0 + 800 - 1 + 1300 Canta-Callao 2020. It consists in seeking an improvement in the part of the pavement considered of the subgrade by means of 2 stabilizers that are lime and rubber separately each one and in this way manages to obtain which of both stabilizers manages to have a better performance in the subgrade since for this the type of soil obtained from the granulometric test for the elaboration will depend a lot. After the laboratory tests, after that, the Atterberg Limits test will be seen to calculate its plasticity index, after that the Modified Proctor test will be carried out to calculate the maximum dry density and the optimum moisture content and at the To obtain these 2 results, the CBR test can be elaborated with the addition of lime and rubber as stabilizers, both separately in order to obtain which of both generates a more favorable condition with respect to the subgrade.

KEYWORDS: SUBGRADE, DOSAGE AND IMPROVEMENT

I. INTRODUCCIÓN

Perú es una zona del mundo que actualmente aporta bastante en la contaminación una de las causas principales de la contaminación en el medio ambiente se debe al caucho más que todo al de las llantas ya que hoy en día la mayoría de personas optan por tener un vehículo para su uso personal y con el pasar del tiempo obtenerlo se ha hecho más fácil para las personas es por eso que al haber más demanda de autos por personas incrementa el desecho de los neumáticos en los botaderos y calles.

Es por ello que el presente proyecto de investigación lo dirijo a la estabilización de la subrasante por medio del caucho y la cal para poder utilizar este elemento de las llantas que la mayoría de personas no lo reutiliza algunos optan por usarlo para cercar parques crear atracciones para niños pero son muy pocas por lo general generan impacto a la contaminación ambiental por ello quiero comprobar que el caucho puede tener un mejor uso q no sea desfavorable como en este caso usándolo como estabilizador en este caso usaremos el caucho triturado y con ayuda de la cal que es uno de los más grandes estabilizadores que se conoce hastahoy en día por medio de ensayos de Proctor en el análisis granulométrico será dar a conocer el aporte de estos dos estabilizadores en la subrasante para observar el proceso de su cambio en el CBR con varios tipos de ensayo agregando poco a poco cada uno de los aditivos y viendo en qué momento la cal y el caucho como aditivos para la subrasante genera el mayor aporte para el incremento del CBR.

En los últimos años se ha observado que el sector constructivo tanto de edificación como carreteras ha ido avanzando a gran escala es por ello que buscamos cambiar las propiedades del pavimento como rigidez, durabilidad, porosidad y textil y al introducir el caucho a la mezcla esté resulta con un mejor índice de elasticidad y durabilidad ayudando a que como aditivo sea necesario.

Por tal motivo en la presente investigación planteamos la siguiente **problemática:**
General:

¿De qué manera mejora la aplicación de cal y el cacho en la subrasante de la AV. Canta Callao- 2020?

Problemas específicos: ¿De qué manera mejora la aplicación de cal en la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao-2020?

¿De qué manera la aplicación de cal mejora en la compactación de la sub rasante en la AV. Canta Callao-2020?

¿De qué manera la resistencia mejora en la subrasante de la Av.

¿Canta Callao-2020?

¿ De qué manera la aplicación del caucho mejora en la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020?

¿De qué manera la compactación con la aplicación de caucho mejora en la subrasante de la AV. Canta Callao- 2020?

¿De qué manera la aplicación del caucho mejora en la resistencia de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020?

Justificación de la investigación:

La justificación teóricas, por medio del proyecto de investigación realizado lo que se busca es estabilizar la subrasante de del pavimento por medio de la estabilización de suelos aprovechando el caucho reciclado para generar una propuesta futura del caucho como estabilizador y de esa manera compararla con la cal y ver cuál de ambos estabilizadores nos brinda un mejor rendimiento en la mejora de mejora en la carretera de la Av. canta callao. **La justificación metodológica** en la presente investigación es de carácter aplicada explicativa experimental que consta en el mejoramiento de la subrasante aplicando cal y caucho para que de esta manera se pueda mejorar sus propiedades en cuanto a la plasticidad, compactación y resistencia siendo esta evaluada en un laboratorio con instrumentos minuciosamente calibrados que nos darán un resultado exacto y preciso de los ensayos para mejorar el CBR por medio de los estabilizadores de cal y caucho.

La justificación ambiental, la presente investigación buscar darle un uso adecuado al caucho (caucho granular) es por ello que se optó por elegir el presente tema de investigación como una práctica medioambiental para que a su vez este genere un aporte a la sociedad de manera que se tome en cuenta como material reutilizable y no como un material de desecho que genere un impacto ambiental

negativo a la sociedad. Hoy en día hay diversas carreteras con fallas que van desde simples grietas hasta grandes hoyos en las pistas, lo cual es perjudicial para la sociedad ya que las carreteras es el principal medio por el cual podemos movilizarnos ya que hoy en día la gran parte de la sociedad usa las vías pavimentadas para su movilización es por ello que la propuesta del trabajo de investigación es una buena estabilización de suelos por medio de un material reciclado que en este caso es el caucho. En la investigación realiza buscamos dar a conocer que el caucho al ser más económico que la cal y otros materiales se puede utilizar como estabilizador generando un igual o mejor aporte en la subrasante ayudando de esta manera al ahorro en la mejora de la subrasante.

La justificación económica, ya que se requiere encontrar un estabilizador que sea más económico en la presente investigación se realizó un cuadro comparativo con precios respecto a otro tipo de estabilizadores como en la actualidad ya se pueden conocer diversos materiales estabilizadores pero con precios más elevados y al este ser utilizado en grandes cantidades para la estabilización de una carretera el precio también varía considerablemente y al observar que el caucho es más económico la obra de pavimentación en carretera sería menor generando un ahorro a la empresa que realice el trabajo y así mismo genera un aporte al medio ambiente ya que se estaría acabando con parte del caucho que no se reutiliza, sino que genera contaminación.

Hipótesis: Hipótesis General: La aplicación de cal y el caucho ayuda a la mejora de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020.

Hipótesis específicas:

La aplicación de cal mejora en la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao-2020

La aplicación de cal mejora en la compactación de la subrasante en la AV. Canta Callao-2020

La aplicación de caucho mejora en la sub rasante de la AV. Canta Callao- 2020.

La aplicación de caucho mejora en la resistencia de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020.

La aplicación de caucho mejora en la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020.

Objetivos: Objetivo General: Determinar cómo mejora la aplicación de cal y caucho en la sub rasante de la AV. Canta Callao- 2020.

Objetivos Específicos:

Determinar cómo la aplicación de cal mejora la plasticidad de la sub rasante en la AV. Canta Callao- 2020.

Determinar cómo mejora la aplicación de cal mejora la compactación de la sub rasante en la AV. Canta Callao- 2020.

Determinar cómo la aplicación de caucho mejora la dosificación óptima de la sub rasante en la AV. Canta Callao- 2020.

Determinar cómo mejora la aplicación de caucho mejora la resistencia de la sub rasante de la AV. Canta Callao- 2020.

Determinar cómo la aplicación de caucho mejora la plasticidad de la sub rasante en la AV. Canta Callao- 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Por parte. Jara, R. (2014). Con su tesis titulada: **“Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso”**. Tuvo como objetivo aumentar la resistencia de la subrasante de caminos no pavimentados. El procedimiento utilizado es exploratorio, y se realizan pruebas en centros de investigación para decidir los puntos de interés especializados, financieros y ecológicos de equilibrar las sustancias sintéticas. El **resultado** demuestra lo siguiente en su forma natural del suelo+ 0% de cal, en el límite líquido es 67.57%, con un límite plástico 30.70%, el índice de plasticidad 36.87% , en el PROCTOR MODIFICADO, muestra una Dsmax de 1.69 gr/cm³ y un Wop 16.8%, en el ensayo de CBR, muestra la Dsmax 1.69gr/cm², en 95% Dsmax 1.61 gr/cm³, CBR de diseño 2.55%, en suelo+ 2% de cal, en el límite líquido es 63.49%, con un límite plástico 32.05%, el índice de plasticidad 31.44% , en el PROCTOR MODIFICADO, muestra una Dsmax de 1.65 gr/cm³ y un Wop 20.81%, en el ensayo de CBR, muestra la Dsmax 1.65gr/cm², en 95% Dsmax 1.57 gr/cm³, CBR de diseño 7.50%,suelo+ 4% de cal, en el límite líquido es 57.15%, con un límite plástico 47.60%, el índice de plasticidad 36.87% , en el PROCTOR MODIFICADO, muestra una Dsmax de 1.59 gr/cm³ y un Wop 20.50%, en el ensayo de CBR, muestra la Dsmax 1.59gr/cm², en 95% Dsmax 1.51 gr/cm³, CBR de diseño 11.48% ,suelo+ 6% de cal, en el límite líquido es 56.69, con un límite plástico 47.46%, el índice de plasticidad 9.23%, en el PROCTOR MODIFICADO, muestra una Dsmax de 1.55 gr/cm³ y un Wop 22.20%, en el ensayo de CBR, muestra la Dsmax 1.55gr/cm², en 95% Dsmax 1.47 gr/cm³, CBR de diseño 10.75%,Se **concluye** gracias a los procedimientos completados, el cloruro de magnesio tiene obstáculos increíbles en contraste con el cloruro de calcio, ya que se ajusta a los estados climáticos del Perú.

Así también, García, A. (2015). En la tesis titulada **“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAL ESTRUCTURAL EN EL SUELO LIMO ARCILLOSO DEL SECTOR 14 MOLLEPAMPA DE CAJAMARCA, 2015”** el **objetivo** principal Determinar la resistencia de la subrasante al incorporar cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca. Al procesar los **resultados** de los diferentes ensayos

como límite de atterberg, Proctor modificado y CBR, en el suelo natural vemos ,en el ensayo de límite de ATTERBERG el límite liquido es 39.36% en el límite plástico es 28.11% en el índice de plasticidad es 11.26%, en el ensayo de PROCTOR MODIFICADO la densidad máxima seca es de 1.898% y el OCH es de 10.70% en el ensayo de CBR, el CBR al 95% a 0.1" es 5.20% y con CBR al 95% a 2" es 5.40%, en el suelo natural+ 2% de cal vemos el ensayo de límite de ATTERBERG el límite liquido es 33.39% en el límite plástico es 26.03% en el índice de plasticidad es 7.37%, en el ensayo de PROCTOR MODIFICADO la densidad máxima seca es de 1.929% y el OCH es de 12.90% en el ensayo de CBR, el CBR al 95% a 0.1" es 5.30% y con CBR al 95% a 2" es 5.70%, en el suelo natural +4%de cal en el ensayo de límite de ATTERBERG el límite liquido es 31.37% en el límite plástico es 25.39% en el índice de plasticidad es 5.97%, en el ensayo de PROCTOR MODIFICADO la densidad máxima seca es de 1.95% y el OCH es de 11.98% en el ensayo de CBR, el CBR al 95% a 0.1" es 6.30% y con CBR al 95% a 2" es 6.60%, en el suelo natural + 6%de cal en el ensayo de límite de ATTERBERG el límite liquido es 27.82% en el límite plástico es 23.03% en el índice de plasticidad es 4.78%, en el ensayo de PROCTOR MODIFICADO la densidad máxima seca es de 1.96% y el OCH es de 11.95% en el ensayo de CBR, el CBR al 95% a 0.1" es 7.20% y con CBR al 95% a 2" es 7.50%. , en el suelo natural +8% de cal en el ensayo de límite de ATTERBERG el límite liquido es 23.45% en el límite plástico es 19.81% en el índice de plasticidad es 3.64%, en el ensayo de PROCTOR MODIFICADO la densidad máxima seca es de 1.98% y el OCH es de 10.21% en el ensayo de CBR, el CBR al 95% a 0.1" es 7.5% y con CBR al 95% a 2" es 8.30%. se **concluye** que mediante los aumentos progresivos de los porcentajes de cal se observa un progreso en los valores del CBR, lo que indica que la cal es un buen estabilizador para este tipo de suelo debido a que otorga mayor resistencia.

Por consiguiente, Pezo (2016), en su trabajo de investigación "**Aplicación de cal en subrasante para el diseño de pavimento rígido, en Jirón La Unión, Juan Guerra-San Martín, 2016**" tuvo como **objetivo** Determinar el efecto de la aplicación de cal en la subrasante natural para el diseño de pavimento para lo cual se realizó un estudio de suelos. En el resultado obtenemos que el estudio de suelos fue de 4 cuadras con 7 calicatas a cielo abierto distanciadas por cuadras según la normal

ASTMD 420 y luego se tomaron muestras alternas para llevarlas al laboratorio y examinarlas los **resultados** físicas y mecánicas comprueban que al adicional 1% de la cal este llega a un CBR de compactación de 14.12% con una densidad seca de 1.93, cuando se usa 2% de cal el CBR llega a ser 22.37% con una densidad seca de 1.9, cuando se le agrega 3% de cal el CBR es 30.67% con una densidad seca de 1.9, cuando la cal llega a ser 4% el CBR es 31.53 con una densidad seca de 1.9 y cuando la cal es 5% el CBR sube hasta un 45.61% con una densidad seca de 1.89, así mismo con estos resultados técnicos se tiene un diseño de pavimento, establecido para el caso de pavimento con subrasante natural, un espesor óptimo del pavimento rígido en $d = (6 \text{ pulgadas})$, Sub base granular con $h = 15 \text{ cm}$ y $\text{CBR} = 5.88\%$ al 95% de la máxima densidad seca del Proctor modificado; y, para el caso de pavimento con adición de Cal, un pavimento rígido de 16.60 de espesor, sin sub base y subrasante con adición de 5% de Cal, $\text{CBR} 45.61\%$ de la máxima densidad seca (100%) del Proctor modificado. Por ello se **concluye** en el Estudio de Mecánica de Suelos se ha obtenido valores de C.B.R. al 95% de compactación de suelo natural, de 5.88% y con adición de cal en un valor de 45.61% al 100% de compactación.

También, Cabana (2017), en su trabajo de investigación "**MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB – RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017**" tuvo como **objetivo** mejorar las propiedades mecánicas de la Subrasante con bajo límite de carga a través de la cal como estabilizador, para el desarrollo resultante de pavimentos que garantizan un grado suficiente de funcionalidad del equivalente, en los **resultados** de la investigación obtuvimos que al incorporarse la cal se mejora el CBR tanto en el suelo arenoso como el arcilloso, en el arenoso se le adicióno 2% y 8% de cal, en su forma natural sin cal este mostraba en la compactación la M.D.S. 2.04 y el OCH 8.00% con una expansión de 1.01% con un CBR de 3.50% , al adicionarse 2% de cal este mostraba en la compactación la M.D.S. 2.0 y el OCH 8.60% con una expansión de 0.49% con un CBR de 6.5%, al adicionarse un 8% de cal este mostraba en la compactación la M.D.S. 1.94 y el OCH 10.6% con una expansión de 0.11% con un CBR de 12%.En el suelo arcilloso sin adición de cal su

estado natural mostraba en la compactación la M.D.S. 1.8% y el OCH 8.10% con una expansión de 1.62% con un CBR de 8.00%, al adicionarse 2% de cal este mostraba en la compactación la M.D.S. 1.83 y el OCH 7.40% con una expansión de 0.29% con un CBR de 19%, cuando se le adicionaba 4% de cal este mostraba en la compactación la M.D.S. 1.85 y el OCH 7.2% con una expansión de 0.13% con un CBR de 28%. Por ello se llegó a la **conclusión** de que se pudo comprobar la mejora de la resistencia de la sub – rasante de la carretera PARIA – WILCAHUIAN, al incorporar la cal al suelo SC y CL correspondientes de la calicata 1 y 3, está comprobación se dio por medio del ensayo de CBR, previo al ensayo Proctor modificado, teniendo así un CBR del suelo natural de la C-01 una resistencia de 3.50% y con una expansión de 1.01 %, y al incorporarle el 8 % de cal, cantidad optima obtenida del ensayo de Eades y grim este aumento su CBR al 12% y redujo su hinchamiento a un 0.11 %, del mismo modo para el suelo CL que al inicio tuvo un CBR del 8% con una expansión de 1.62% y al incorporarle el 4 % de cal, cantidad optima obtenido del mismo ensayo anterior, aumento hasta un 28% y redujo su expansión al 0.13%, cumpliendo así con los requisitos de resistencia para ser usada como capa de sub-rasante.

Según Landa, Torres (2019), en su tesis titulada “**Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal**” tuvo como **objetivo** la adición de cal y residuos agroindustriales para la mejora de la sub-rasante de una carretera no pavimentada por medio de ensayos de compactación según el ensayo de CBR para compararla con proporciones globales de 5%, 15% y 25% de material estabilizante sin contenido e húmeda (estado seco) así mismo, estas proporciones contienen 4 combinaciones parciales de 100% CBCA; 75%CBCA + 25%Cal; 50%CBCA + 50%Cal; y 100%Cal. Obteniendo como **resultado** con el máximo CBR presenciado en la serie de ensayos de la presente investigación resultó de 8.7% (Tabla 10), alcanzado por la combinación de 75% de Cal y 25% de CBCA, dentro del caso 3. Este incremento viene suscitado por el alto contenido de hidrosilicatos de calcio (CS-H) en la mezcla que posibilita el incremento de la resistencia del suelo. Sin embargo, el uso de material estabilizante en este caso es realmente alto, ya que implica una incidencia de 18.75% de Cal y 6.25% de CBCA que hace evidente el

alto costo de materiales que repercutirá dicha combinación en **conclusión** El valor máximo registrado se dio con la Combinación de 75% de Cal y 25% de CBCA, en una proporción de 25% de Material Estabilizante, logrando un CBR de 8.7%. Sin embargo, dada la cantidad de Cal no resulta factible con esta combinación por un aspecto económico. Por ello, se presenta la Combinación de 50% Cal y 50% CBCA con una proporción global como Material Estabilizante de 5%, dando como resultado un CBR de 7.8%, la cual resulta más factible de implementar, siendo la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) la mitad del Material Estabilizante reduciendo costos al ser un Residuo de Plantas Azucareras.

También Parra y Ypenza (2019), presentaron la tesis titulada “**Estudio Experimental de la Deformación de Terraplenes Viales sobre Suelo Rígido, Incorporando Granos de Caucho al Agregado A1-b, 2019**” el cual tiene como **objetivo** general, estudiar la deformación de un terraplén vial, incorporando en su estructura mezcla de granos de caucho ($\phi=2.5\text{mm}$) y agregado A1-b, mediante la simulación de un terraplén de altura variable (1.5, 2.5, 3.5 y 5m) en el programa geotécnico PLAXIS, a base del modelo Hardening soil (Axisimétrico). de la adición de porcentaje de granos de caucho en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15%. en peso del agregado y con un diámetro mayor de 2.5mm de los granos de caucho y $\frac{3}{4}$ ” del material A1-b, en el cual nos muestra en los **resultados** obtenidos de la prueba del CBR a su forma natural sin porcentaje de caucho, con respecto al valor del CBR al 90% de la M.D.S. en relación al soporte con 2” 18.10% y con 1” a 14.60% por ende según la norma AASHTO para terraplenes menores a 15m es bueno y si cumple con las especificaciones del CBR ASTM-1883, al adicionar el 5%, con respecto al valor del CBR al 90% de la M.D.S. en relación al soporte con 2” 13.80% y con 1” a 10.30% por ende según la norma AASHTO para terraplenes menores a 15m es bueno y si cumple con las especificaciones del CBR ASTM-1883, al adicionarse 10%, con respecto al valor del CBR al 90% de la M.D.S. en relación al soporte con 2” 12.40% y con 1” a 11.10% por ende según la norma AASHTO para terraplenes menores a 15m es bueno y si cumple con las especificaciones del CBR ASTM-1883, al adicionarse 15% de caucho, con respecto al valor del CBR al 90% de la M.D.S. en relación al soporte con 2” 9.90% y con 1” a 8.80% por ende según la norma AASHTO para terraplenes menores a 15m es bueno y pero no cumple con

las especificaciones del CBR ASTM-1883, se **concluyó** que él estudió la deformación del terraplén vial, donde se demuestra que conforme aumenta la adición en (0, 5, 10, 15%) de grano de caucho, al agregado A 1-b, así como también se incrementa la altura del terraplén, se genera un aumento en la deformación abalado en base a los resultados, de la simulación en el programa geotécnico Plaxis, utilizando el modelamiento Hardening-Soil (Axisimétrico), para cada altura (1.5, 2.5, 3.5 y 5 m), así como para cada diseño de muestra estratificada (A, B,C Y D) respectivamente.

Cusquisibán (2014), en su tema de investigación titulado “**Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumático para fines constructivos de pavimento**” tuvo como **objetivo** mejorar el límite de carga de los suelos de lodo utilizando gauchos de neumáticos granulares para aumentar la seguridad de la naturaleza; y que es utilizable para el desarrollo de asfaltos, cumpliendo los detalles básicos del Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por medio de estudios en laboratorios se obtuvo los **resultados** a las condiciones naturales, la muestra con +20%, +40% y +60% de caucho, en los resultados del ensayo Proctor modificado(0% caucho) en la calicata progresiva de 00+500 obtuvo una D.M.S. 1.779gr/cm³ y un O.C.H. de 15.70%, en la progresiva 01+500 obtuvo una D.M.S. 1.764 gr/cm³ y un O.C.H. de 14.20%, en la progresiva 02+500 obtuvo una D.M.S. 1.774gr/cm³ y un O.C.H. de 13.50%, en la segunda adición con 20% de caucho granular se obtuvo en la progresiva de 00+500 obtuvo una D.M.S. 1.783gr/cm³ y un O.C.H. de 14.30%, en la progresiva 01+500 obtuvo una D.M.S. 1.799 gr/cm³ y un O.C.H. de 12.60%, en la progresiva 02+500 obtuvo una D.M.S. 1.787 gr/cm³ y un O.C.H. de 13.50% , en la tercera adición con 40% de caucho granular se obtuvo en la progresiva de 00+500 obtuvo una D.M.S. 1.826 gr/cm³ y un O.C.H. de 13.80%, en la progresiva 01+500 obtuvo una D.M.S. 1.854 gr/cm³ y un O.C.H. de 11.50%, en la progresiva 02+500 obtuvo una D.M.S. 1.840 gr/cm³ y un O.C.H. de 12.80% y en la tercera adición con 60% de caucho granulas se obtuvo en la progresiva de 00+500 obtuvo una D.M.S. 2.223 gr/cm³ y un O.C.H. de 7.60 %, en la progresiva 01+500 obtuvo una D.M.S. 2.175 gr/cm³ y un O.C.H. de 6.80%, en la progresiva 02+500 obtuvo una D.M.S. 2.150 gr/cm³ y un O.C.H. de 8.60%, por ende se **concluyó** que los medicamentos para la mejora del suelo arcilloso

hicieron con tasas de elasticidad granular incluidas estimaciones de 20, 40 y 60 por ciento sobre la tierra, los impactos logrados son legítimamente relativos a estas sumas.

Cubas (2019) en su tesis titulada **“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”** para nombrarse el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte tuvo tal **objetivo** establecer la severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm) en porcentajes de (3%, 5% y 7%). Se obtuvo como **resultados** que la cantera evaluada “El Gavilán” presenta un suelo GC (Grava arcillosa) tiene un 32.47% de resistencia a la abrasión, gradación tipo A-1 cumpliendo así con los parámetros mínimos de material para afirmado establecidos por la Norma Técnica Peruana del MTC (2013), presentó la siguiente consistencia de un final líquido de 11.60% y no presenta límite plástico por ser un burdo granular, y una capacidad de soporte (CBR) de 55.63%, además presentó un Extra Contenido de Humedad (OCH) de 5.35% y Máxima Densidad Seca (MDS) de 2.30g/cm³. Se empleó el caucho granular (2mm-6mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 3%, 5% y 7% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 3% del caucho granular aumenta su OCH en un 6.30%, disminuye su MDS y CBR en 2.19 g/cm³ y 16.50% respectivamente.

La incorporación del 5% del caucho granular aumenta su OCH en un 6.65%, disminuye su MDS y CBR en 2.16 g/cm³ y 13.91% respectivamente.

La incorporación del 7% del caucho granular aumenta su OCH en un 7.45%, disminuye su MDS y CBR en 2.065 g/cm³ y 8.80% respectivamente. Se **concluyó** que no es recomendable emplear el caucho granular en un suelo GC (grava arcillosa) ya que se presentó un incremento del OCH y por ende disminuyó su CBR y MDS.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulada **“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”** para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Jaén tuvo como **objetivo** determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos a través de la adición del caucho de neumáticos que pasa la

malla #10 (2mm a menos). Se obtuvo como **resultados** que el Centro Poblado San Agustín presenta un suelo tipo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) según la clasificación SUCS y A-7-5 según AASHTO, presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 64%, límite plástico de 32% e índice de plasticidad de 32%, y un CBR de 3.22% el cual está considerada según el MTC como un material inadecuado para la subrasante, además presentó un OCH de 25.72% y MDS de 1.551g/cm³. Se empleó el caucho granular (2mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 1% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 5.92% y OCH de 25.72% a 27.59%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.542g/cm³.

La incorporación del 3% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 6.82% y OCH de 25.72% a 30%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.505g/cm³.

La incorporación del 5% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 6.67% y OCH de 25.72% a 28.17%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.492g/cm³.

La incorporación del 7% del caucho granular aumentó su CBR de 3.22% a 5.10% y OCH de 25.72% a 26.51%; y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.49g/cm³.

La incorporación del 9% del caucho granular se obtuvo un CBR de 3.22%; y aumentó el OCH de 25.72% a 27.05% y disminuyó su MDS de 1.551g/cm³ a 1.44g/cm³. Se **concluyó** que es recomendable utilizar un 3% de caucho granular para estabilizar un suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) debido a que aumenta su CBR y OCH, así mismo disminuye su MDS.

Álvarez y Gutiérrez (2019) en su trabajo de investigación titulada ***“Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica”*** para optar el grado de bachiller en Ingeniería Civil en la Universidad peruana de Ciencias Aplicadas tuvo como **objetivo** mejorar la resistencia al corte en el suelo y evaluar la capacidad de soporte a la penetración a través de la incorporación de caucho en polvo (2mm a 0.075mm) en proporciones de 1.5%, 2.5% y 3.5%. Se obtuvo como **resultados** que según la clasificación SUCS el suelo a estudiar es de tipo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), presentó la siguiente consistencia de un límite líquido de 34%, límite plástico de 21% e índice de plasticidad de 13%, y un CBR de 3.20%, además

presentó un OCH de 17.40% y MDS de 1.535g/cm³. Se empleó el caucho en polvo (2mm a 0.075mm) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1.5%, 2.5% y 3.5% se obtuvo los siguientes resultados.

La incorporación del 1.5% del caucho en polvo aumentó su CBR de 3.20% a 5% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.543g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 17%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 33%, aumentó su límite plástico de 21% a 22% y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 11%.

La incorporación del 2.50% del caucho en polvo aumentó su CBR de 3.20% a 8.70% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.56g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 16.70%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 31%, aumentó su límite plástico de 21% a 22% y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 9%.

La incorporación del 3.50% del caucho en polvo aumentó su CBR de 3.20% a 9.40% y MDS de 1.535g/cm³ a 1.562g/cm³; y disminuyó su OCH de 17.40% a 16.40%. Además, disminuyó su límite líquido de 34% a 29%, presentó un límite plástico de 21% y disminuyó su índice de plasticidad de 13% a 8%. Se **concluyó** que es recomendable emplear 3.50% de caucho en polvo en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) ya que aumenta su CBR y MDS, y a la vez disminuye su OCH e índice de plasticidad (IP).

Por su parte, Jara (2014) con su tesis titulada: “**Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, se plantearon como objetivos evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso en Cajamarca**”, El **objetivo** tuvo agrandar la resistencia de la subrasante. La sistemática utilizada comprendió el marco legal e institucional del bosquejo de caminos no pavimentados de mezquino volumen de tránsito (p. 9). Alcanzaron como **resultado** que, habiéndose hechos los ensayos de tierras en el laboratorio, estos no lograban la resistencia necesaria para una extra estabilización, transmitido esto se tuvo que hacer mezclas de suelo y cal. Se **concluyó** que el CBR de desafío al 95% máximo se logra con un porcentaje de cal a de 4% con un valor de 11.48%. El CBR mínimo es de 2.55% sin añadir cal a la muestra, el cual está por debajo de 6 exigido para subrasantes según norma (MTC EM 115).

Así mismo Hernández, Mejía y Zelaya (2016), en su investigación titulada **PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA SU APLICACIÓN EN PAVIMENTOS RÍGIDOS EN LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**, tuvieron como **objetivo** mejorar las propiedades de un suelo arcilloso para colocar un pavimento rígido por medio de estabilizadores correspondientes a la cal por lo cual obtuvieron en los **resultados** que al adicionar el 5% de cal este aumenta su capacidad portante de 1.93% al 54% siendo el más eficaz por ello se **concluye** que el material con suelo-cal al 5 % es resulta ser más factible para formar parte de la capa de la subrasante para un pavimento rígido.

Así mismo Giovanni(2015), en su trabajo de investigación titulado “**Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur**” tuvo como **objetivo** alterar las propiedades físicas del suelo para así mejorar las condiciones de la plasticidad e incrementar la resistencia y durabilidad para poder ayudar en la subrasante para obras civiles en este caso la vialidad en el sector de Santos Pamba para ello se realizaron pruebas en el laboratorio para analizar los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% de conglomerante ya sea cal o cemento en 3 tipos de molde , los **resultados** que se obtuvieron según el ensayo de CBR en el primer molde, en el suelo real 21.6, adicionado con 2% dio 22.78, con 4% dio 23.85, con 6% dio 23.41 y con 8% dio 23.25. Para el segundo molde el suelo real era 23.7, con 2% dio 27.49, con 4% dio 29.23, con 6% dio 29.16 y con 8% dio 27.54. Para el tercer molde, en el suelo real dio 30.1, con 2% dio 30.8, con 4% dio 33.29, con 6% dio 33.48 y con 8% dio 32.57, **concluyendo** La calle en estudio, tiene como material de sub-rasante un suelo de tipo limo arenoso, con pómez y de color café claro, de modo que se puede estabilizar con cemento para lograr una mayor mejora del terreno.

Guamán (2016), en su investigación titulada “**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS MÉTODOS QUÍMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)**” tuvo como **objetivo** es comparar cómo reacciona el terreno usando los dos tipos de estabilizadores, cal y cloruro de sodio. Los **resultados** que obtuvieron del laboratorio indicaron según los límites de Atterberg que con el cloruro sin cal el Límite Líquido (LL) fue 86% al igual que el de la cal con

86%, con una adición de 2.5% de cloruro el L.L. fue 45.50 y en adición con 2.5% de cal fue 58.10% el L.L., con un porcentaje del cloruro de sodio de 4.5% el L.L. descendió a 39.70 y con adición de 4.5% de cal fue 46.20% en el L.L. y con adición de 12.5% de cloruro de sodio estuvo con un L.L. de 36.70 y con la adición de cal 12.5% fue 37.4 el L.L., por lo que se **concluyó** en el ensayo de límites Atterberg no cumple con lo establecido por las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Obras Públicas de la República del Ecuador.

Martínez (2014) en su tesis titulada ***“Estabilización de suelos con cal hidratada para uso en pavimentos rígidos en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán”*** para obtener el título de Ingeniera Civil en la Universidad Don Vasco A. c. México. Tuvo como **objetivo** de investigación mejorar las condiciones del subsuelo de las colonias de la zona Oriente, para construir en un futuro estructuras de pavimento con la optimización de materiales y costos, además de asegurar la vida útil de los mismo. Fue un estudio de tipo aplicada, empleo el método científico, también se basa en el método matemático ya que compararan propiedades de repetición tipo de suelo en la línea de estudio, de enfoque cuantitativo, diseño experimental, se usaron instrumentos como la entrevista, pruebas de laboratorio y la observación en campo. Buscan que al agregar la cal extender la resistencia a los esfuerzos normales y tangenciales en la que usaran pruebas como el Valor Soporte California, penetración confinada y ensayo triaxial; optaron por elegir un porcentaje mínimo de 2% de cal capaz de conferirle las propiedades necesarias al suelo. Los principales **resultados** fueron que con las pruebas realizadas , como, el Valor Relativo de Soporte en el material sin estabilizar da como valor en el S-1 5.45% y en la capa estabilizada con cal da como valor 22.20%, haciendo de estos resultados valores que puedes comparativos; también concluyeron que el grosor de la capa de sub-base sin estabilizar era de 25cm y con el porcentaje de cal como estabilizador se redujo a 20cm, lo mismo sucede con la losa de concreto hidráulico,estabilizar su obtuvo un espesor de 16cm y estabilizado un espesor de 12cm. Se **concluyó** que con lo antes mencionado comprueba que el uso de cal en estos suelos mejora las propiedades del suelo.

Según Patiño(2017), en su tema de investigación titulado "**ESTABILIZACIÓN DEL SUELO MEDIANTE ADICIONES DE CAUCHO RECICLADO**" tuvo como **objetivo** presentar un método de estabilización de suelos mediante adiciones de caucho reciclado, los **resultados** del CBR(sin inmersión) vs el % de caucho nos muestra que al adicionar 0% de CR(caucho reciclado) posee un CBR de 90.98%, cuando es con 1% de CR disminuye a 50.21, cuando es 2% aumenta a 54.56% de CBR, cuando es 3% baja a 47.20 de CBR y cuando es 5%baja a 44.81%de CBR, por ello se **concluyó** que el caucho usado tiene algunos problemas, comenzando con el límite de ingestión de agua que cambia la oposición de todo el ejemplo. A la hora de las pruebas de CBR, el caucho y el suelo no se compactaron ni funcionaron como un componente solitario, a pesar de lo que podría esperarse, su estructura se autodestruyó sin ningún problema.

Por consiguiente, Laica y Paredes (2016), en su trabajo de investigación titulado "**INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA SUB BASE**", tuvo como objetivo mejorar las propiedades mecánicas de una sub base al incluir caucho. Se realizó los ensayos de Compactación, Proctor Modificado y CBR añadiendo desiguales proporciones de caucho, los **resultados** obtenidos del laboratorio mediante ensayos de compactación se verifica que el contenido de humedad va disminuyendo a medida que se aumenta el porcentaje de caucho con 0% de caucho se tiene 10.40% de humedad, con 3%de caucho se obtiene 10.05% de humedad, con 6% de caucho se obtiene 9.60de contenido de humedad, con 9% de caucho se obtiene 9.40% de humedad, en la densidad seca con porcentaje de caucho densidad seca va en disminución a medida que se va aumentando el porcentaje de caucho con 0% de caucho se obtuvo 1.928% D.S.(densidad seca), con 3% de caucho se obtuvo 1.910% D.S., con 6% de caucho se obtuvo 1.845% D.S., con 9% se obtuvo 1.810% D.S., en la comparación del CBR con caucho se evidencia que la resistencia de una sub base a medida que se le va adicionando caucho en porcentajes diferentes su resistencia va decreciendo con 0% de caucho el %CBR se obtuvo 25, con 3% de caucho el %CBR se obtuvo 18.4, con 6% de caucho el %CBR se obtuvo 12.1, con 9% de caucho el %CBR se obtuvo 10.2, por ende se **concluyó** que mientras investiga los resultados adquiridos del ejemplo de una

Subbase sin expansión de goma y los contrasta con los que llevan expansión del polímero en 77 tasas únicas, se puede observar la disminución en la obstrucción del material en condiciones características como en el ejemplo con la expansión del caucho en varias velocidades y se construyó que a medida que incrementamos el caucho a nuestra Subbase, esta disminuye ampliamente.

Según, Lizcano, C y Bedoya, N. (2014). En su tesis titulada “**PROPUESTA PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN VÍAS TERCIARIAS, MEDIANTE EL DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA ESTABILIZADA DE SUBRASANTE SUELO-CEMENTO-CAL CON INCORPORACIÓN DE POLVILLO DE LLANTA USADA**”, tuvo como **objetivo** Se observa que las muestras de referencia 1R y 2 presentaron la menor pérdida de volumen 6,19% y 10,3% respectivamente. Es importante resaltar, que a pesar que en las referencias R solo el 50% terminó la prueba, la 1R fue la mezcla que presentó menor pérdida de las doce (12) muestras analizadas y en el tratamiento térmico no se requirió agregar energía adicional, lo que reduce los costos de elaboración **conclusión** en la estabilización de subrasante es viable la inclusión del polvillo de llanta usada y cemento, debido a que las muestras referenciadas como blanco 3, 3R, 4 y 4R elaboradas únicamente con arena y llanta pulverizada.

Por lo cual Navarro (2013), en su tema de investigación “**CONFECCIÓN Y SEGUIMIENTO DE TRAMOS DE PRUEBA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON INCORPORACIÓN DE POLVO DE CAUCHO NACIONAL DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU) MEDIANTE VÍA SECA**” tuvo como **objetivo** primordial de esta memoria es la confección y rastreo de los dos primeros tramos de prueba con carpetas elaboradas con mezclas asfálticas en caliente con adición de polvo de caucho de llantas fuera de uso (NFU) por vía seca. El polvo de caucho ocupado, corresponde a una planta nacional de reciclaje de neumáticos excluidos. En los **resultados** de la compactación de la capa de rodadura son infames. En la pista N° 1, las densidades de los testigos fluctúan entre 92% y el 96% de la densidad Marshall, con un intermedio de 2182kg/m³ (94%), y de las cinco muestras calculadas, ninguna verifica la especificación. En la pista N° 2, los resultados son mejores, la compactación de las muestras fluctúa entre 96% y 98%, con una

densidad promedio de 2241kg/m³ (97%), y al menos tres muestras (de cinco) desempeñan la compactación mínima requerida , por ello se **concluye** Con respecto a la distribución y compactación de la mezcla en terreno, dada la mayor viscosidad y la celeridad con que se enfría respecto a una mezcla asfáltica convencional, se deben extremar el control de temperaturas, tanto de la mezcla como de las situaciones ambientales.

Según Mukherjee. D. (2014). El artículo titulado “Selection y application of lime stabilizer for soil subgrade stabilization”. Tuvo como objetivo demostrar que la cal puede ser un estabilizador efectivo en suelos con un contenido de arcilla bajo como 7% y en suelos con índices de plasticidad inferiores a 10. La metodología realizada en el trabajo es experimental y discute sobre las ventajas de la estabilización con cal de la capa de subrasante y realiza una programación de computadora simple para determinar la mezcla más adecuada para la estabilización con cal, este trabajo fue desarrollado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y se basa en las propiedades del índice del suelo: índice de plasticidad y porcentaje que pasa el no. 200 tamices. De los resultados se concluye que la estabilización de cal se usa principalmente en aplicaciones geotécnicas y ambientales, no obstante, la presencia de azufre y materiales orgánicos puede inhibir el proceso de estabilización de la cal.

Así mismo, Hashemian, L.; Kavussi, A. y Aboalmaali, H. (2014). El artículo titulado “Application of foam bitumen in cold recycling and hydrated lime in airport pavement strengthening”. Tuvo como objetivo principal la estabilización de subrasante y subbase con cal en áreas de ensanchamiento y refuerzo de bases con betún de espuma y lechada de cemento en las secciones construidas y existentes. La metodología fue experimental realizándose ensayos de tracción indirecta, resistencia a la compresión y ensayo Marshall. Los resultados muestran que los valores de CBR de la subrasante y subbase incremento apreciablemente al agregar 4% de polvo de cal hidratada. Se concluye que la estabilización con cal resulto en una mayor capacidad de soporte en la subrasante y subbase, aportando firmeza y durabilidad al pavimento.

Según, Riaz, S.; Aadil, N. y Waseem. U. (2014). El artículo titulado “Stabilization of subgrade soils using cement and lime: a case study of Kala Shah Kaku, Lahore, Por lo tanto, Pakistan”. El objetivo principal es estabilizar la subrasante utilizando técnicas de mejora para reducir el daño en el pavimento y el costo beneficio. La metodología fue experimental adicionando dos aditivos a las muestras en porcentaje variables de 2-8% cemento y 4-15% cal, sometidas a ensayos de contenido de humedad, máxima densidad seca, Proctor modificado, resistencia a la compresión y CBR. La resistencia se determinó en diferentes intervalos de tiempo 7,14 y 28 días. Y para el CBR se analizaron después de 96 horas. Del estudio se concluye que la aplicación de cemento y cal mostro una mejora notable en la mejora a la compresión y CBR, sim embargo se observó que la adición de cemento mostro mejores resultados en una dosis de 4-6% que el porcentaje óptimo para cal de 8%.

De esa manera, Khalid, N. et al. (2014). La investigación tiene como título “The California Bearing Ratio (CBR) Valué for Banting Soft Soil Subgrade Stabilization Using Lime-Pofa Mixtures”. El objetivo principal del estudio fue determinar el porcentaje de proporción óptima de POFA (cenizas de aceite de palama) para mezclas con 6% de cal para estabilizar el suelo arcilloso en función del valor del CBR, para la condición con aditivo y sin aditivo. La metodología fue experimental en laboratorio involucrando las pruebas de California Bearing Ratio para determinar el valor del CBR del suelo blando estabilizado. De los resultados se concluye que la mezcla de 6% de cal con 3% de POFA mejora notablemente el valor de CBR en comparación con el suelo no estabilizado y el suelo blando estabilizado con 6% de cal.

También, Burak, E. y Vefa, M. (2016). Título del artículo “Comparison of Effects of Using Geosynthetics and Lime Stabilization to Increase Bearing Capacity of Unpaved Road Subgrade”. El objetivo principal es estabilizar con cal la subrasante de carreteras con alto contenido de agua y su mejora con refuerzos de geo sintéticos, para así comprar estos dos métodos. Se realizaron ensayos experimentales de los cuales de entiende que estos sistemas de mejora no producían resultados suficientes en suelos arcillosos con alto contenido de agua

por sí solos y la técnica de mejora con cal y con refuerzo de geo sintéticos causa mejor resultados en este tipo de suelos.

Hambirao, G. y Rakaraddi, P. (2014). Título del artículo "Soil stabilization using waste shredded rubber tyre chips". El objetivo principal es utilizar la fibra de caucho y observar el comportamiento de resistencia que le brinda al suelo, se eligió el caucho como material de refuerzo y el cemento como agente aglutinante que se incluyó aleatoriamente en el suelo con tres porcentajes diferentes de contenido de fibra en 5%, 10% y 15%. Las muestras se sometieron al ensayo CBR y pruebas de compresión. Los resultados muestran la eficacia del uso de fibra como reemplazo de los cimientos profundos en el suelo subterráneo. Se concluye que los suelos arcillosos blandos de baja resistencia y alta compresión, mejoran notablemente ante la añadidura del caucho triturado y se puede considerar como un buen material de asistencia para la subrasante.

Por consiguiente, Hussain, F. y Khan, A. (2017). El artículo se titula "Sustainability of using crumb rubber and quarry dust for stabilization of expansive soils in road subgrade: a review". El objetivo principal de la investigación es estudiar la viabilidad de los residuos de caucho y polvo de cantera como material estabilizador para el suelo expansivo en la subrasante de carreteras. La metodología usada es experimental, agregando partículas de caucho triturado al suelo en proporción de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% por peso de suelo, las pruebas fueron sometidas a ensayos de óptimo contenido de humedad, máxima densidad seca, CBR y prueba de compresión triaxial para determinar la cohesión y el Angulo de fricción. De los resultados se concluye que las partículas de caucho reciclado y polvo de cantera puede ser buenos estabilizadores de suelos expansivos en subrasante, reduciendo la contaminación ambiental y aumentando la capacidad de carga y la permeabilidad, mejorando así el rendimiento de carreteras y su vida útil.

Marathe, S.; Shankar, B. y Kumar, A. (2015). El artículo tiene como título "Stabilization of Lithomargic Soil Using Cement and Randomly Distributed Waste Shredded Rubber Tyre Chips". El objetivo principal es estudiar las propiedades de ingeniería de suelos litomárgico al agregar un óptimo porcentaje de astillas de caucho y cemento distribuidos al azar. Se llevaron a cabo muestras en laboratorio

de suelo litomágico que tenía finos de más del 50%, se realizaron pruebas de gravedad específica, límites de Atterberg, Proctor modificado para estudiar las características de compactación del tipo suelo, ensayo CBR y resistencia a la compresión, los resultados arrojaron el valor superior de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad más bajo para las mezclas de prueba, cuando se compactan con 4% de trozos de caucho triturado y 2% de cemento que se puede tomar con la dosis más óptima. Se concluye que las propiedades de este tipo de suelo pueden aumentar elocuentemente mediante la adición de la dosis correcta de las partículas mencionadas.

Según, Patil, A. et al. (2019). El artículo titulado "Soil Stabilization Using Shredded Rubber and Design of Flexible Pavement". El objetivo principal de la investigación es estudiar examinar el resultado de caucho triturado al ser usado como estabilizador para los progresos de las propiedades de la subrasante. Consistió en agregar partículas de caucho en un rango versátil de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% para los experimentos, se realizaron pruebas de Proctor estándar y prueba de CBR. Los resultados exponen que la muestra de MDS aumenta hasta 2.5% para luego disminuir con el aumento de piezas de caucho, de igual manera sucede con el OCH, los datos de CBR revelan un ligero acrecentamiento de 5% para luego incrementarse al 7.5% y pasar a reducirse. Se concluye que el máximo valor de CBR se encuentra en un rango de 7.5% lo cual es factible para generar una adecuada estabilidad de la subrasante.

Así mismo, Ashima, J. y Sindhu, A. (2015). El artículo se titula "Comparative Study of Strength Characteristics of Subgrade Soil Reinforced with Galvanized Steel Mesh and Synthetic Rubber". Tuvo como objetivo primordial comparar las características de resistencia del suelo reforzado con malla de acero galvanizado y caucho. Las características de resistencia se obtienen mediante las pruebas de laboratorio, en el caso del caucho el CBR aumenta de 5.8% para suelos sin refuerzo a 29.27% cuando se colocó en 75mm desde la parte superior y a 52.78% cuando se colocó la malla de acero a nivel similar, el máximo valor de resistencia se dio cuando el refuerzo está a una profundidad del 60% de la altura de la muestra. Se concluye que cuando se refuerza con malla de acero se obtiene mejores resultados para la estabilidad de la subrasante.

In the **background in English** with lime we have, according to Palli (2015), in his research entitled “**BASIC GUIDE FOR LAND STABILIZATION WITH LIME IN ROADS OF LOW VEHICULAR INTENSITY IN THE PROVINCE OF SAN ROMAN**” El objetivo fue determinar el efecto de la estabilización de suelos con cal sobre las propiedades mecánicas de pisos plásticos y elaborar una guía básica para la estabilización de suelos en vías de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román, por lo que los resultados se dieron a conocer de acuerdo al Límite de Consistencia. prueba y teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de EG-2013 para carreteras al nivel afirmado que indica: Límite máximo de líquido de 35 que se cumple satisfactoriamente en todos los casos y para las 2 canteras. En ambos casos, como indica la teoría, el Límite Líquido disminuye y el Límite Plástico aumenta, como consecuencia, el Índice de Plasticidad disminuye. El Índice de Plasticidad cuyos requisitos deben estar en un rango de variación de 4% a 9% no se cumple para las 2 canteras, sin embargo, sumando Cal se cumple para 4% y 6% para la cantera de Chullunquiani y 2%, 4% y 6% para los suelos de la cantera Taparachi; concluyendo de esta manera que la incorporación de Cal, consecuentemente mejora sus propiedades mecánicas para ser utilizado en la conformación de caminos al nivel de cumplimiento afirmado de los requisitos de las especificaciones técnicas, también resultó en la vía Tapachiri que el CBR aumenta con la incorporación de cal según su porcentaje, sin cal fue un porcentaje de 42% de CBR, con 2% de cal obtuvo 93% CBR, con 4% cal obtuvo 116% CBR, con 6% cal obtuvo 114% CBR, con 8 % cal obtuvo 153% CBR, con 10% cal obtuvo 164% de CBR y en el índice de plasticidad se redujo sin cal fue un porcentaje de 14.12% de IP, con 2% de cal obtuvo 9.04% de IP, con 4% de cal obtuvo 7.27% de IP, con 6% de cal obtuvo 4.56% de IP, con 8% de cal obtuvo 0.99% de IP, con 10% de cal obtuvo 0.02% de IP, en esta forma en que La Cal se concluye como agente estabilizador de suelos si mejora las propiedades mecánicas del material de cantera, esto se o el hecho de que al mezclar el suelo con cal, se produce una rápida reacción de floculación e intercambio iónico, seguida de otro tipo Puzonalica muy lento, con la formación de nuevos productos químicos, la cal, cuando se combina con sílice, alúmina del suelo y partículas de agua , produce silicatos y aluminatos similares a los del cemento; Esto genera un aumento considerable en el Valor Relativo del Soporte CBR del Suelo, considerándolo apto para su uso en la formación de Afirmados según EG-2013.

Según (Kokila, Ms L., et al, 2017). En la revista titulada " **Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil**". En el presente artículo se evaluó un suelo expansivo (Suelo de algodón negro), que

presentó la siguiente consistencia de un término líquido de 48%, término plástico de 22% e lista de plasticidad de 26%, y un CBR de 2.5%, además presentó un OCH de 16% y MDS de 15.09g/cc. Se empleó el caucho en polvo más cal en un porcentaje constante de 3% y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 5%, 10% y 15% obteniéndose los siguientes **resultados**:

La incorporación del 5% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 4.90% y MDS de 15.09g/cc a 15.79g/cc respectivamente. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 46.50%, aumentó su límite plástico de 22% a 30% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 16.50%,

La incorporación del 10% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 5.00% y MDS de 15.09g/cc a 17.20g/cc respectivamente. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 45%, aumentó su límite plástico de 22% a 33% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 12%,

La incorporación del 15% del caucho en polvo aumentó su CBR de 2.5% a 5.20% y MDS de 15.09g/cc a 18g/cc. Además, disminuyó su límite líquido de 48% a 43.50%, aumentó su límite plástico de 22% a 35.50% y disminuyó su índice de plasticidad de 26% a 8%. Se **concluyó** que es recomendable emplear 15% de caucho en polvo más 3% de caliza en un suelo expansivo ya que agranda su CBR y MDS, así mismo reduce su índice de plasticidad (IP) mejorando asimismo la resistencia y consistencia del terreno.

On the other hand (Rivera & Medina 2016) in his thesis entitled “**Influence of the incorporation of four levels (1%, 2%, 3% and 4%) of calcium chloride in the mechanical resistance of a material for affirmed** ” En Cajamarca- Perú, se enfoca en determinar propiedades físicas y mecánicas dentro de ellas abrasión, tamaño de partícula, límites de Atterberg, compactación y CBR de un material para afirmación, para luego determinar cómo la incorporación de cloruro de calcio en diferentes porcentajes (1%, 2% , 3% y 4%) influye en cada una de estas propiedades. Finalmente se pudo observar que al incorporar cloruro de calcio la densidad seca máxima muestra un incremento de 2.195 gr./cm³ hasta 2.253 gr. / cm³ para 4% de cloruro de calcio; Por otro lado, el contenido de humedad óptimo disminuyó al incorporar cloruro de calcio siendo el de la muestra estándar 6,10% mientras que para el material con incorporación de 1%, 2%, 3% y 4% se obtuvo

5,24%, 5,58%, 5,32% y 5,55% respectivamente. La mencionada tesis demuestra que, debido a la ocasional mala calidad del agregado por afirmado, es que existen varias investigaciones que buscan formas de mejorarlo obteniendo en este caso resultados óptimos.

Ricardo, Buenaventura y Ortiz (2016), en su artículo científico titulado **"Estabilización de un Suelo Arcilloso mediante el uso de Ceniza de Cuesco de palma Africana y cal"** de la International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering, cuyo objetivo primordial para su trabajo era ilustrarse las propiedades mecánicas e hidráulicas, bajo situaciones controladas de temperatura, humedad referente y tiempo de curado, de un suelo arcilloso asegurado procedente del departamento del Vichada (Colombia). Dado que el material no cumple con requerimientos para la construcción de carreteras, la distante disposición de canteras y las situaciones climáticas de la región; es necesario que se sustituya el material al poco tiempo de instalado dado el desgaste de la capacidad de soporte, por la presencia de agua. Se ejecutó la estabilización del suelo mediante el suplemento de 7.5% ceniza de cuesco de palma africana y 4% de cal. Este trabajo busca dar una solución ambiental y ahorrativamente viable al emplear los depósitos de suelos arcillosos y la ceniza sobrante del proceso del fruto de la palma africana para la edificación de la malla vial de este departamento.

The Bach. Altamirano (2015), Genaro José and el Bach. Díaz Sandino, Axell Exequiel, supported in 2015 their Thesis: **STABILIZATION OF COHESIVE SOILS BY MEANS OF LIME IN THE ROADS OF THE SAN ISIDRO DEL PEGÓN COMMUNITY, POTOSÍ MUNICIPALITY - RIVAS**; en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua; para elegir el Título Profesional de Ingeniero Civil. El principal objetivo de su investigación fue realizar la estabilización de arcillas presentes en los caminos de la comunidad de San Isidro del Pegón, con una mezcla de cal. La comunidad ubicada en el municipio de Potosí, Departamento de Rivas, presenta múltiples áreas con suelos de comportamiento plástico, así mismo, la ausencia de caminos rurales equipados con carpetas rodantes a base de asfalto, adoquines o concreto hidráulico y los problemas de acceso para la exportación de productos en la temporada lluviosa. La estabilización de las arcillas se realizó luego de

caracterizar el suelo, determinando sus propiedades físicas y mecánicas mediante estudios de campo y pruebas de laboratorio, con base en las normas ASTM y AASHTO. Los datos obtenidos se analizaron para luego realizar dosificaciones en suelos arcillosos con diferentes proporciones de cal (3%, 6%, 9% y 12%). Al determinar propiedades con porcentajes se logró una mejora significativa en cuanto a plasticidad, compactación de densidad; también incrementó la humedad requerida en este proceso Debido a la reacción exotérmica que ocurre entre la cal y la arcilla, incrementó significativamente la capacidad de carga del suelo. Se logró un resultado aceptable de los porcentajes de cal, se determinó que el 9% de cal obtuvo las mejores condiciones de suelo.

Teorías relacionadas al tema también se les conoce como teorías relacionadas al trabajo de investigación, dichas teorías tienen un enfoque a las variables tanto dependientes e independientes por las cuales se podrán definir las dimensiones de cada uno de ellos respectivamente, a continuación, hablaremos sobre:

La cal se ha utilizado en diferentes naciones con logros increíbles, descubriendo cómo construir la valiosa existencia de cursos sin pavimentar, disminuyendo la recurrencia del mantenimiento, que en el mediano y largo plazo terminan siendo arreglos financieros serios, ofreciendo mejores superficies móviles y que irrefutablemente tiene una presentación superior en condiciones de tormenta y extraordinaria adherencia. Según el artículo “Efecto de la cal en la estabilización de subrasantes” (Arrieta, 2010, p.2)

Debido a los componentes de la cal este ayuda a la sub-rasante a mejorarla de tal forma que la ayuda a tener una mejor resistencia y compactación ayudando a q el pavimento tenga un mayor tiempo de vida y ayudando de esa forma con la economía del mantenimiento o reconstrucción del pavimento.

La estabilización de suelos con cal, según el “Manual de estabilización de suelo tratado con cal” manifiesta que cambia considerablemente las características del mismo produciendo resistencia y estabilidad a largo plazo, en forma permanente, en particular en lo que concierne a la acción del agua (figura 1)



Figura 1: La capa estabilizada con cal soporta la erosión, ilustrando la resistencia

La cal, sola o en combinación con diferentes materiales, se puede utilizar para tratar una variedad de tipos de suelo. Las propiedades mineralógicas de las zanjas decidirán su nivel de reactividad con la cal y la última obstrucción que crearán las capas equilibradas. (2004, p.6)

La cal ayuda a diversos materiales a poder mejorar sus componentes estabilizándolos de tal forma que estos mejoren sus características tanto físicas como químicas.

El material por estabilizar con cal podrá ser material de afirmado o provenir, de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural proveniente de:

- Excavaciones o zonas de préstamo.
- Agregados locales.
- Mezclas de ellos.

Cualquiera que sea el material a emplear, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar la elaboración y fraguado del concreto. Deberá, además, cumplir los siguientes requisitos generales:

- a. Granulometría (Agregados)** La granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7. Además, el tamaño máximo no podrá ser mayor de 5 cm (2"). o 1/3 del espesor de la capa compactada.
- b. Plasticidad** Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” 262 (EG – 2013) Revisada y Corregida a junio 2013 b. Plasticidad La fracción inferior del tamiz de 425 mm (N.º 40) deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 y un Índice Plástico comprendido entre 10 y 50%, determinados según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111.
- c. Composición Química** La proporción de sulfatos del suelo, expresada como SO₄ = no podrá exceder de 0,2% en peso. d. Abrasión Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) MTC E 207 no mayor a 50%.
- d. Resistencia** Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud ≥ 3.000 m.s.n.m, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio superiores al 18% y en materiales finos superiores al 15%.

Tabla 1: Cal según tipo de producto

Tipo de producto	Índice hidráulico(I)	% de arcilla	Tiempo de fraguado
Cal aérea	0-0.10	0-5.3	Sin límite y al aire
Cal poco hidratada	0.10-0.16	5.3-8.2	16-30 días
Cal medianamente	0.16-0.30	8.2-14.8	10-15 días

Cal propiamente	0.31-0.42	14.8-19.1	5-9 días
Cal eminentemente	0.42-0.50	19.1-21.8	2-4 días
Cal límite o cemento lento	0.50-0.65	21.8-26.7	1-12 horas
Cemento rápido	0.65-1.20	26.7-40	5-15 minutos

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento que se llevó a cabo para la estabilización de la sub-razante con cal fue realizando una mezcla de suelo, cal y agua Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, la dosificación depende del tipo de arcilla. Se agregará de 1% a 5% de cal por peso seco de suelo. Se determinarse en el laboratorio, siguiendo los pasos siguientes:

- Estimar el porcentaje de cal en función del pH.
- Determinar el incremento de la resistencia del suelo estabilizado con cal.
- Determinar el contenido de cal para el cual la resistencia no aumenta en forma importante.

Los resultados del límite de refuerzo deben tenerse en cuenta según lo indicado por la estrategia "California Bearing Ratio - CBR", para explicar las actualizaciones. De ninguna manera se debe utilizar más del 5% de cal en la tierra, ya que expande la obstrucción, pero además la flexibilidad. Los suelos utilizados para el desarrollo de la cal del suelo deben ser perfectos y no deben tener más del cinco por ciento (5%) de su peso.

La cal que se utiliza es óxido cálcico (cal anhidra o cal viva), obtenido por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal hidratada o cal apagada) y debe satisfacer los requisitos establecidos en la Especificación AASHTO M-216, ASTM C-977 o NTP N° 334.125:2002 Cal viva y cal hidratada para Estabilización de Suelos.

- Reducción del índice de plasticidad, debido a una reducción del límite líquido y a un incremento del límite plástico.

- La cal ayuda a secar los suelos húmedos lo que acelera su compactación.
- Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).

Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de aplicación de cal

El manual de estabilización de suelo tratado con cal nos indica lo siguiente:

La cal viva o hidratada seca requiere 32 por ciento de su peso en agua para convertirse en cal hidratada y puede haber una desgracia adicional debido a la desaparición notable debido al calor de la hidratación. Se debe tener cuidado con la utilización de cal viva para garantizar una expansión suficiente del agua, fraguado y mezcla. Estos requisitos previos de agua ampliados pueden representar un problema de coordinación o costo en territorios remotos sin una fuente de agua cercana. La cal viva puede requerir más mezcla que la cal seca hidratada o las suspensiones de cal, a la luz del hecho de que las partículas de cal rápida más grandes deben responder inicialmente con agua para formar la cal hidratada y luego se deben mezclar con el terreno (2004, p.12)

-Ventajas: En la utilización de la cal en forma de cal viva es la más económica debido a q contiene el 20 a 24 por ciento más de óxido lo calcio lo cual ayuda a secar los suelos más húmedos para generar una mayor consistencia como estabilizador alterando la composición química del suelo para la mejora de la sub-rasante.

-Desventajas: La cal viva debe tener un estricto monitoreo de su temperatura ambiental ya que la cal se debe ser mezclada con una cantidad optima de agua, pero al a ver presencia de calor esta agua se vendría reducido según los factores climáticos y de esta forma alteraría su mezcla en la estabilización de la sub-rasante.

LA entrega de la cal en la sub-rasante puede hacerse de dos maneras por medio de la pipa típica de entrega de cal seca como se muestra en la imagen o en bolsas de papel.



FIGURA 2: Pipa típicamente usada para entrega de cal seca

Estabilización de la sub-rasante con cal y equipos respectivamente: Para una adecuada estabilización de la sub-rasante esta deberá seguir una serie de pasos para la adecuada distribución según el manual de estabilización del suelo tratado con cal.

1. Escarificación y pulverización inicial- La escarificación puede ser dada según el ancho y la profundidad de los camellones mostradas en la figura 4 los cuales evitar que la cal que vaya a ser usada como estabilizador se pierda por los lados, para cumplir con este primer paso es necesario retirar partículas incensarías ya sean desecho orgánicos como las raises, cepedas o los desechos inorgánicos como ya sean desperdicios de platico piedras y cualquier otro objeto que pase el tamaño de las 3 pulgadas . en la figura 3 veremos: La escarificación antes de la aplicación de la cal



Figura 3: Pulverizador de suelo



Figura 4: camellones utilizados para contener la cal antes de la mezcla.

Equipo: motoniveladora con escarificador o escarificador de discos; estabilizadora de suelos para pulverización inicial.

2. Aplicación de cal viva: La cal viva puede ser distribuida de forma mecánica de manera homogénea dependiendo del ancho del camión como se muestra en la figura 5 o también puede ser distribuida de forma neumática en la cual se muele la cal (1/4" por 0) para asegurar una mejor que esta pueda fluir libremente en la capa estabilizada en este caso la subrasante este es recomendable para suelos que básicamente están bien humedecidos.



FIGURA 5: Camión estabilizador

Herramientas: En este caso la herramienta utilizada fue el camión estabilizador.

3. Mezcla Preliminar y aplicación de agua: Para este siguiente paso el suelo a mezclar debió ser preparada la adición del agua para generar una reacción química de mezclado entre la cal y la subrasante la mezcla inicia con la escarificación como se muestra en la figura 6 sin necesidad de mezcladoras modernas durante el proceso y posteriormente a ello se le adicionara el agua por medio de una cisterna como se muestra en la figura 7 en forma de riego. La estabilización del suelo es

básicamente para asegurar la debida mezcla ente la cal, agua y el suelo compactándola como se puede apreciar en la figura 8.



Figura 6: Escarificación después de haberse adicionado la cal



Figura 7: Adición de agua después de la escarificación y haberse adicionado la cal seca



Figura 8: Estabilización de suelos para la homogenización inicial de los materiales.

- 4. Periodo de fraguado:** El fraguado en la ingeniería por lo general dura de 1 a 7 días ya que durante este lapso del tiempo se permitirá la mezcla para aquellos suelos portadores de un índice de plasticidad bajos o cuando el objetivo es el secado o la modificación, por lo general, el fraguado no es necesario.
- 5. Mezcla final y pulverización:** Para asegurar la mezcla final es necesaria la pulverización final de partículas arcillosas y la adecuada distribución de la cal como se muestra en la figura 9 de tal forma que todas las partículas de la subrasante que vayan a ser compactadas pasen por el tamiz de 1 pulgada o que el 60% llegue a pasar por el tamiz número 4.



Figura 9: Pulverización de partículas

6. Compactación: La compactación se hace siguiendo las normas AASHTO T99 (Proctor estándar). El valor obtenido se verá en la curvatura que generaría la densidad que nos daría la combinación suelo-cal y no del suelo natural. La cual deberá iniciar en un plazo no mayor a los 4 días del mezclado debido a que puede generar cambios en la combinación respectivamente por el clima al cual la subrasante se vea sometida en el caso que este demore deberá ser estabilizado con porciones parcialmente pequeñas de cal para recuperar su composición inicial y esté listo para una adecuada compactación.

La herramienta atizada fue la compactadora pesado de neumáticos o rodo vibratorio o una combinación de la “pata de cabra” (figura10), y para finalizar deberá ser compactado por un rodillo liso. (figura 11)



Figura 10: rodillo pata de cabra



Figura 11: Rodillo liso

7. Curado final: El curado se hace por medio de la adición de agua de forma que evite ahuellamiento cuando halla paso cualquier equipo de construcción este deberá ser curado hasta que este apto para poder colocarse la capa de rodadura.

Propiedades mecánicas de la sub rasante, en este, punto se da a conocer acerca de la primera variable dependiente.

¿Qué es un suelo? El suelo es la parte principal de la tierra ya que ahí es donde crece la naturaleza conformada por distintos organismos y la principal capa de la tierra en donde se puede alterar los aspectos físicos y químicos de manera que este pueda beneficiar a la humanidad de forma que las sociedades puedan estar en comunicación de forma interna y externa por medio de construcción de carreteras. Para la ingeniería civil es lo primordial ya que el suelo es donde se trabaja todo tipo de construcciones ya sea edificaciones, carreteras entre otros

Se conoce al suelo como la capa superior de la corteza que está formada por distintos tipos de minerales, partículas pequeñas y orgánicas los cuales son producidos por las distintas acciones combinatorias que sufre la superficie terrestre a causa de los fenómenos naturales como el viento, la lluvia las inundaciones entre otros fenómenos más el proceso de descomposición que sufre la naturaleza (2018, parra. 2).

El suelo se conforma de particular orgánicas e inorgánicas mezclados entre si que dependiendo de su estructura, textura y consistencia estos diversos tipos de suelo varían en la capacidad de retención de agua y aire.

El suelo es muy importante, pero a menudo a medida que pasan los días, años y siglos esto pierde su fertilidad ya que en estos días el suelo ya no produce buena comida. Además, el suelo ya no tiene la capacidad de carga que tenía hace 20 años (2016, párrafo 4).

Ilustrador: José Alberto Bermúdez
Fuente: recursostic.educacion.es

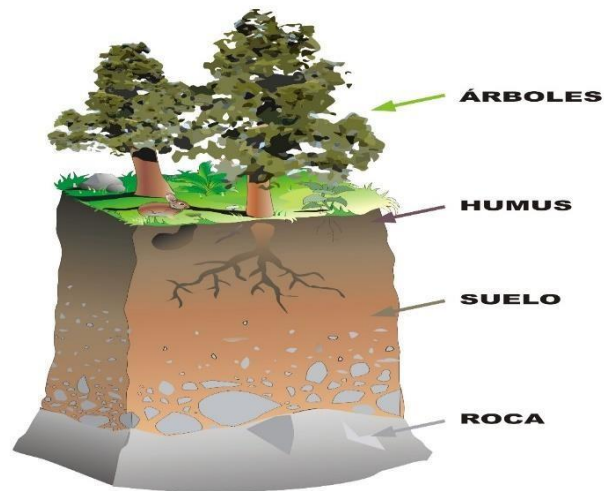


Figura 12: Composición del suelo

La clasificación de los suelos, Estos son clasificados según el sistema SUCS por medio de unos tamices el cual por un proceso llamado tamizado ira separandoel suelo de muestra, según su tamaño los tamices lo irán reteniendo y estos tomaran una clasificación como pueden ser: Las gravas, arenas, limos, y arcillas respectivamente donde las gravas son partículas de gran tamaño que se aprecian a simple vista a comparación de los limos y las arcillas, que son partículas no visibles. Según geomecánica:

Según el sistema SUCS los suelos se clasifican en el famoso nombre de suelos granulares o suelos finos según como se distribuyen en el tamizado o según la cantidad de muestra que pasa por los tamices de 3" que es igual a 75 mm; el suelo fino es cuando más del 50% logra pasar por el tamiz Número 200 (2006, pp.78). Para determinar la clasificación a la que un suelo pertenece este debe ser sometido por pruebas ya establecidos en base a criterios químicos, climáticos, geológicos, genéticos, ingenieril bases modo métricas y según su capacidad de uso para el que y vaya a poder soportar o adaptarse mejor.

El suelo natural compuesto de sólidos (materia orgánica y minerales), gases y líquidos que se encuentran en la superficie de la tierra. El suelo se caracteriza por ser vital en el mundo ya que sin el suelo no habría vida, mucho menos edificios. Los suelos se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, transferencias y pérdidas, transformaciones de energía y materia o la capacidad desoporte de un edificio. Este material no se distribuye uniformemente debido a las propiedades que varían debido a varios factores. y hay muchos tipos de suelos y estos se clasifican según su tamaño o sistemas de taxonomía (2017, p. 2)

Tabla 2: Clasificación según SUCS

Sistema clasificación se suelos						
Gruesos (<50% pasa 0.08mm)						
Tipo de suelo	Símbolo	%pasa 5mm	%pasa 0.08mm	CU	CC	IP
	GW		<5	>4	1 a 3	
Gravas	GP	<50%		</=6	<1 o >3	
	GM		>12			<0.73(WI-20) o<4
	GC					>0.73(WI-20)y 7
Arenas	SW	>50%	<5	>6	1 a 3	
	SP			>/= 6	<1 o >3	
	SM		>12			<0.73(WI-20) o<4
	SC					>0.73(WI-20) y 7
*Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC **respecto a la fracción retenida en el tamiz 0.08mm						
**Si IP= 0.73(wl-20) o si IP entre 4 y 7 e IP>0.73 (wl-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC						
en casos dudosos favorecer clasificación menos plástica EJ. GM-GW en vez de GW-GC						
$Cu = (D60) / (D10)$				$Cc = (D30^2) / (D60 \cdot D10)$		

Fuente: Geomecánica Terzaghi

Según la tabla de clasificación SUCS estos se dividen en GRAVAS Y ARENAS, pero se subdividen en 4 partes cada uno

La clasificación de las gravas y arenas según SUCS se encuentran referidas en la tabla 3 que nos indica según lo especificado si más del 50% queda retenido en el tamiz número 4 se considera grava (G) y si más del 50% pasa se considera arena (A)

Tabla3: clasificación y usos del suelo (SUCS)

G	Grava	El 50% o más es retenido en el T4		
S	Arena	Si más del 50% pasa el T4		
W	Bien gradada	P	mal gradado	Depende del Cu y Cc
M	Limoso	C	arcilloso	depende de WL y el IP.

Fuente: Geomecánica Terzaghi

Los grupos que poseen en símbolo W como el GW y SW son materiales limpios de fino prácticamente bien graduados. Por ello se especifica que el peso de dichas partículas no sea mayor al 5% en peso. Los grupos que tienen de símbolo P como los GP y SP son considerados materiales finos mal graduados cumple con los requisitos señalados según las partículas, pero no con lo de graduación indicados. Los que tienen el símbolo M como son los GM y SM son cantidades apreciables de finos no plásticos en donde los porcentajes de finos es superior a 12% en peso. En el caso de los que tienen símbolo C como los GC y SC son considerados apreciables en los finos plásticos como en el grupo de GM deben ser mayores a 12% en peso. En los grupos Pt su límite líquido puede estar entre 300% y 500 %.

El Límite de plasticidad es una dependiente o circunstancial de agua depende básicamente de la capacidad que tiene de adherencia de agua.

Por medio está la tabla número 4 podemos ver las características y los usos más apropiados para cada tipo de suelo esta clasificación se hace por medio del proceso

de tamizado lo cual nos permite saber su capacidad de permeabilidad, la facilidad de tratamiento en obra, la resistencia al corte que estos poseen y su compresibilidad respectivamente mostradas en la tabla.

Tabla 4: Características y usos del suelo (SUCS)

Grupo	VALORACION ATRIBUTOS				APTITUDES SEGÚN USOS
GW	***	**	***	***	Mantos de presas, terraplenes, erosión de canales.
GP	**	***	**	***	Mantos de presas y erosión de canales.
GM	**	/	**	***	Cimentación con flujo de agua.
GC	**	//	*	**	Núcleos de presas, revestimientos de canales.
SW	***	**	***	***	Terraplenes y cimentación con poco flujo.
SP	m	**	**	**	Diques y terraplenes de suave talud.
SM	m	/	**	*	Cimentación con flujo, presas homogéneas.
SC	**	//	*	*	Revestimiento de canales, capas de pavimento.
ML	m	/	M	m	Inaceptable en pavimentos, licuable.
CL	*	//	M	m	Revestimiento de canales, pero ocasiona erosión.
OL	m	/	//	m	No recomendable, máximo si hay agua.
MH	//	/	/	///	Inaceptable en cimentaciones o bases(hinchable).
CH	//	//	//	///	Inaceptable en cimentación (hinchable)
OH	//	//	//	///	Inaceptable en cimentaciones o terraplenes.
Características fundamentales	Facilidad de tratamiento en obra	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Sobresaliente ***
					muy alto **
					alto *
					moderado m
					deficiente /
					bajo //
					muy bajo ///

Fuente: Geomecánica Terzaghi

Clasificación según AASHTO: La clasificación AASHTO es de uso exclusivo para la construcción de vías ya que básicamente el propósito es buscar los componentes de cada tipo de material y agruparlos según la composición respectivamente según la tabla 5.

Tabla 5: Clasificación de suelos AASHTO

Clasificación General		Materiales Granulares 35% o menos pasan la malla 200						Materiales limosos y arcillosos más del 35 % para la malla N°200					
		A1		A-3	A2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupos		A1-a	A1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis por mallas % que pasa por la malla numero	10	50 Max											
	40	30 Max	50 Max	51 Min									
	200	15 Max	25 Max	10 Max	35 Max	35 Max	35 Max	35 Max	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min
Características de la fracción que pasa la malla 40	LL				40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	41 Min
	LP	6 Max	6 Max	NP	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	11 Min
Índice de grupo		0	0	0	0	4 Max	8 Max	4 Max	8 Max	12 Max	16 Max	20 Max	20 Max
Tipo usual de material constituyentes		Piedra Grava Arena			Arena limosa o arcillosa, arena				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
comportamiento general como subbase		EXELENTE A BUENO					ACEPTABLE A MALO						

Fuente: Geomecánica Terzaghi

Para la agrupación de estos suelos por medio de la clasificación se necesita esencialmente saber los porcentajes de muestra q pasan por el tamiz #200 para poder usar la tabla numero 4 la cual es una manera más eficiente de poder clasificar los tipos de suelos con sola mente conocer el límite líquido (LL) el índice de plasticidad (IP).

La clasificación según AASHTO los clasifica a cada grupo según el material gradual del 35% o menos pasan por el tamiz 200 y arcillosos y limos que más de 35 % logren pasar la maya 200.

Tabla 6: Diferencias entre gravas y arenas

Diferencias entre gravas y arenas	
Gravas(>2mm) Arenas (entre 0.006 y 2mm)	
<p>Los granos no se apelmazan, aunque estén húmedos, debido a la pequeñez de las tensiones capilares.</p> <p>Cuando el gradiente hidráulico es mayor que 1, se produce en ellas flujo turbulento.</p>	<p>Los granos se apelmazan si están húmedos, debido a la importancia de las tensiones capilares.</p> <p>No se suele producir en ellas flujo turbulento, aunque el gradiente hidráulico sea mayor que 1.</p>

Fuente: Terzaghi y Peck

Tabla 7: Diferencias entre arenas y limos

DIFERENCIAS ENTRE ARENAS Y LIMOS	
ARENAS (entre 0.06 y 2 mm)	LIMOS (entre 0.02 y 0.06mm)
<p>Partículas visibles. En general no plásticas. Los terrenos secos tienen una ligera cohesión, pero se reducen a polvo fácilmente entre los dedos. Fácilmente erosionadas por el viento. Fácilmente arenadas mediante bombeo. Los asientos de las construcciones realizadas sobre ellas suelen estar terminados al acabar la construcción.</p>	<p>Partículas visibles En general algo plásticos. Los terrenos secos tienen una cohesión apreciable, pero se pueden reducir a polvo con los dedos. Difícilmente erosionados por el viento. Los asientos suelen continuar después de acabada la construcción.</p>

Fuente: Terzaghi y Peck

Tabla 8: Diferencias entre limos y arcillas

DIFERENCIA ENTRE LIMOS Y ARCILLAS	
Limos (entre 0.002 y 0.06mm)	Arcillas (<0.002mm)
<p>No suelen tener propiedades coloidales. A partir de 0.002mm y a medida que aumenta el tamaño de las partículas, se va haciendo cada vez mayor la proporción de minerales no arcillosos. Tacto áspero. Se secan con relativa rapidez y no se pegan a los dedos. Los terrenos secos tienen una cohesión apreciable, pero se pueden reducir a polvo con los dedos.</p>	<p>Suelen tener propiedades coloidales. Consisten en su mayor parte en minerales arcillosos. Tacto suave. Se secan lentamente y se pegan a los dedos. Los terrones secos se pueden partir, pero no reducir a polvo con los dedos.</p>

Fuente: Terzaghi y Peck

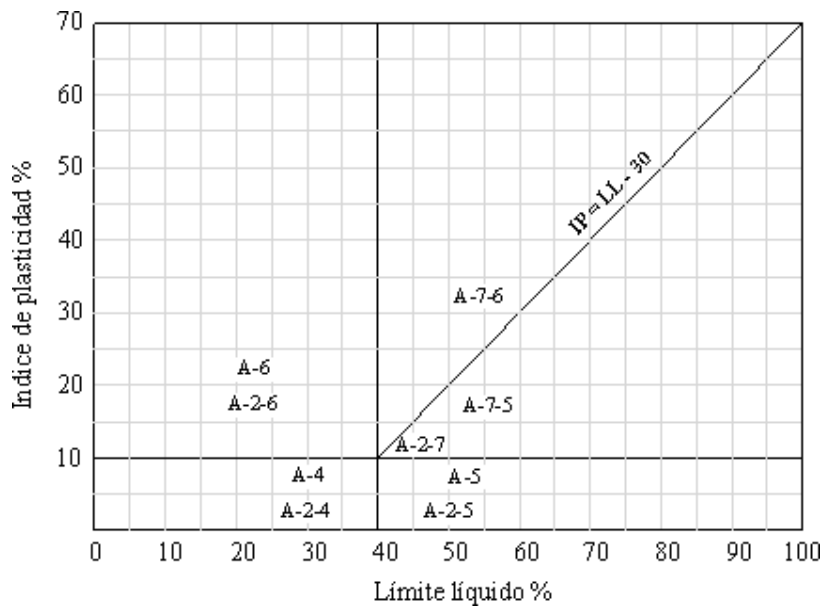


Figura 13: Clasificación según AASHTO

La subrasante llamada también terreno de fundación es la parte del pavimento de mayor importancia ya que ahí reposara la carpeta asfáltica y es por ello por lo que se necesita una adecuada estabilización de tal manera que este pueda cumplir con los estándares establecidos del CBR mayor al 6% ya que es ahí cuando un suelo recién se considera que tiene una buena capacidad portante de lo contrario deberá ser estabilizado o cambiarse por otro material más resistente según las normas del MTC. Según la normal AASHTO:

Es el soporte principal y natural compactado y preparado en lo que se debe construir una estructura de pavimento. La función principal de un terreno de fundación es dar un soporte razonable y sin cambios agresivos en el valor de soporte es decir la subrasante debe tener un alto capacidad portante para que soporte todas las cargas que son transmitidas sobre ella (AASHTO 93, Cap. 1, p. 4).

La subrasante es donde reposara la estructura del pavimento por ello se necesita realizar una buena estabilización para comprobar si es admisible o se deberán realizar ensayos de granulometría, plasticidad del suelo, resistencia al corte del terreno entre otros, para poder conocer las deficiencias y poder mejorarlas.

Tabla 9: Tabla de CBR

CATEGORIAS DE LA SUBRASANTE	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR<3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR \geq 3% A CBR <6%
S2: Subrasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR <10%
S3: Subrasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR <20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR <30%
S5: Subrasante excelente	De CBR \geq 30%

Fuente: Ministerio de trasportes y carreteras (2013)

La capacidad portante del suelo debe ser firme y mostrar una resistencia optima de acuerdo según su servicio vial para la que fue diseñada para obtener una adecuada capacidad portante este debe pasar por una serie de procesos y análisis los cuales determinaran el CBR que posea la subrasante como se da a conocer en la revista científica de albañilería: “La capacidad portante de la sub rasante o del suelo son bases que indudablemente debe soportar todas las cargas trasmitidas sobre ella ya sea de las estructuras viales, hidráulicas o edificios, este debe cargar todo el peso sin ceder” (2017, p.2).

Por lo general la capacidad portante del terreno debe estar en óptimas condiciones para soportas cagas de transito posteriores y eso se obtiene mejorando la subrasante para que en el momento de servicio q tenga la carretera no presente desperfecto de ningún tipo, ni de asentamientos.

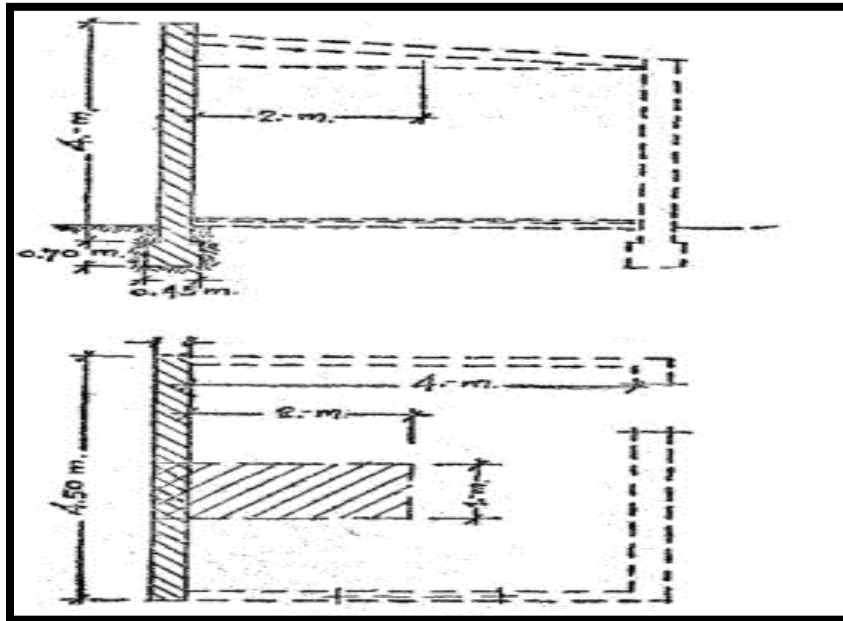


Figura 14: Asentamiento

La estabilización de suelos, se le denomina una estabilización de suelos por lo general cuando a un material pobre de baja resistencia va ser usado como subrasante para una pavimentación, este debería pasar por un proceso estabilizador que consta en mejorar sus componentes tanto químicos como físicos por medio del agregado de diversos materiales, ayudaran a que el material pobre, aumente su resistencia , estabilidad y de esta forma tenga un óptimo CBR mejorando la subrasante que servirá como terreno de fundación para la pavimentación.

Lo principal para que un suelo soporte grandes cantidad de carga es la estabilización ya que por medio de ello lograra obtener más resistencia y estabilidad en dicho terreno. Según el manual de reconocer de suelos define que: “Es un método económico porque al estabilizar un suelo se hace menos gasto económico y tiempo que hacer un cambio del suelo con un material de préstamo” (2012, p. 5).

Ensayos en la estabilización de suelo, Para realizar una adecuada estabilización de suelos se requiere hacer una serie de estudios y ensayos que permitirá conocer las propiedades del suelo para de esa forma conocer que agentes estabilizadores

le ayudarían a mejorar entre los aditivos estabilizadores se tienen el cemento, la cal, cloruro de sodio, etc.

La estabilización de un suelo ayudara considerablemente con la vida útil del pavimento y a su vez a largo plazo ira generando ahorros ya que no necesitara tanto mantenimiento ni reparaciones en algún desperfecto q presente como lo aria un pavimento mal estabilizado. Según el manual de estabilización de suelos define que: “Es un método económico porque al estabilizar un suelo se hace menos gasto económico y tiempo que hacer un cambio del suelo con un material de préstamo” (2012, p. 5).

Los ensayos para la estabilización del suelo, Previo a la realización de estabilización del suelo se hace un estudio de granulometría para definir el tipo de suelo que sea y por medio de los límites de atterberg en el cual conoceremos el estado de L.L., L.P y el Proctor modificado por el cual se realizara un óptimo contenido de humedad vs la máxima densidad seca y el CBR para ver en qué estado se encuentra el suelo.

El contenido de humedad, Es el grado de contenido liquida que posee la muestra la cual afecta la capacidad portante por ello cuando se hacen los ensayos con la muestra esta pasa a ser introducida en un horno des de ser pesada, y al salir también se pesa para calcular la cantidad de humedad posee este ensayo se realiza para cumplir con la normal vigente según Ramón define que: “El contenido de humedad afecta directamente al drenaje y la evaluación de la infiltración y el nivel freático, un terreno de fundación con elevado contenido de agua sufrirá grandes deformaciones con las cargas que transmitirán las cargas vivas” (2013, P.7).

Análisis de granulometría, este consiste en seccionar a las partículas de la muestra en diversos tamices según su tamaño, Cañar define:

El análisis consiste en dividir las partículas según su tamaño de grava hasta limo que pasa por la malla 200(2012, p.3)

Tabla 10: *Tamaño de grava*

Máximo tamaño nominal (mm)	Mínimo de masa a utilizar (g)
4.75	300
9.5	1000
19	2500
37.5	5000

Fuente: Universidad Centroamericana (Laboratorio de materiales de construcción)

Tabla 11: Numero Tamices y Abertura

Malla N°.	Abertura(mm)
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2
16	1.18
20	0.85
30	0.6
40	0.425
50	0.3
60	0.25
80	0.18
100	0.5
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

Fuente: M. Braja Das

Límites de atterberg también se le conoce como estado de humedad, el cual clasifica los estados de consistencia en: Estado sólido, semisólido plástico y viscoso. Los límites entre cada estado tienen un nombre. Límite de retracción entre semisólido y plástico, límite líquido entre el estado plástico y semilíquido. Según la Universidad Nacional Autónoma de México: “los límites de atterberg son netamente para determinar el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad” (2011, parr.1).

Límite líquido, por medio de la copa de casa grande que es un ensayo que nos dará a conocer el contenido de agua de la muestra este ensayo consta en usar el material extraído aproximadamente 100 gr que pasaron por l malla número 40 de la normal ASTM o 0.40 UNE y mezclarlo con agua de a poco por medio de una probeta este material homogeneizado con agua se colocara en la copa y se trazara una ranura en el medio y al momento de poner a funcionar la copa de casa grande esta dará golpes al chocar con su base en una altura de 1 cm lo cual ara que ambas partes se unan en una cantidad de golpes mayor a 25 pero cercana en caso no se unan se usara más agua para generar que la muestra sea más manipulable.

Para hacer el procedimiento del límite líquido se tiene que mezclar las muestras asegurando que el contenido de agua sea lo necesario para poder hacer el ensayo de entre 25 a 35 golpes de la cazuela hasta cerrarse la ranura se hizo con el canalizador (2013, p. 14).



Figura 15: Casagrande

El límite plástico, en este ensayo se requiere una porción de la muestra que haya pasado por el tamiz numero 40 consta en mezclar la muestra con agua y hacer rollos de aproximadamente 3mm de diámetro con un largo de 25-30mm cuando los rollos llegan a medir 6mm es cuando han alcanzado su estado de límite plástico como también según Bowles: “El límite plástico es determinado en un laboratorio con las muestras que pasan por el tamiz N°40 haciendo cilindros con las manos y en un lugar liza” (2006, par. 1).



Figura 16: Cilindros de muestra para la plasticidad

Índice de plasticidad, Este se determina restando ellos 2 resultados anteriores de los límites:

$$IP=LL-LP$$

Después de realizado el límite de atterberg o de consistencia se podrán clasificar según su índice de plasticidad.

Proctor modificado, en este punto es donde se realiza el ensayo de compactación para calcular el O.C.H y el P. unitario seco de la muestra del suelo a esto se le conoce como curvatura de compactación según: Jaksa y Scott mencionan que:

Esta prueba cubre los procedimientos de comparación utilizados en el laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos compactados en un molde de 4 a 6 pulgadas (101.6 o 152.4 mm) de diámetro con 10lbf (44.5N) ram que cae desde una altura de 18 pulgadas (457mm), produciendo una energía de compactación de 56,000 lb-ft/ft³(2,700 KN-m/m³) (2012, p.4).

El CBR sirve para medir la capacidad de resistencia y el estado en que se encuentra un suelo según Osorio y Casas: “El CBR fue inicialmente Propuesto por los ingenieros O.J. Potter y T.E. Stanton en California y estos ingenieros estaban encargados del departamento de carreteras” (2011, p.23).

Este método de medición se usa en continentes como Europa y América ya que cumplen con los estándares de resistencia para conocer si un suelo es o no apto para ser terreno de fundación según Sánchez (2012):

El ensay Desalación de Soporte California es un método para verificar la calidad del suelo lo cual esto se determina tomando en cuenta la resistencia de la muestra. Las siglas CBR significan en ingles California Bering Ratio. Sin embargo, en otros países como por ejemplo en México tienen otras siglas VRS que significa Valor Relativo de Soporte (p.34).

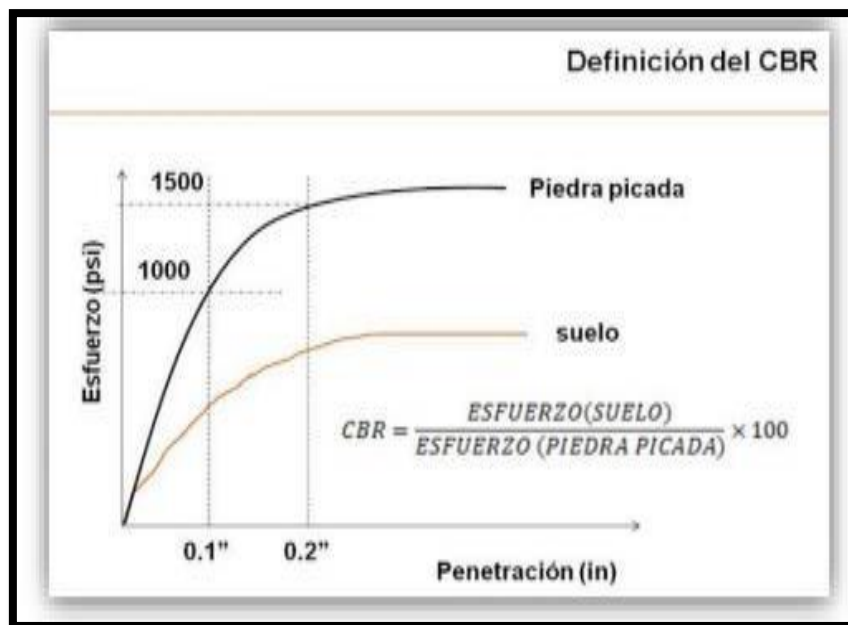


Figura 17: Definición gráfica del CBR de laboratorio

¿Qué es un pavimento? es la base de una construcción de carretera el cual se encuentra compuesto de concreto, piedra, madera, asfalto entre otros. Puede obtenerse mezclando diversos tipos de materiales mencionados, según el Giordani y Leone:

El pavimento es la estructura para las vías de comunicación terrestre formadas por distintas capas de materiales sobre un suelo o el terreno que ya está adecuado para soportar todas las cargas que se pueden transmitir sobre ella que tiene como función principal el tránsito vehicular (2011, p. 2)



Figura 18: Pavimento

Tipos de pavimento: tenemos 2 tipos de pavimentos el pavimento rígido y el pavimento flexible.

El pavimento Flexible, este tipo de pavimento es más económico puesto que su vida útil de diseño varía entre 10 a 15 años, pero a la vez el mantenimiento sale más costoso debido a que necesita un mantenimiento más constante ya que este distribuye las cargas que transitan por el de forma puntual

El pavimento flexible trabaja básicamente a flexión, absorbiendo los pesos que transitan por dicha vía de pavimento y llevándolas directo al terreno de fundación de forma puntual. (Revista científica de ingeniería, 1988, p. 2).

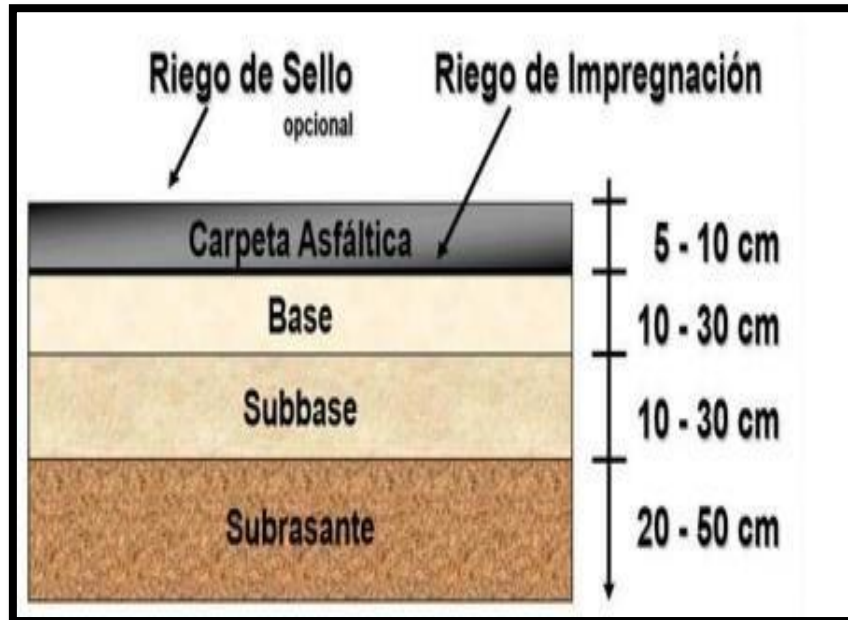


Figura 19: Estructura del pavimento flexible

El pavimento rígido, es un tipo de pavimento constituido por 3 capas: la subrasante, la base y losa de concreto hidráulico. Este pavimento tiene un periodo de vida de entre 20 y 40 años no necesita mucho mantenimiento y la forma en la que se distribuyen las cargas es de forma uniforme ya que es un pavimento sumamente rígido. Según Pittillo:

El pavimento rígido es de vital importancia debido a que están compuestos por la losa de hormigón de cemento hidráulico que tiene un espesor apropiado para absorber las cargas que transmiten los tránsitos a la sub rasante y la base. La participación de la losa es uniforme (Revista científica de ingeniería, 1988, p. 1).

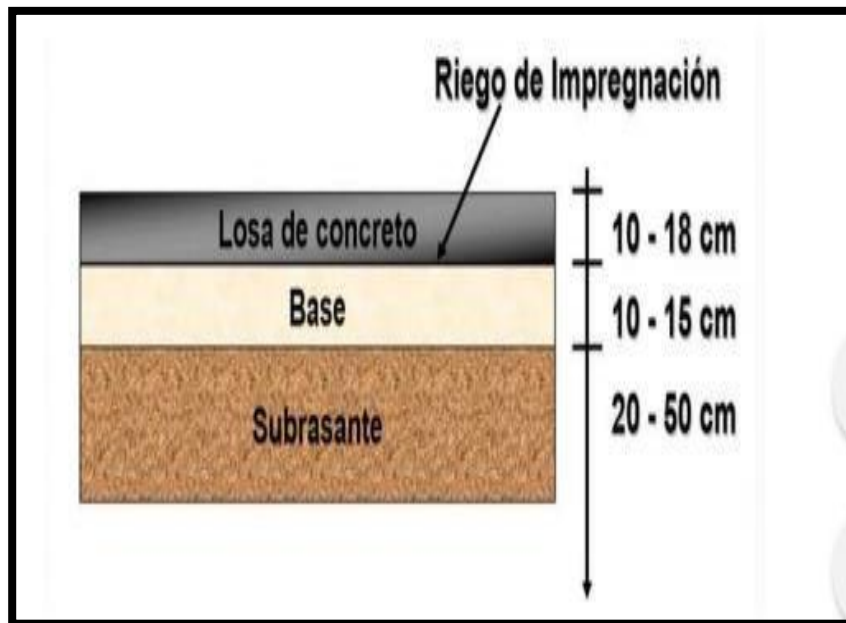


Figura 20: Estructura del pavimento rígido

Las diferencias entre el pavimento rígido y flexible es la cantidad de capas que llevan, el color, la textura, el tiempo de vida útil donde el rígido es de mayor tiempo y la forma de distribución de cargas el rígido las distribuye de forma uniforme mientras del flexible de forma puntual. Según Road san transport department define que:

Si habla sobre el pavimento, hay dos tipos de pavimento, pavimento de asfalto y pavimento de hormigón reforzado, y estos se basan en consideraciones de diseño, es decir, pavimento flexible y rígido. La diferencia entre estos dos pavimentos se basa en la forma en que las cargas se distribuyen a la subrasante, es decir que en el pavimento de asfalto la transmisión de cargas es puntual y esto hace que al pasar las cargas vivas sufrirán un En cambio, en el pavimento rígido, las cargas que se transmiten sobre el pavimento rígido son muy resistentes y esto hace que toda la losa funcione de manera uniforme. (2016, p. 1).

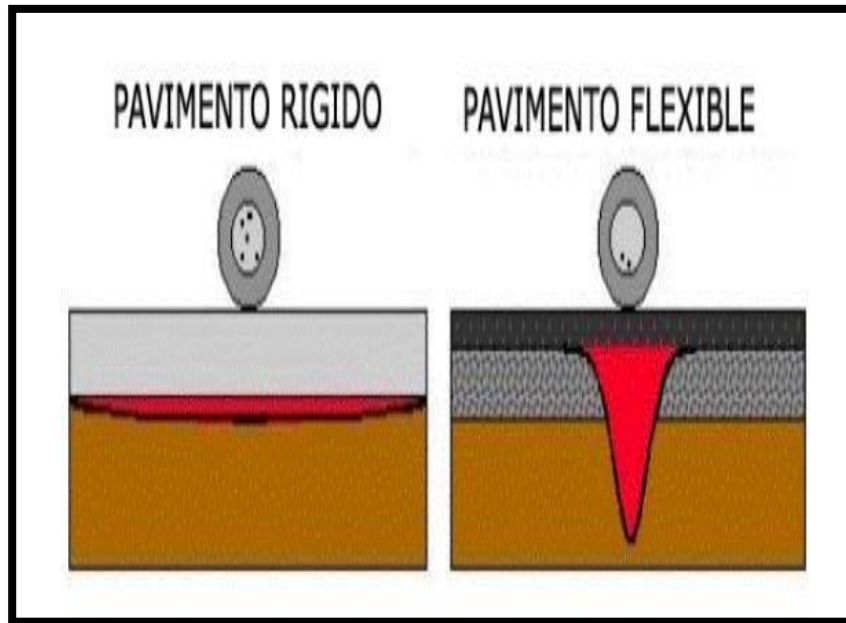


Figura 21: Pavimento Flexible y Rígido

EL CAUCHO en este caso la quema de llantas y peor aún, un incendio en un depósito de llantas, perjudica seriamente la salud de las personas, de las mascotas y el medio ambiente. Según la agencia peruana de noticias “La andina” (Gastañaga, 2018, p.1)

Ya que las llantas el caucho genera un impacto ambiental negativo al ser quemadas y generando incendios de forma casual es por ello que el presente tema de investigación tiene el enfoque la mejora de la sub-rasante y de sus propiedades tanto físicas como químicas para así generar una propuesta de reutilización del caucho y un aporte al medio ambiente.

En el mundo se tiene todos los años un alto porcentaje de residuos de neumáticos, que causa daños al ámbito y ecología y tenemos como muestra que alrededor de 300 millones de estos son descartados en norte américa (Shen, 2007)

El caucho posee diversas propiedades según “Reciclado de neumáticos de Castillay Leon S.L.” (2013) La ficha técnica de producto (FTP) Gránulos y polvo de caucho vulcanizado procedente de la trituración mecánica en atmosfera ambiental de neumáticos fuera de uso. Entre las propiedades físicas tenemos:

- En gránulos su forma es más sólida
- Son de color negro
- Tienen olor a caucho
- Su densidad en gr/cm³ es de 0.4 – 0.5
- Su peso específico es de 1.15- 1.27
- Tienen un contenido de humedad (%) menor al 0.75- Punto de combustión(°C) entre 300- 450

Propiedades Químicas

- Extracto cetónico (%) varía entre 5,00- 22,00
- Contenido de cenizas (%) varía entre 7,00- 11,00
- Contenido de polímeros NR/SR (%) varía entre 70/30-60/40
- Contenido de humo negro varía entre 26,00- 38,00
- Contenido de caucho natural (%) varía entre 10,00- 35,00
- Contenido de hidrocarburo de caucho(%) varía entre 57,00-58,00
- Azufre (%) varía entre 1,0-7,00
- PH (25°C) varía entre 8,12- 8,20
- es insoluble en el agua, parcialmente soluble en acetona.

Entre las ventajas del caucho encontramos que es un material sumamente barato debido a que solo se está botando o quemando perjudicando al medio ambiente. El caucho reciclado llega a optimizar algunas propiedades físicas y mecánicas de la subrasante además de ser un material reciclado esto indicaría que será económico y a la par ayudaría a contribuir con la reutilización de desechos enés de tirarlos o quemarlos generando algún impacto negativo en la sociedad.

A continuación, se enumerarán una serie de ventajas relevantes que sustentan la importancia de la utilización de pavimentos con presencia de GCR: Mezclas más resistentes a los fenómenos de fatiga, ahuellamiento (Khodary, 2010; Dong y Tan, 2011; Hsu, 2011; Punith et al., 2011). Según Jiménez y Meier (1985), al adicionar 5% de GCR a la mezcla asfáltica en peso, su vida útil en términos de fatiga, se duplica con respecto de una

convencional.

Sibal (2000) ensayó mezclas asfálticas con GCR por vía seca y encontró que la resistencia a la fatiga es mayor a diferentes temperaturas, con respecto a una mezcla asfáltica convencional, tal y como se muestra en la Gráfica de Ley de fatiga de mezclas asfálticas con GCR por vía seca.



Figura22: Caucho reciclado

Clases de caucho

Caucho triturado

Este caucho contiene hierro y fibra textil.

Se obtiene mediante el procedimiento de reutilización de neumáticos que, en este momento, no se utilizan por métodos para los que los neumáticos se aplastan con precisión, cuya raíz puede ser agraria o moderna. (RMD, pág. 1) GRANOETRIA: (1-3,4-5,7-10 MM 1 CM) PESO UNITARIO: 1,49 g/cm³ DUREZA SORE: Shore A ASTM D2240 65 (juntas industriales, pág. 1)

Caucho liquido:

Natural: Proveniente del látex de algunas especies vegetales como de defensa ante heridas en la corteza de tronco, dependiendo del tipo de vegetal que sea presenta un porcentaje de caucho liquido entre 80 y 90 %, el cual contiene grasas, algunas proteínas, hidrocarburos y azucares de origen vegetal. Los árboles fundamentales de extracción de látex son las euphorbiaceae del tipo *Hevea*, el lugar más común es *Hevea brasiliensis*, que comienza en el cuenco del arroyo del Amazonas, a pesar de que el requisito resultante para la extracción hizo que los ingleses expulsaran erróneamente semillas de Brasil para hacer ranchos en Malasia, Birmania, Ceilán y África subsahariana, no sin antes someter y aniquilar a los indígenas brasileños durante un período considerable de tiempo, obligándolos a extraer látex para su propio beneficio. A partir de ahora, la mayor parte de la creación elástica está fuera de América del Sur, y se encuentra en su mayor parte en naciones, como Malasia, Tailandia e Indonesia (ÁLVAR MARTÍN, 2015, pág. 10)

Rango Dureza	20-90
Resistencia A La Rotura	Buena
Resistencia Abrasiva	Excelente
Resistencia A La Comprensión	Buena
Permeabilidad A Los Gases	Regular

Sintético: El caucho fabricado es cualquier artículo fabricado falsamente, normalmente a partir de productos refinados a base de petróleo, que tiene propiedades como las del elástico. Al final del día, es apto para experimentar una desfiguración flexible mucho más prominente que los diferentes materiales y aun así recuperar su forma única sin distorsión inmutable. Este material se produce mediante la polimerización de una variedad de monómeros, incluidos isopreno e isobutileno.

Al incluir adicciones controladas, se pueden cambiar diversas propiedades físicas, mecánicas y compuestas. (ÁLVAR MARTÍN, 2015, pág. 13) El SBR: Es un copolímero de butadieno y estireno en el que el 25% de las unidades de estireno se dispersan arbitrariamente entre el 75% de las unidades de butadieno en las

cadena atómica. Este tipo de elástico se arregló por primera vez en Alemania en 1929. El SBR sin curar es soluble en la mayoría de los solventes de hidrocarburos. La vulcanización es más lenta en SBR que en el elástico normal y, en consecuencia, requiere todos los agentes de aceleración más notables. Alrededor del 70% del SBR es utilizado por el negocio de los neumáticos, este tipo de elástico es el más utilizado, esperando algo así como el 60% de la creación de elástico devorado, independientemente de si es normal o está diseñado. BR: El polibutadieno, tiene una adaptabilidad extremadamente alta, es el elástico principal fabricado con una adaptabilidad más notable incluso que la del elástico común, al mismo tiempo, la protección contra las manchas raspadas es extraordinaria y la adaptabilidad a baja temperatura es excelente. Por otra parte, sus principales restricciones son: baja adhesividad a sí mismo. Baja presión y desgarro de la oposición. La utilización de este elástico está restringida sin nadie más, este material se utiliza aún más de vez en cuando en mezclas con diferentes cauchos, por ejemplo, en el negocio de los neumáticos, donde fue tomado por sus características de protección contra manchas raspadas y baja edad de calor. (leipzig, pág. 2)

III. METODOLOGIA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

Tipo de investigación:

El tipo de investigación según explica, Hernández (2012) nos menciona que: “El diseño experimental es el control en la que se manipula de modo intencional, una o más variables independientes para examinar las consecuencias en las variables dependientes” (p. 33). Este proyecto contra del método específico experimental ya que se tendrá el control y dominio total de las variables independientes que son los aditivos los cuales causaran un efecto en la variable dependiente que es la sub-rasante, por medio de dicha investigación se obtendrán resultados de laboratorios en la subrasante natural y al agregarse los porcentajes de 2, 4 y 6 % de aditivos.

Diseño de investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2014.p.110). Un diseño experimental es un estudio que se realiza luego de comprender las características que se están investigando (variables, dependientes e independientes) y sus justificaciones específicas, entendiendo los factores que llevaron al problema. Esto indica que mi diseño de investigación es experimental ya que manipula la variable independiente y dependiente.

Nivel de investigación

El nivel de esta investigación como nos explica Hernández (2012) “El nivel de investigación explicativa es la que pretende explicar la causa efecto entre dos o más variables” (p. 72). La investigación refiere a un nivel explicativo debido a que además de dar una descripción determinada del tipo de material que posee, explica mediante los resultados que se obtendrán de qué forma logra mejorar el caucho y la cal las propiedades de la sub-rasante.

Enfoque de investigación

Enfoque cuantitativo ya que parte de una hipótesis a cuyo resultado se le dan valores números debido a que se calcula en cuanto mejora la plasticidad, la resistencia en cuanto aumenta y a su vez se ve el incremento de CBR el cual se representa en porcentajes en escala numérica. También se dice cuantitativo porque en todo se va realizar escala numérica en los procedimientos de los ensayos como

es el tamizado el porcentaje que pasa y retenido, el porcentaje de agregado para las dosificaciones calcular el tiempo de fraguado entre otros puntos que son calculados y representados por escala numérica.

3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Variable y operacionalización según, Borja (2012) menciona que: “Una variable es una propiedad cuya sustancia puede fluctuar y cuya variedad se puede estimar y observar de forma legítima o indirecta.” (p. 23). Para dicha investigación se tiene 3 variables, 2 independiente (cal y caucho) y 1 dependiente (sub rasante), en el caso de las independientes serán manejadas según los porcentajes de 4% y 6%. La variable dependiente será la sub-rasante puesto que esta dependerá del porcentaje de la cal y caucho que se le vaya a agregar para la alteración de sus propiedades físicas y químicas, las independientes serán la cal y caucho puesto que estas no se modificaran sino serán empleados para modificar las propiedades de la subrasante. Como anexo se mostrará la matriz de consistencia y la matriz de operacionalización de variable.

3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

LA POBLACIÓN: Es conocida como un conjunto o total de diversos grupos ya sean humanos, casas, carros, piedras, arboles, plantas, suelos, pavimentos, carreteras, etc. Una población está determinada por sus distintas características. Por no decir en otras palabras una población es un total de fenómenos a estudiar. Según Tamayo (1997) define que:

La población es el total o conjunto de objetos o sujetos de la misma clase que también es conocido como el universo de características iguales que da inicio de los datos de una investigación. Estas unidades de análisis deben ser analizadas para así determinar un conjunto de N unidades (pp.114).

En la presente investigación ya que este posee 2 unidades de análisis tendrá a la vez 2 poblaciones la cual estará conformado por las subrasantes de la AV. Canta Callao y la segunda será conformada por todos los pavimentos flexibles de la AV. Canta Callao.

LA MUESTRA: En general es la pequeña parte que es extraído de la población y esto depende del investigador la cantidad y las características. Esta muestra o pequeña parte de un universo es sacado de la población para trabajarse solo con

esta porción para luego generalizar y dar los resultados a la investigación. Según Castro(2003) define que:

La muestra es una parte de la población que se extrae la cual al poseer las mismas características nos dará unos resultados lo suficientemente adecuados para poder ejecutar el presente trabajo de investigación. La muestra está clasificada como la muestra probabilística y no probabilística. En la muestra probabilística todos los miembros del universo poseen la posibilidad de ser muestra que a su vez pueden ser una muestra sistemática, aleatorio simple o estratigráfico. En las muestras no probabilísticas los miembros de este grupo dependerán específicamente del investigador lo que esto significa es que no todos los integrantes de la población pueden ser muestra (pp. 91).

EL MUESTREO: Es la parte representativa de la población que nos otorgará las características del total de la población de estudio la cual nos permitirá conocer sobre la población y así poder obtener los resultados requeridos. Según Marphol manifiesta que:

El muestreo es una muestra y pueden ser muestreo probabilística o no probabilística, en el muestreo probabilístico permite conocer la posibilidad de que un elemento tiene para formar parte de la muestra y para esto se hace una selección al azar, pero en el muestreo no probabilístico para que un elemento pertenezca a la muestra deberá contar con ciertos criterios y características que el investigador lo considere necesario (2017, p. 2).

En la presente investigación de la misma forma que en la población se tomaran 2 tipos de muestras la primera será el terreno de fundación comprendido desde el Ovalo Canta Callao hasta Canta callao con los alisos en dicho sentido de carretera. Por otro lado, Pimienta define que: “Non-probabilistic sampling also known as the sampling model due to the type of selection that is arbitrary and convenient for the researcher who will choose it depending on certain criteria based on population variables” (2016, p. 4).

Teniendo ya en cuenta lo que es el muestreo se califica como un muestreo no probabilístico ya que estas fueron elegidas por el mismo investigador considerando ciertas características como para la sub rasante se eligió dos calicatas con una profundidad de 1.50m.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos: Son según el tipo de investigación que se vaya a realizar en este caso es un tipo de investigación científica el cual posee diversos instrumentos y técnicas de recolección de datos dependiendo al tipo y método de investigación ya que cada tipo de investigación tiene distintas técnicas e instrumentos. Según Muñoz define qué:

La investigación de enfoque cuantitativo utiliza por lo general las siguientes técnicas e instrumentos para hacer la recopilación de datos: entrevista, encuesta, observación sistemática, análisis de información o de contenido, grupos que realizan la discusión y grupos focales, prueba de rendimiento, ficha que sirven para hacer cotejos, experimentos, técnica proyectiva las famosas pruebas estadísticas (revista de metodología de la investigación, 2016, p. 5).

Ya conociendo las técnicas e instrumentos que se van a emplear en este tipo de investigación se hará uso de la técnica del experimento y se usará la técnica de observación.

La técnica de la observación es para que el investigador por medio de su criterio pueda realizar un análisis momentáneo de la situación en la que se encuentre. La participación y la observación del autor o del investigador de forma similar a los entornos visuales potencialmente con mucha mayor interacción y dinamismo que incluye la observación para que incluye la observación del autor. Según Orellana y Gómez (2015) define que:

Al momento de hacer la observación es de vital importancia anotar que el ambiente o el entorno virtual que con las situaciones se amplían la observación con el objetivo de que además de hacer una simple observación que con la ayuda de las tecnologías que añadan nuevos intereses sociales. En la investigación de enfoque cuantitativa este tipo de técnica es una técnica de mayor importancia para hacer la recopilación de datos (Revista educativa, p. 9).

Teniendo ya un concepto claro acerca de la técnica de observación se plantea que es de uso esencial ya que cuando se realizan los diversos tipos de ensayo se necesitará observar los cambios en la subrasante con las dosificaciones de la cal y el caucho para así poder obtener los resultados de la investigación con respecto al CBR si llega a mejorar o disminuye el CBR progresivamente con las dosificaciones en porcentajes de 4% y 6%.

La técnica del experimento es aquella que te da mayor confianza y precisión en el tema de la investigación ya que por este medio se comprueba mediante los ensayos la variación que pueda dar los resultados del laboratorio al igual que también este tipo de técnica experimental como parte de la ciencia de la construcción resultan costosos ya que los resultados son de suma importancia en el trabajo de investigación de un ingeniero civil. Según Hernández manifiesta que: En términos muy resumidos un experimento es un estudio o investigación donde se hacen la variación o la manipulación de manera intencional por el investigador a las variables independientes los cuales se analizan o se ven las consecuencias cuando las variables independientes influyen en las variables dependientes (Revista de educación metodológica, 2014, p. 5)

Teniendo en claro lo que es la técnica de experimento claramente se es indispensable el uso de la misma debido a que es de diseño experimental lo cual hace necesario la manipulación de las variables independientes que son la cal y el caucho en la incorporación de la variable dependiente que es la subrasante para que de esta forma se puedan comprobar las hipótesis por medio de los ensayos establecidos en la matriz de operacionalización de la variable.

Los instrumentos de recolección de datos, para realizar dicha recopilación de datos como la encuesta o cuestionario, basado en conocimientos de expertos, profesionales y colegiados en la rama de la ingeniería civil para resultados más confiables y según el criterio que este necesite. Dichos instrumentos se usan para diversos tipos de investigación y para cada tema de investigación se empleará distintos instrumentos de recolección. Según la definición de Cárdenas:

Se considera un instrumento de medición a los instrumentos que ayudan a la recopilación de información debido a que los resultados del proyecto de investigación dependen de ello para lo que cada instrumento debe ser adecuado o

empleado de manera consiente por el investigador ya que después de ser aplicado cada instrumento serán procesados para dar resultados y conclusiones (2014, p. 4). Teniendo claro sobre los instrumentos de recolección que se emplearan en este proyecto de investigación será los diversos ensayos ya establecidos en la matriz de operacionalización de la variable asíéndose uso de las técnicas de la observación y el experimento ya que en la sub-rasante se hará uso de estabilizadores para ver su reacción y a la vez el incremento o descenso del CBR que este posea y así comprobar dichas hipótesis también establecidas.

La validez, un proyecto de investigación de método científico es un test que indica la exactitud del nivel que mide un instrumento y lo que pretende medir es decir una investigación es válido si el instrumento que se está empleando mide solo lo que se pretende medir que por lo general es la cualidad más resaltante o importante. Según la definición de Corral:

La validez es la interrogante a la siguiente pregunta ¿Qué relación hay entre la población y el universo según a lo que se va medir? Por ello la validez es conocido como un instrumento que solo debe medir aquello que se quiere medir. Al realizar la validez de un escenario se debe conocer muy bien las características, los rasgos que se quiere investigar a lo que a estos rasgos o características es conocido con el nombre de variables (2013, p. 3).

Conociendo que la validez hace mención a que los instrumentos utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación sean válidos en esta caso será corroborados por 3 ingenieros civiles colegiados , los cuales aran mención a los ensayos a realizar que será: Límites de atterberg, Proctor modificado, Granulometría y Relación de Soporte California posteriormente de realizarse dichos ensayos el encargados de darle validez a los ensayos realizados será el ingeniero especialista en el laboratorio firmando la certificación de los ensayos realizados.

La confiabilidad en una investigación es de suma importancia ya que se encargaré de medir la fiabilidad de un instrumento el cual no debe tener error o debe estar libre de discordancia. Es decir que la confiabilidad debe asegurarnos que al medir las veces que sean necesarias los resultados deben ser iguales o similares lo cual dará estabilidad en el instrumento de medición sin importar que o quien lo mida. Según la definición de Solano y Uzcategui (2017):

La confiabilidad hace referencia a una investigación de medición, la medición del instrumento está a una escala esto debe funcionar de manera igual o similar en cualquier situación y lugar solo debe depender de que sea el mismo instrumento que se está usando ya que de este depende la medición sin embargo se puede asegurarse que la confiabilidad de un instrumento debe ser un error al generarse una inestabilidad en la aplicación y en diferentes ocasiones (Artículo científico, p. 3).

Teniendo en cuenta la definición de confiabilidad se realizará los instrumentos que se emplearan para obtener los resultados de la investigación cerciorándose que estos se encuentren en buen estado, se revisara la certificación de los mismos instrumentos, así como también la calibración en los q estoy se encuentren ya que de presentarse la más mínima discordancia en dichos instrumentos esto afectaría de manera inmediata a los resultados de la investigación.

3.5 PROCEDIMIENTO

El procedimiento en la investigación titulada Aplicación de la cal y el caucho para la mejora de la sub rasante en la Av. Canta Callao- 2020 la cual se planteó el problema general ¿De qué manera influye la aplicación de la cal y el caucho en la sub rasante de la AV. Canta Callao- 2020? seguidamente se planteó los objetivos y la hipótesis, Para sacar los resultados en el desarrollo del proyecto de investigación, también para dar como resultados al proyecto de investigación se tiene que hacer ensayos en el laboratorio, para este trabajo de investigación se cotizó en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, sin embargo también se debe realizar calicatas para sacar las muestras de la sub rasante y realizar vigas y probetas para los ensayos que se van a realizar del concreto.

Como procedimiento general se tomará muestras de las calicatas a realizar en el presente proyecto para calcular el contenido de humedad que estos posean, luego pasaran por el análisis granulométrico el cual por medio del tamizado se obtendrá muestras finas para los límites de Atterberg y por medio de ello se clasificara el suelo según los métodos SUCS y AASHTO, seguidamente se realizara la compactación del suelo por medio del ensayo Proctor Modificado para el cálculo de la M.D.S. y O.C.H. y para culminar se realizará el ensayo CBR para determinar la resistencia del suelo natural. Luego se realizaran los ensayos con la adición de la cal y el caucho partiendo de los límites de Atterberg para observar de qué manera afecta su plasticidad del suelo, posteriormente se realizara la compactación con el Proctor Modificado con las adiciones de la cal u el caucho en porcentajes de 2%, 4% y 6% para apreciar el cambio de la M.D.S y el O.C.H y finalmente se realizara el ensayo de CBR para ver que tanto favorece o desfavorece la edición de la cal y el caucho en la resistencia del terreno tratado.

3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Este punto será de suma importancia ya que se describirán los procesos o estudios a los cuales serán sometidos los datos recolectados por medio de los instrumentos o técnicas. Según García manifiesta que:

Los métodos de análisis de datos es una metodología de descubrimiento del uso. Conocimiento del desarrollo de un trabajo o un proyecto de investigación y en algunos casos estas técnicas son genéricas. En general este método destaca porque involucra un proceso iterativo buscando parámetros y patrones, en mayoría de los casos estos son innovadores y nuevos y potencialmente útiles para la sociedad por lo que es necesario hacer la evaluación de la validez, la confiabilidad y el simple entendimiento de los patrones que se obtendrán por lo que se debe tener en cuenta que el objetivo principal de un estudio es incorporar el conocimiento adquirido al alcance de los demás para ello estos conocimientos deben de ser reales (2014, p.2).

Tabla 12: Procedimiento de Ensayos

Numero	Nombre de ensayo	Duración	Proceso (forma en la que se realizara)
1	Límite liquido	1 semana	<p>El ensayo para la obtención del límite liquido se efectúa en el laboratorio de acuerdo a la norma UNE-103-103-94 el cual normaliza el procedimiento de casa grande se efectúa usando por medio de la copa metálica que se deja caer sobre una superficie dura de caracteres específicos se parte de una muestra alterada de suelo cuarteándola para obtener aproximadamente 200 gr de su fracción fina luego en una bandeja se introduce la muestra en un horno el tiempo necesario para su secado de manera que se pueda desmenuzar completamente luego de eliminar el líquido que este contiene se pasa a colocar en una bandeja de mayor tamaño y se comienza a pulverizar con una maza de goma cuidando de no eliminar los granos individuales posteriormente se pasa por el tamiz número 40 para obtener una fracción más fina incluso que la arena y con esta se realizara el ensayo luego con ayuda del agua destilada y una espátula se comienza a homogeneizar para llegar casi a su límite liquido inicial pero menor se deja reposar por 2 h protegida de la desecación luego se vierte una cantidad en la cazuela de casa grande formando una superficie liquida y enrazada con la espátula con aproximadamente 10 ml de grosor y con ayuda del acanalador se realiza un surco dependiendo del suelo (en pocos plásticos el acanalador hueco de Orange y en suelos turbosos acanalador ASTM) posteriormente se realizan los golpes de 2 veces por segundo con un metro de altitud en</p>

			<p>copa de casa grande hasta que los labios del surco se unan en una distancia de 13 ml la humedad se obtiene por medio de una termo Balza (el cual indica el peso seco y contenido de humedad de la muestra) la cual se usa luego de la unión de estos se realiza 2 veces con golpes menores a 35 golpes de tal forma que un ensayo cierren en menos de 25 golpes y otro mayor a 25 golpes si llega a superar estos golpes se agrega más agua y homogeniza para generar la unión de los mismos en el segundo ensayo se echa una cantidad similar de agua de forma que se cierre a una cantidad diferente de golpes posteriormente los 2 resultados a un grafica en el que ser %de humedad vs número de golpes en una escala logarítmica, el grafico está atravesado en una recta proba listica con una pendiente de -0,117 se traza una paralela a la misma y el límite liquido requerido es en la intercepción con 25 golpes de dicha gráfica.</p>
2	Límite Plástico	1 semana	<p>Este ensayo se realiza colocando 20gr de la muestra extraída, secada al aire que haya pasado por el tamiz número 40 en un plato de porcelana y se mezcla con espátula agregando agua destilada de un frasco lavador y homogeneizar, pesar la lata de humedad para tener como dato, de la muestra homogeneizada con agua hacer 2 bolitas con la mano en el vidrio de pulido, posteriormente se ase rollitos con las bolas de mezcla en el vidrio alrededor de 80veces por minuto cuando el rollito alcance 1/8 de pulgada se divide en varias partes luego se le da forma de cilindro con la palma de la mano posteriormente repite los pasos anteriores con los retazos hasta q el rollo alcance 1/8 de pulga puede ser que este sucumba más la medida anterior , si se agrieta antes de 1/8 de pulgada de diámetro se agrega más agua de a pocos y se vuelve a empezar el rollo,</p>

			pero si se hace más fina que 1/8 de pulgada se le ase bola en la palma de la mano para quitar humedad, cuando este se agrieta al tomar 1/8 de pulgada es cuando la muestra llega a su límite plástico por ello se toma el contenido de humedad, luego la muestra se coloca en la lata de humedad para tener la muestra del límite plástico obtenido.
3	Índice de Plasticidad	1 semana	Se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.
4	Ensayo Proctor modificado	1 semana	La muestra del tamiz N°4, 3/8" o 3/4" dependiendo del método que se va usar ya se (A, B o C) determinar el contenido de agua, preparar 5 especímenes con un contenido de agua lo más cercano posible al óptimo estimado, el espécimen que tenga una humedad más cerca al óptimo deberá ser usado primero (se sabrá que es muy cercano al óptimo con la práctica por eso este ensayo será realizado con un experto en el área). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes para que resulten 2 especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua. Para definir la curva de compactación como mínimo se necesita dos contenidos de agua en el lado húmedo y seco para que esto sea definido. Usar un aproximadamente de 5 kg de suelo ya tamizado en cada espécimen que se compactara empleando el método A o B o 5.9 kg para emplear el método C para obtener el contenido de agua de cada espécimen se debe añadir una cantidad requerida de agua. Si la muestra se encuentra muy húmedo se debe reducir el contenido de agua hasta que el material sea el adecuado para realizar el secado puede ser al aire libre o con el uso de un aparato a una temperatura de 60°C para disgregar el material y evitar moldear las partículas individuales, el material debe

			<p>pasarse por el tamiz N°4, 3/8# o 3/4" para realizar el proceso de compactación con un molde 6", se debe preparar un mínimo de 4 especímenes y se debe usar un aproximadamente de 2.3 kg de muestra para cada espécimen dependiendo de k método se va usar para el método C añadir una cantidad requerida de agua para que el contenido de agua de la muestra mencionada tenga los valores ya descritos. Para el proceso de compactación se debe de determinar y anotar la masa o el peso del molde y el plato que se va usar de base, asegura y ensamblar el molde en el collar del plato que se va usar como base. Poner el espécimen sobre el molde y compactar en 5 capas y cada capa deberá tener el mismo espesor y uniforme y esto se debe nivelar antes de la compactación para que no esté esponjoso usando el pisón de 2" de diámetro. Cada capa se debe compactar con 25 golpes para el molde de 4" o 56 golpes para el molde de 6". Después de la compactación de la última capa se debe remover el collar y el plato que se usó como base, el cuchillo se debe usar para sacar el suelo adyacente al collar, cuidadosamente se debe enserar el espécimen compactado, luego registrar la masa de la muestra o espécimen y del molde con aproximación a los gramos, obtener un espécimen para para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen y luego se debe quebrar para facilitar el secado. Luego de la compactación comparar los pesos unitarios húmedos para asegurarnos de la obtención de datos para cada peso unitario seco para platear el peso unitario húmedo y el contenido de agua en cada espécimen compactado. Un valor de contenido de agua que es mayor que el contenido de agua definido por el máximo peso unitario húmedo para graficar el máximo peso</p>
--	--	--	--

			unitario seco vs el óptimo contenido de agua. Con este ensayo se obtendrá la compactación del suelo.
5	Ensayo de granulometría	1 semana	Se cuarte 500 gr aproximadamente de la muestra extraída esta se muestra se pesa y se coloca en un horno de aproximadamente 110 +/- 5grados por 24 horas aproximadamente para secarla luego del secado y pesada se agrega agua en la tara y se coloca en el tamiz número 200 se lava la muestra manipulándolo ligeramente con la mano hasta que el agua que pase por el tamiz sea clara luego se coloca en el horno nuevamente con 110 +/- 5 grados aproximadamente por 24 horas posteriormente se pesa para obtener el peso de los finos para realizar el en ensayo de granulometría con los tamices para apreciar el porcentaje retenido en cada tamiz para saber qué porcentaje pasa en cada malla.
6	Ensayo CBR	1 semana	Principalmente se determina el óptimo contenido de humedad y la densidad máxima seca de las muestras mediante el ensayo del Proctor modificado o el Proctor estándar, luego se procede a añadir agua a la muestra para alcanzar el óptimo contenido de humedad, compactar la muestra en tres distintos moldes CBR y estos moldes deben estar estandarizados de 17.78 cm de altura 15.24 cm de diámetro y esta muestra será compactado en tres capas por molde y la energía de compactación de cada molde de 15,30 o 60 golpes por capa con una masa que pesa 2.5 kg que se deja caer de una altura 305 mm libremente, luego se enrasa el molde, se hace desmonte y nuevamente se monta de manera invertido, en seguida los moldes que se hicieron se sumerge al agua, la colocación de la placa y el material llamado vástago de la misma manera que los pesos

			<p>nos de suma importancia para calcular la sobre carga, luego colocar el trípode sobre el borde del molde y esto debe coincidir con el vástago del micro comparador, las medidas se deben tomar diariamente del micro comparador por 4 días consecutivas, luego se seca la muestra que se sumergió al agua, luego e aplica una carga sobre el pisón de penetración y estos es mediante la prensa CBR y se deben tomar las lecturas de la curva que se obtiene que es la curva de presión y penetración ya una vez que se terminó de realizar los ensayos los resultados se deben presentar en una gráfica de densidad seca, también el índice CBR y se debe mostrar los datos que se obtuvo en la compactación, densidad, humedad, absorción e hinchamiento con el presente ensayo se obtendrá la calidad desuelo.</p>
--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia

3.7 ASPECTOS ÉTICOS

Es el punto donde se ve la honestidad del investigador al realizar su trabajo basado en su responsabilidad y esfuerzo. Según Acevedo manifiesta que:

Los aspectos éticos en un proyecto de investigación son de suma importancia debido a que mediante el escrito se demuestra las normas, declaraciones que se usan en el mundo de los diversos progresos que aportan conocimiento en el día a día para los diversos avances de la sociedad, en una investigación de tipo aplicada todos en general hacen el uso de estos avances como bien es cierto el propósito de cada ser humano es en el entorno donde reside (2012, p.3)

En la presente investigación realizado se necesitó bastante dedicación e importancia hacia el tema en relación, el cual se trabajó de manera constante y dedicación de tiempo así como también sacrificio para alcanzar una meta propuesta que es la titulación de la carrera a su vez la motivación fue un motor importante para el comienzo y desarrollo de este proyecto las ganas de superación, investigación e innovación por lo mismo que se requiere disciplina, disciplina, normas, reglas, exigencias y la honestidad que fue el factor de reconocimiento y aceptación de los conocimientos recolectados de proyectos de investigación anteriores para armar los antecedentes para lo cual se usó como fuente principal el manual ISO.

IV.RESULTADOS

Ubicación Geográfica

Nombre del proyecto:

La presente tesis tiene por título “Aplicación de la cal y el caucho para la mejora de la sub rasante en la Av. Canta Callao-2020”

Ubicación de la Zona de estudio:

La presente tesis se realizó en la provincia del Callao, ubicada específicamente en la prolongación de la Av. Canta Callao, cuya coordenada es 11°59'16.0"S con 77°06'31.6"W con una elevación de 235 msnm ubicada exactamente entre las progresivas 000 + 800 hasta la progresiva 1 +800.

El objetivo de la presente tesis es Determinar la influencia de la adición de la cal y caucho en porcentajes de 4% y 6%, en el mejoramiento de la estabilidad del suelo para su uso como sub rasante en las vías de acceso de la Av. Canta Callao– 2020.

El área de influencia de la presente tesis, se encuentra ubicada en:

Región : Lima.
Departamento : Lima.
Provincia : Lima
Región Geográfica: Costa.
Distrito : San Martín de Porres

El Distrito de San Martín de Porres posee un total de 333.039 habitantes con una densidad de 960.1 hab/km² es uno de los distritos más extensos de la provincia de Lima, la población va en crecimiento con respecto a años anteriores, el distrito limita por el sur con el distrito de Comas, por el norte con el distrito de Santa Rosa de Quives, por el este con el distrito de San Juan de Lurigancho y por el este con el distrito de Puente Piedra

Localización geográfica del Proyecto



Figura 23. Ubicación de la provincia del Callao en el mapa de Lima Metropolitana

Accesibilidad a la Zona de Estudio:

Para llegar al área de intervención, partiendo desde la Plaza Bolognesi con rumbo Norte, se toma la Av. Alfonso Ugarte con dirección al norte, llegando a la Plaza Dos de Mayo; de ahí pasando hasta el ovalo Caquetá tomamos la salida hacia la Panamericana Norte siguiendo de frente hasta llegar al cruce con la Av. Universitaria, llegamos al inicio del cruce de la Av. Canta Callao con la Panamericana Norte, hacemos recorrido toda la Av. Canta Callao que inicia en el distrito de Los Olivos hasta llegar al cruce con la Av. Universitaria, a partir del cruce se inicia el área de estudio de la presente tesis.

Estado actual de la zona del proyecto:

La vía en estudio tiene las mismas características a lo largo del kilómetro y medio en estudio, por lo que, a continuación, para un mejor análisis se describe el tráfico actual que generalmente está compuesto por el tráfico de carga pesada que es el que existe

actualmente, tiene un crecimiento vegetativo, el tráfico que actualmente existe en la zona es el que deriva de los vehículos de carga pesada que circulan permanentemente acareando material de construcción de las canteras que existen en el margen del río Chillón y por la comercialización de productos de primera necesidad.

Trabajo de Campo

Ubicación de las calicatas

Se realizaron 02 calicatas dentro del kilómetro y medio que comprende el estudio de la presente tesis, a cada uno de las calicatas se le asignó un código para reconocer objetivamente cada una de ellas, C-01 y C-02.

Cada una de las calicatas se realizó a cada 500 m. una tras otra tal como lo indica el manual de carreteras y pavimentos del MTC, la calicata C-01 se encuentra ubicada en la progresiva 000+ 800, la segunda calicata C-02 se encuentra ubicada en la progresiva 1+300 en virgen del rosario, las cuales se desarrollaron respetando los procesos, procedimientos, normas y reglamento que están vinculadas a los ensayos de materiales, de modo que se realice los ensayos con objetividad.

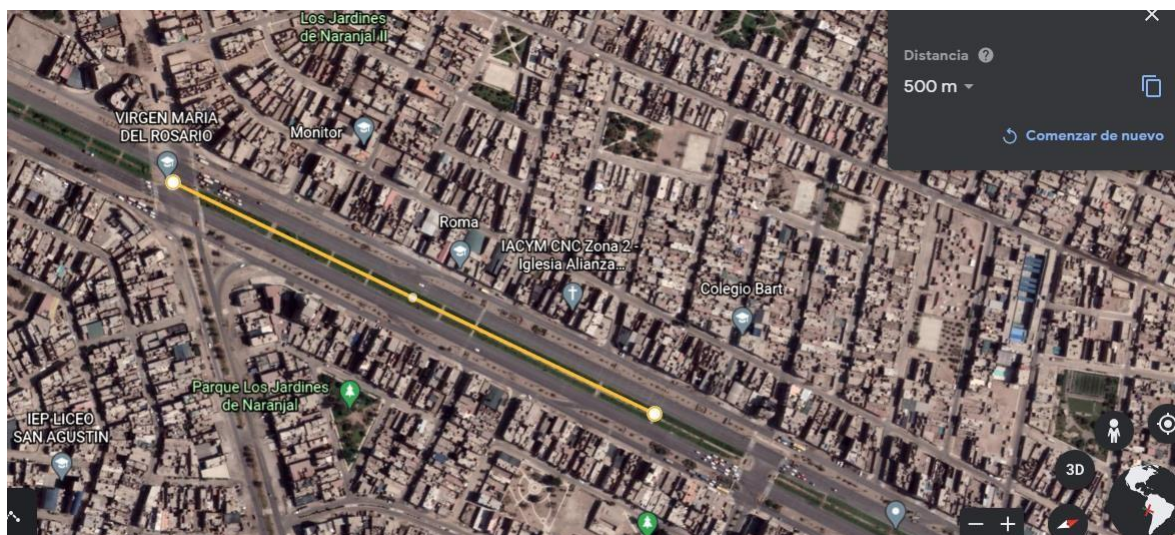


Figura 24. Ubicación de las calicatas C-01 y C-02.

Se determinó realizar los ensayos de laboratorio con la muestra obtenida en la calicata CS-01, esto debido a que se encuentra ubicada favorablemente en nuestra zona de estudio y cumple las mismas condiciones, características y propiedades físicas que las dos próximas calicatas CS-01

Tabla 13: Ubicación y descripción técnica de las calicatas

Calicata	Progresiva	Profundidad	Lado	Coordenada
CS-01	0 + 800	1.5	DERECHO	77°01'13.76"O
CS-02	1 + 300	1.5	DERECHO	77°01'02.40"O

Fuente: Elaboración propia.

4.1 RESULTADOS

Se realizó 01 ensayos de granulometría (NTP 339.132, 2014) de la muestra de suelo de la calicata con código CS-01 para determinar su clasificación granulométrico de las partículas de la que está compuesta la muestra, se realizó la clasificación de suelos mediante el sistema AASTHO (NTP 339.135, 2014) y SUCS (NTP 339.134, 2014), así mismo se realizó 01 ensayo de límites de Atterberg para determinar el índice de plasticidad de la muestra de suelo en estado natural de la calicata CS – 01, dentro de este ensayo se realizó el análisis y estudio de límite líquido (MTC E-110, 2016) y límite plástico (MTC E-111, 2016) de las cuales se obtuvo el índice de plasticidad, si mismo se realizó el ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de del suelo (MTC E-113, 2016), seguidamente se realizó el ensayo para determinar el material que pasa por el tamiz N° 200 por el método “A” (NTP 339.132, 2014), de del mismo modo se realizó 05 ensayos de Proctor Modificado (MTC E-115, 2000) para determinar su máxima densidad seca y su humedad natural, se ensayara a la muestra, 01 ensayo de la muestra en estado natural, 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 4% de cal , 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 6% de cal, 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 4% de caucho , 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 6% de caucho , del mismo modo se realizara 05 ensayos de CBR (MTC E-132, 2000) para determinar su capacidad de resistencia del suelo se ensayará a la muestra, 01 ensayo de la muestra en estado natural, 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 4% de cal , 01 ensayo de la muestra

de suelo con adición del 6% de cal , 01 ensayo de la muestra de suelo con adición del 4% de caucho y 01 ensayo con muestra de suelo con adición de 6 % de caucho, los ensayos se realizaron en el laboratorio de WRC INGEO S.A.C.

La muestra de suelo CS-01 fue empleado para el desarrollo de la presente tesis fue tratada con mucho cuidado al momento de su manipulación de modo que esta no altere los resultados, el estudio se realizó respetando los parámetros establecidos dentro de la normas y los reglamento que definen los procedimientos estandarizados, los ensayos a la muestra de suelo se realizaron en el laboratorio de WRC INGEO S.A.C, cuyo resultado obtenido de los ensayos en laboratorio ha logrado analizar detalladamente cada uno de las características y propiedades de la muestra de suelo arcilloso obtenidas de la calicata con código CS-01.



Figura 25. Ensayos de la muestra CS-01 en laboratorio.



Figura 26. Ensayos de la muestra CS-01 + dosificaciones (ensayos).

Granulometría ASTM 422

En primer orden se llevó a cabo el ensayo de análisis granulométrico por tamizado (ASTM-422, MTC E 107, NTP 339.134-2014), este ensayo determino cuantitativamente las características físicas de las partículas que compone la muestra de suelo CS-01 en estado natural, clasificándolo y separándolo de acuerdo a su tamaño, se emplearon mallas de diferentes dimensiones de modo que estas determinaron el tamaño de las partículas.

Tabla 14: Granulometría de la muestra de la calicata M-01 en estado natural

Granulometría M-01			
Tamiz #	mm	% retenido	% que pasa
3"	76.200	0.0	100.00
2"	50.800	0.0	100.00
3/4"	19.000	0.0	100.00
3/8"	9.600	0.0	100.00
N°4	4.760	0.0	100.00
N°10	2.000	0.9	99.06
N°40	0.420	5.9	94.11
N°200	0.074	53.1	46.85
PASA N°200		100.0	00.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 que comprende al análisis granulométrico por tamizado de la muestra de suelo de la calicata M-01, donde se puede observar que el porcentaje de las partículas que pasa por el tamiz N°200 es del %, la cual indica que la muestra cumple con los requerimientos estandarizados en la norma ASTM 422 – MTC 107 y norma NTP 339.132 - 2014, se considera como un A-4.

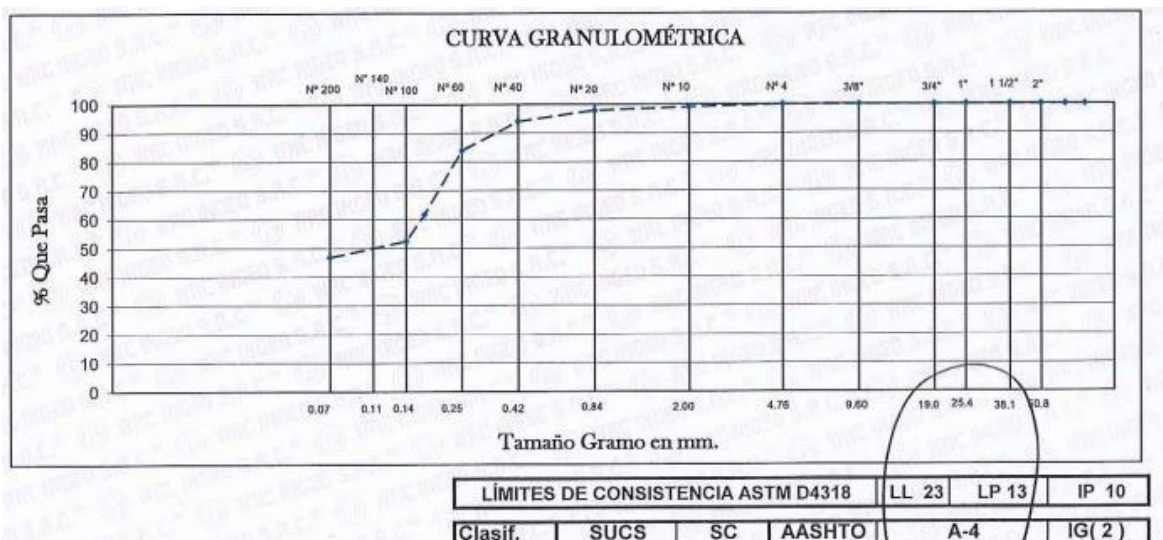


Figura 27: resultados granulométricos

En la tabla 27 que comprende al análisis granulométrico por tamizado de la muestra de suelo de la calicata CS-01, donde se puede observar que el porcentaje de las partículas que pasa por el tamiz N° 200 es del 46.85 %, la cual indica que la muestra de suelo de la calicata CS-01, cumple con los requerimientos estandarizados en la norma ASTM 422 y norma NTP 339.132 - 2014, que indica que menos del 50 % de finos deben pasar por el tamiz N° 200 para considerarse como Arenas según su clasificación.

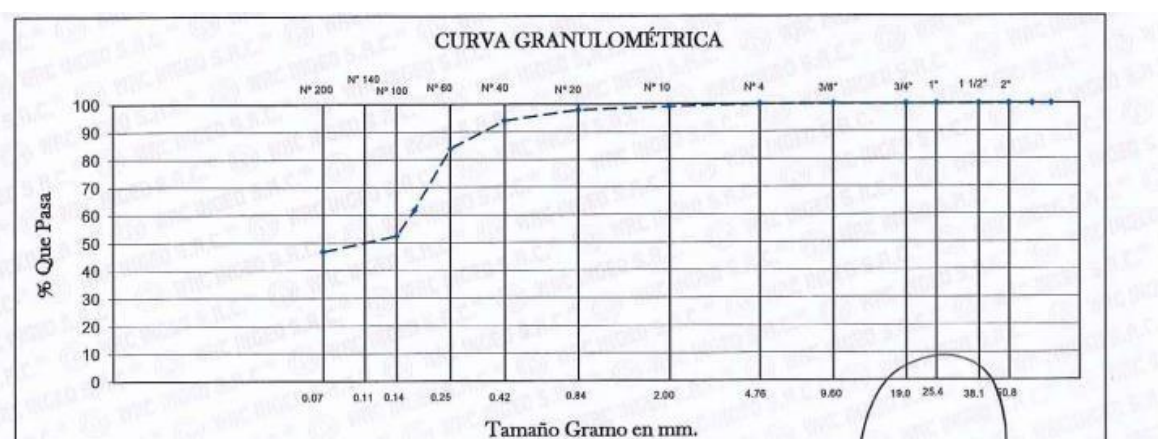


Figura 28: Curva de la granulometría de la muestra de la calicata CS-01 en estado natural.

De acuerdo a la figura 28 se observa que por el tamiz >2", N° 2", N° ¾", N° 3/8" y N° 4 y N° 10" el porcentaje de partículas que pasa es el 100% desde dicho punto como

inicio de curvatura, en el tamiz N° 20 el porcentaje de partículas que pasa es del 98 %, en el tamiz N° 40 el porcentaje de partículas que pasa es del 95 % y en el tamiz N° 200 el porcentaje de partículas que pasa es del 45%, los requisitos establecidos en las normas ASTM 422I indica que menos del 50 % de finos deben pasar por el tamiz N° 200 para considerarse como Arena Sc (arena arcillosa) por tanto la muestra CS – 01 ensayada en laboratorio es suelo Arena Arcillosa.

De la muestra de suelo CS – 01 ensayada en laboratorio se determinó la clasificación de suelo mediante el sistema SUCS (NTP 339.134-2014) y AASHTO (NTP 339.135-2014) la cual como resultado estableció como signo convencional SC en el sistema de clasificación de SUCS y como resultado estableció como signo convencional A-4 en el sistema AASHTO, de ese mismo modo se pudo calcular el contenido de humedad de la muestra CS-01 en estado natural, tal como podemos observar en la figura 27.

Tabla 15: Resultado de clasificación SUCS, AASHTO y contenido de humedad de la CS-01.

Muestra	Progresiva	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de humedad
CS -01	000 + 800	SC-SM	A-4	8.6 %

Fuente: Elaboración propia.

Límite de Atterberg ASTM 4318

Se realizó a la muestra de suelo CS-01 los ensayos de Límites de ATTERBERG (ASTM D4318, MTC E 1090 - 2000), para poder determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad, estos resultados obtenidos en el ensayo es de gran importancia para poder determinar la clasificación del suelo en estudio, de modo que, se pueda determinar y conocer sus características físicas y mecánicas para poderlas mejorar, en la tabla 16 se observa los resultados delo ensayo de límites de Atterberg, el resultado de la muestra ensayada determino que el límite líquido de la muestra CS-01 es de 23%, el límite plástico es del 13% de modo que la diferencia de ambas nos

dio como resultado que el índice de plasticidad es del 10% por lo que corresponde según la clasificación de suelos a un suelo Arena arcilloso que está en el rango de $IP \leq 20$ a $IP > 7$ determinado con una plasticidad media.

Tabla 16: Límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° DE GOLPES	17	22	27		
N° DE TARRO	3	15	4	4	5
PESO HUMEDO TARRO(g)	34.5	33.5	36.6	17	16.4
PESO SECO TARRO(g)	29.25	28.63	31.5	16.1	15.7
PESO DE TARRO(g)	8.5	8.3	8.9	9.7	9.4
PESO DE AGUA(g)	5.25	4.87	5.1	0.9	0.7
PESO DE SUEL SECO(g)	20.75	20.33	22.6	6.4	6.3
% DE HUMEDAD	25.3	24	22.6	14.4	11.1
	LL=23		LP=13	IP=10	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Resultado de límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01.

Muestra	Progresiva	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
CS -01	000 + 800	23 %	13 %	10 %

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó a la muestra de suelo CS-01 +4% de cal los ensayos de Límites de ATTERBERG (ASTM D4318, MTC E 1090 - 2000), para poder determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad se repitieron múltiples veces con diferentes dosificaciones en este caso la primera en implementarse desde los límites de Atterberg fue la dosificación entre el suelo natural y el 4% de la cal para ver la manera en la que influye en la plasticidad , de la muestra CS-01 + 4% de cales de 22%, el límite plástico es del 12% de modo que la diferencia de ambas nos dio como resultado que el índice de plasticidad es del 10% por lo que corresponde según la clasificación de suelos a un suelo Arena arcilloso que está en el rango de $IP \leq 20$ a $IP > 7$ determinado con una plasticidad media.

Tabla 18: Límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01+4% de cal

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	17	22	27		
N° DE GOLPES	17	22	27		
N° DE TARRO	3	15	4	4	5
PESO HUMEDO TARRO(g)	34.2	33.1	36.2	16.9	16.36
PESO SECO TARRO(g)	29.1	28.41	31.4	16.1	15.68
PESO DE TARRO(g)	8.5	8.3	8.9	9.7	9.4
PESO DE AGUA(g)	5.1	4.69	4.8	0.8	0.68
PESO DE SUEL SECO(g)	20.6	20.11	22.5	6.4	6.28
% DE HUMEDAD	24.8	23.3	21.3	12.5	10.8
	LL=22		LP=12	IP=10	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Resultado de límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01 + 4% de cal

Muestra	Progresiva	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
CS -01	000 + 800	23	13	10

Fuente: Elaboración propia.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	22	27	4	5
Numero de Golpes	17	22	27		
Numero de Tarro	3	15	4	4	5
Peso humedo + Tarro (g)	34.20	33.10	36.20	16.90	16.36
Peso seco + Tarro (g)	29.10	28.41	31.40	16.10	15.68
Peso de Tarro (g)	8.50	8.30	8.90	9.70	9.40
Peso de agua (g)	5.10	4.69	4.80	0.80	0.68
Peso de suelo seco (g)	20.60	20.11	22.50	6.40	6.28
% de Humedad	24.8	23.3	21.3	12.5	10.8
	LL = 22			LP = 12	
				IP = 10	

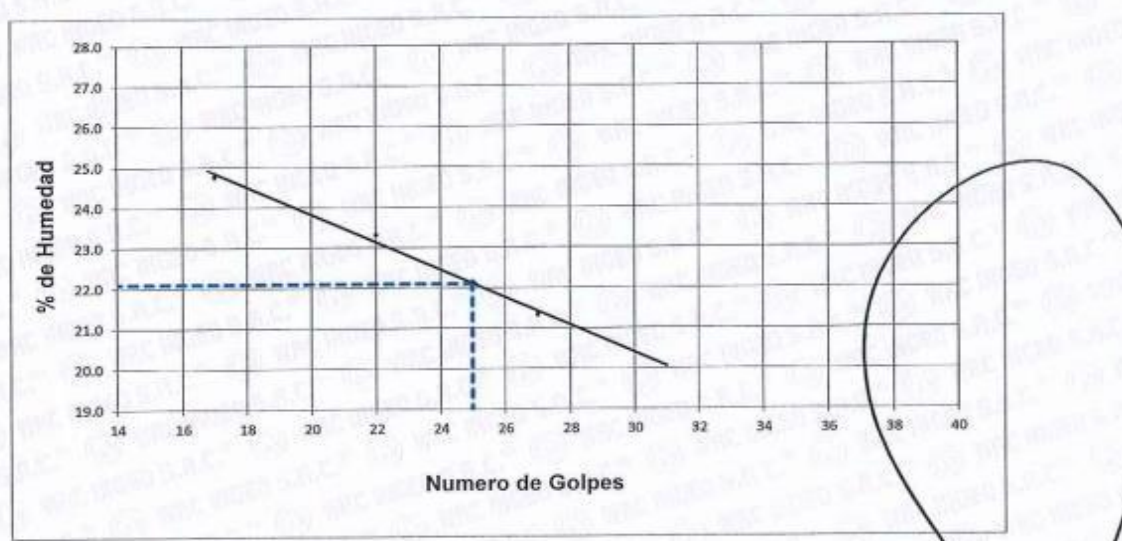


Figura29: porcentaje de humedad vs N° de golpes con 4% de cal

Se realizó a la muestra de suelo CS-01 +6% de cal los ensayos de Límites de ATTERBERG (ASTM D4318, MTC E 1090 - 2000), para poder determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad, estos resultados obtenidos en el ensayo es de gran importancia para poder determinar la clasificación del suelo en estudio, de modo que, se pueda determinar y conocer sus características físicas y mecánicas para poderlas mejorar, en la tabla 20 se observa los resultados delo ensayo de límites de Atterberg, el resultado de la muestra ensayada determino que el límite líquido de la muestra CS-01+6% de cal es de 16%, el límite plástico es del 10% de modo que la diferencia de ambas nos dio como resultado que el índice de plasticidad es del 6% por lo que corresponde según la clasificación de suelos a un suelo Arena arcilloso que está en el rango de $IP \leq 20$ a $IP > 7$ determinado con una plasticidad baja.

Tabla 20: Límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01+6% de cal

	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	17	22	27		
N° DE GOLPES	17	22	27		
N° DE TARRO	3	15	4	4	5
PESO HUMEDO TARRO(g)	34.4	32.7	36.0	16.9	16.36
PESO SECO TARRO(g)	30.4	29.15	32.4	16.25	15.75
PESO DE TARRO(g)	8.5	8.3	8.9	9.7	9.4
PESO DE AGUA(g)	4.00	2.55	3.6	0.65	0.61
PESO DE SUEL SECO(g)	21.9	20.85	23.5	6.55	6.35
% DE HUMEDAD	18.3	17.00	15.3	9.9	9.6
	LL=16		LP=10	IP=6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Resultado de límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01+6% de cal.

Muestra	Progresiva	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
CS -01	000 + 800	16	10	6

Fuente: Elaboración propia.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	22	27	4	5
Numero de Golpes	17	22	27		
Numero de Tarro	3	15	4		
Peso humedo + Tarro (g)	34.40	32.70	36.00	16.90	16.36
Peso seco + Tarro (g)	30.40	29.15	32.40	16.25	15.75
Peso de Tarro (g)	8.50	8.30	8.90	9.70	9.40
Peso de agua (g)	4.00	3.55	3.60	0.65	0.61
Peso de suelo seco (g)	21.90	20.85	23.50	6.55	6.35
% de Humedad	18.3	17.0	15.3	9.9	9.6
	LL = 16			LP = 10	
				IP = 6	

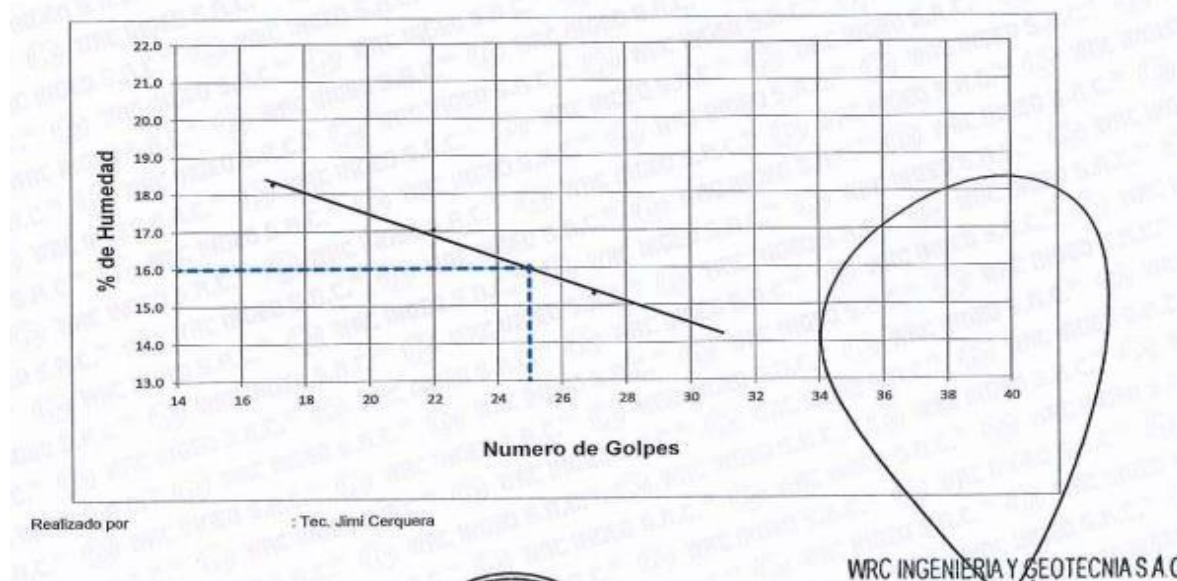


Figura 30: porcentaje de humedad vs N° de golpes con 6% de cal

Se realizó a la muestra de suelo CS-01 + 4% de caucho los ensayos de Límites de ATTERBERG (ASTM D4318, MTC E 1090 - 2000), para poder determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad, estos resultados obtenidos en el ensayo son de gran importancia para poder determinar la clasificación del suelo en estudio, de modo que, se pueda determinar y conocer sus características físicas y mecánicas para poderlas mejorar, en la tabla 22 se observa los resultados de los

ensayo de límites de Atterberg, el resultado de la muestra ensayada determino que el límite líquido de la muestra CS-01+ 4% de caucho es de 22%, el límite plástico es del 12% de modo que la diferencia de ambas nos dio como resultado que el índice de plasticidad es del 10% por lo que corresponde según la clasificación de suelos a un suelo Arena arcilloso que está en el rango de $IP \leq 20$ a $IP > 7$ determinado con una plasticidad media.

Tabla 22: Límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01+4% de caucho

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	17	22	27		
N° DE GOLPES	17	22	27		
N° DE TARRO	3	15	4	4	5
PESO HUMEDO TARRO(g)	34.2	33.1	36.2	16.9	16.36
PESO SECO TARRO(g)	29.1	28.41	31.4	16.1	15.68
PESO DE TARRO(g)	8.5	8.3	8.9	9.7	9.4
PESO DE AGUA(g)	5.1	4.69	4.8	0.8	0.68
PESO DE SUEL SECO(g)	20.6	20.11	22.5	6.4	6.28
% DE HUMEDAD	24.8	23.3	21.3	12.5	10.8
	LL=22		LP=12	IP=10	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Resultado de límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01.
+4% de caucho

Muestra	Progresiva	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
CS -01	000 + 800	22 %	12 %	10 %

Fuente: Elaboración propia.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	22	27		
Numero de Golpes					
Numero de Tarro	3	15	4	4	5
Peso humedo + Tarro (g)	34.20	33.10	36.20	16.90	16.36
Peso seco + Tarro (g)	29.10	28.41	31.40	16.10	15.68
Peso de Tarro (g)	8.50	8.30	8.90	9.70	9.40
Peso de agua (g)	5.10	4.69	4.80	0.80	0.68
Peso de suelo seco (g)	20.60	20.11	22.50	6.40	6.28
% de Humedad	24.8	23.3	21.3	12.5	10.8
	LL = 22		LP = 12		IP = 10

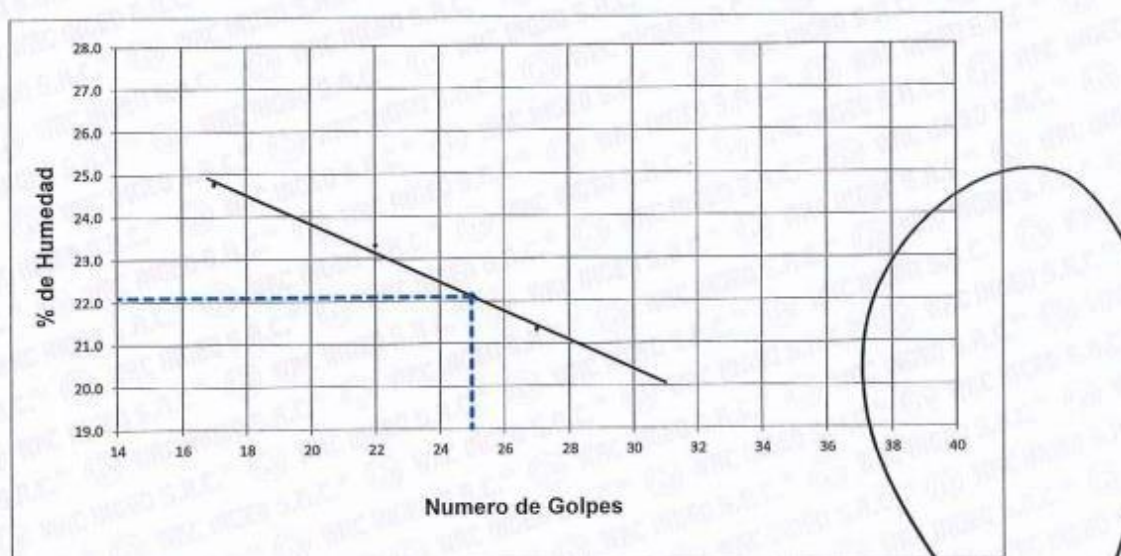


FIGURA 31: Porcentaje de humedad vs N° de golpes con 4 % de caucho

Se realizó a la muestra de suelo CS-01 + 6% de caucho los ensayos de Límites de ATTERBERG (ASTM D4318, MTC E 1090 - 2000), para poder determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad, estos resultados obtenidos en el ensayo es de gran importancia para poder determinar la clasificación del suelo en estudio, de modo que, se pueda determinar y conocer sus características físicas y mecánicas para poderlas mejorar, en la tabla 24 se observa los resultados del ensayo de límites de Atterberg, el resultado de la muestra ensayada determino que el límite líquido de la muestra CS-01 + 6% de caucho es de 21%, el límite plástico es del 12% de modo que la diferencia de ambas nos dio como resultado que el índice de plasticidad es del 9% por lo que corresponde según la clasificación de suelos a un suelo Arena arcilloso que está en el rango de $IP \leq 20$ a $IP > 7$ determinado con una plasticidad baja

Tabla 24: Límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01 + 6% de caucho

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° DE GOLPES	17	22	27		
N° DE TARRO	3	15	4	4	5
PESO HUMEDO TARRO(g)	34.4	32.7	36	16.9	16.36
PESO SECO TARRO(g)	29.55	28.3	31.4	16.1	15.68
PESO DE TARRO(g)	8.5	8.3	8.9	9.7	9.4
PESO DE AGUA(g)	4.85	4.4	4.6	0.8	0.68
PESO DE SUEL SECO(g)	21.05	20	22.5	6.4	6.28
% DE HUMEDAD	23	22	20.4	12.5	10.8
	LL=21		LP=12	IP=9	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Resultado de límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad de CS-01.
+6% de caucho

Muestra	Progresiva	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
CS -01	000 + 800	21 %	12 %	19 %

Fuente: Elaboración propia.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	22	27	4	5
Numero de Golpes	3	15	4		
Numero de Tarro	34.40	32.70	36.00	16.90	16.36
Peso humedo + Tarro (g)	29.55	28.30	31.40	16.10	15.68
Peso seco + Tarro (g)	8.50	8.30	8.90	9.70	9.40
Peso de agua (g)	4.85	4.40	4.60	0.80	0.68
Peso de suelo seco (g)	21.05	20.00	22.50	6.40	6.28
% de Humedad	23.0	22.0	20.4	12.5	10.8
	LL = 21		LP = 12		IP = 9

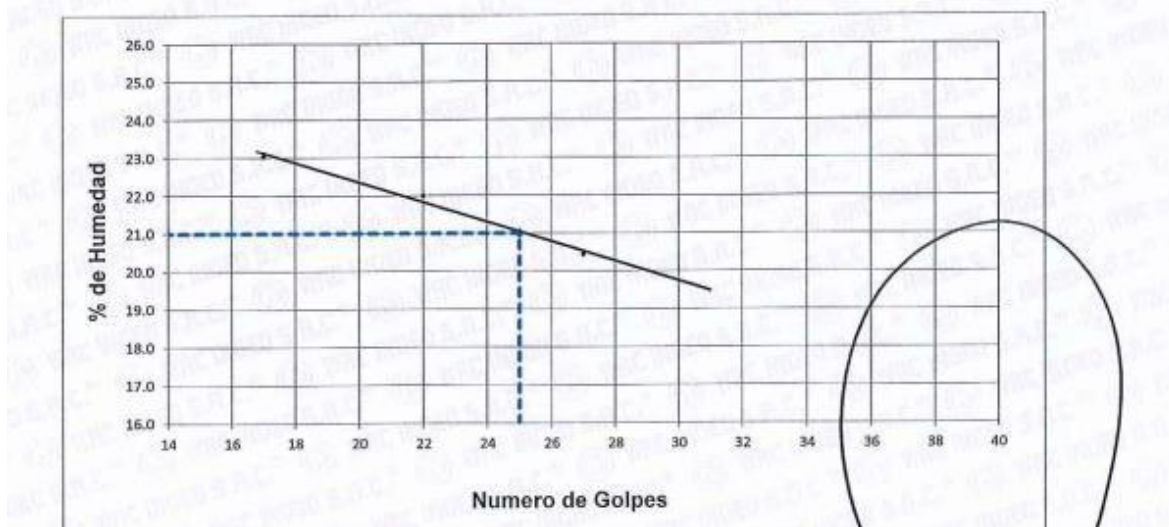


Figura 32: porcentaje de humedad vs N° de golpes con 6 % de caucho

Proctor modificado ASTM D 1557

Para realizar el ensayo de Proctor Modificado se tuvo como referencia emplear el método "A", a través del método mencionado se determinó el contenido de humedad con relación a su densidad seca donde se pudo determinar la curva de compactación, para tener en cuenta como primer paso es importante conocer el peso específico de la muestra CS-01 en estado natural, con adición de cal con 4% y 6% y también con cucho en porcentajes de 4% y 6% de modo que se pueda conocer objetivamente el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima seca.

Tabla 26: Resultado de compactación con energía modificada - Proctor Modificado CS-01.

Muestra	Identificación	Humedad Optima	Densidad Máxima Seca (grs/cm ³)
CS – 01	Estado natural	12%	1.983
CS – 01	Suelo + 4% de cal	13%	1.909
CS – 01	Suelo + 6% de cal	9.5%	1.990
CS - 01	Suelo + 4% de caucho	13.76%	1.866
CS - 01	Suelo + 6% de caucho	13.8%	1.787

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 26 se observa los resultados del ensayo de Proctor Modificado ensayado a la muestra de suelo CS-01 en estado natural, de la cual se determinó que el óptimo contenido de humedad para dicha muestra es de 12 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.983 grs/cm³, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo CS-01 más la adición de 4 % de Cal su óptimo contenido de humedad es 13 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.909 grs/cm³, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo CS-01 más la adición de 6 % de Cal su óptimo contenido de humedad es 9.5 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.990 grs/cm³, del mismo modo se observa el resultado de la combinación de la muestra de suelo CS-01 más la adición del 4 % de Caucho, su óptimo contenido de humedad es 13.76 % en relación a su máxima densidad seca que es de 1.866 grs/cm³ así mismo suelo CS-01 más la adición de 6 % de Caucho su óptimo contenido de humedad es 13.8 % en relación a su densidad máxima seca que es de 1.787 grs/cm³, de la cual se puede definir que es un suelo de mediana plasticidad por lo que retienen mayor humedad.

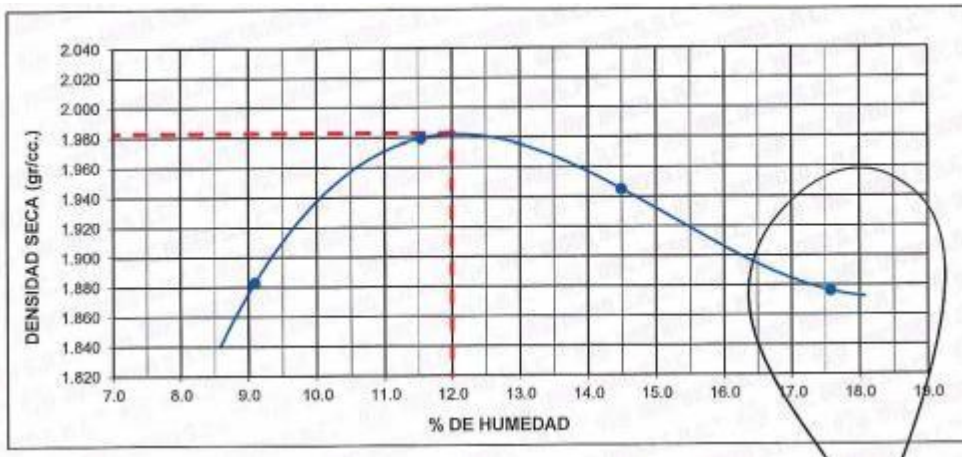


Figura 33: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima del suelo natural.

En la figura 33 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 en estado natural sin adición de ningún aditivo donde se observa que el contenido de humedad óptima es de 12% y la máxima densidad seca es de 1.980 gr/cm³.

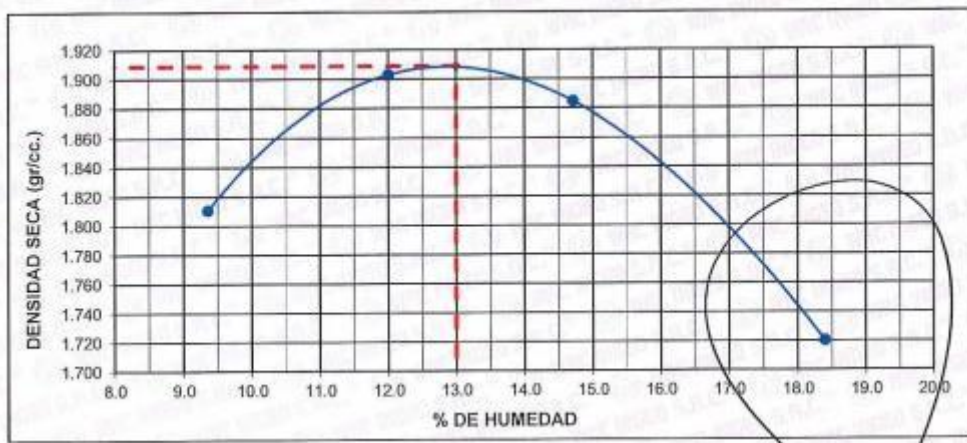


Figura 34: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 4 % de cal.

En la figura 34 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 + 4% de cal se observa que el contenido de humedad óptima es de 13% y la máxima densidad seca es de 1.909 gr/cm³.

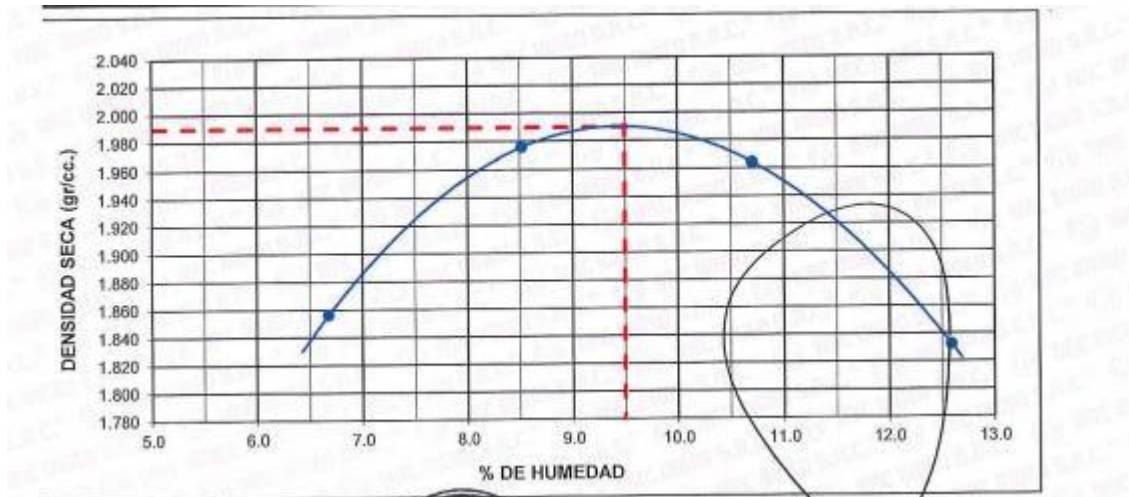


Figura 35: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 6 % de cal.

En la figura 35 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 + 6% de cal se observa que el contenido de humedad óptima es de 9.5% y la máxima densidad seca es de 1.990 gr/cm³.

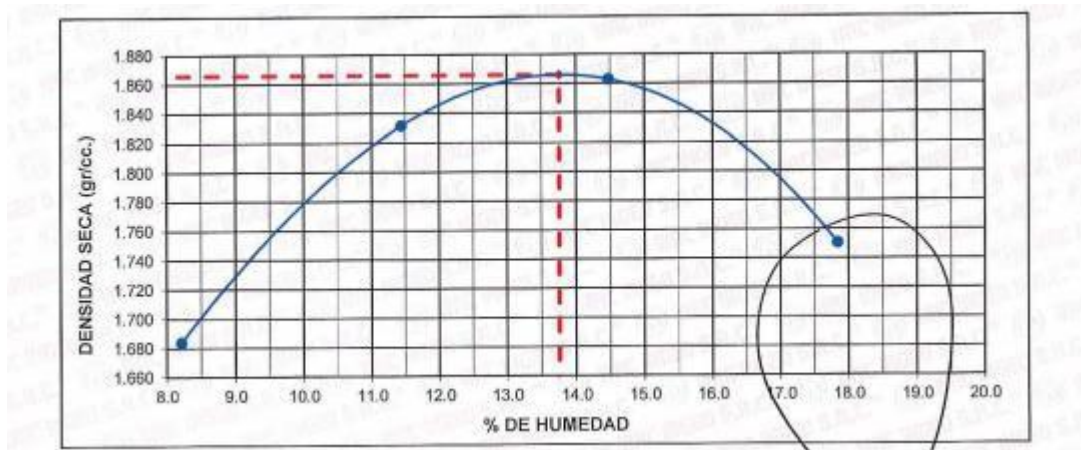


Figura 36: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 4% de caucho

En la figura 36 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 + 4% de caucho se observa que el contenido de humedad óptima es de 13.76% y la máxima densidad seca es de 1.866 gr/cm³.

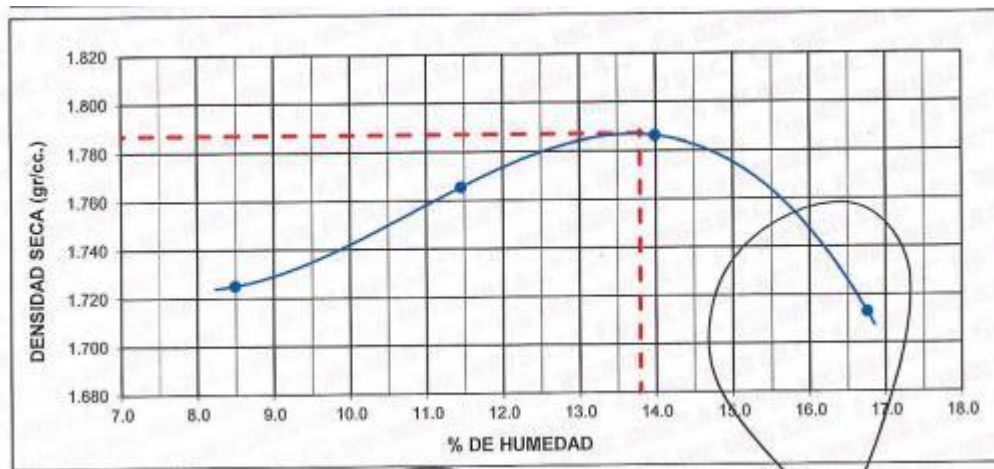


Figura 37: Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 6% de caucho

En la figura 37 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca de la muestra de suelo M-01 + 6% de caucho se observa que el contenido de humedad óptima es de 13.8% y la máxima densidad seca es de 1.787 gr/cm³.

Tabla 27: Cuadro comparativo de resultado de Proctor Modificado de la muestra CS-01+ dosificaciones de cal en 4 y 6 % y de caucho en 4 y 6 %.

Condición de la muestra	Humedad Opti	Densidad Máxima Se (grs/cm ³)
CS - 01 Estado Natural	12%	1.983
CS-01 + 4% de cal	13%	1.909
CS-01 + 6% de cal	9.5%	1.990
CS-01 + 4% de caucho	13.76%	1.866
CS-01 + 6% de caucho	13.8%	1.787

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 27 se observa los resultados de compactación con energía modificada - Proctor Modificado los valores que se muestra con respecto al optimo contenido de humedad en relación a la máxima densidad seca de la muestra de suelo CS – 01, el comportamiento varia favorablemente de acuerdo a las combinaciones respecto a las dosificaciones de caucho en porcentajes del 4%, 6% mientras se adiciona en mayores porcentajes mayor será la mejora de compactación de suelo, en la muestra de suelo CS-01 en estado natural el ensayo del Proctor determino valores de su optima contenido de humedad de 12% con relación a su de 1.983grs/cm³ en la densidad máxima seca, en la dosificación CS-01 + 4 % de adición de Cal el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 1.909 grs/cm³ con relación a su optima contenido de humedad de 13%, en la dosificación CS-01 + 6 % de adición de Cal el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 1.990 grs/cm³ con relación a su optima contenido de humedad de 9.5% y en la dosificación CS-01 + 4 % de caucho el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 1.866 grs/cm³ con relación a su optima contenido de humedad de 13.76% y con dosificación CS-01 + 6 % de caucho el ensayo del Proctor determino valores de su densidad máxima seca de 1.787 grs/cm³ con relación a su optima contenido de humedad de 13.8% .

California Baring Ratio (CBR) ASTM D 1883

De los ensayos que se realizó a la muestra de suelo CS-01 el ensayo de CBR es el más importante, ya que es este ensayo quien determina la capacidad portante del suelo para ser empleada como sub rasante en el diseño de carreteras, se realizó el ensayo de CBR a la muestra CS-01 en estado natural, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 28.

Tabla 28: Resultado de condición de la muestra ensayada CS-01 en estado natural – CBR.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
M-01	Suelo Natural	0.1"	10.8 %	6 %

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 en estado natural, el ensayo CBR al 100% resulto 10.8 y al 95% resulto 6% con una penetración de 0.1" para ambos casos, por lo que se define que la muestra del suelo arcillosos en estado natural es considerada regular para su uso como subrasante, tal como lo establece el manual de carreteras –MTC, que establece que CBR <10% es una subrasante regular como y cuando el CBR >/= que 10 o CBR<20 es bueno como se observa en la figura 38.

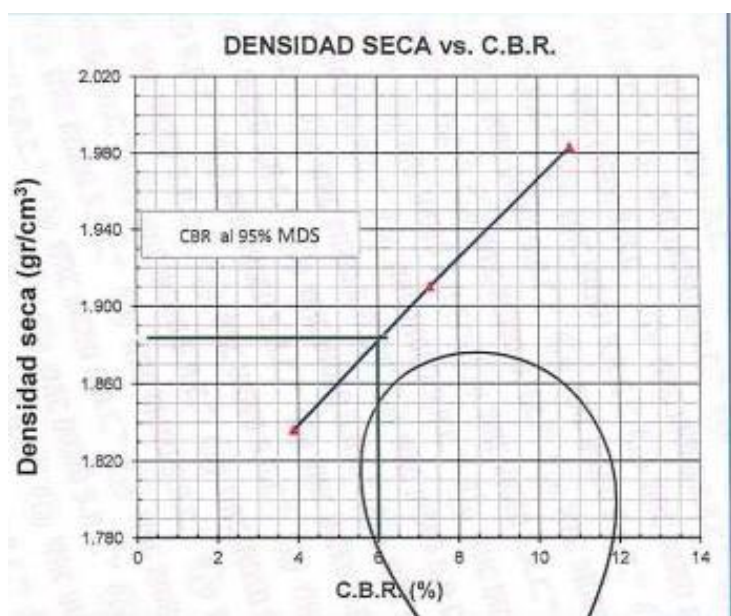


Figura 38: Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 en estado natural.

En la figura 38 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 1.983 g/cm³, el CBR es de 10.8 % y 6 % para una penetración de 0.1", por lo que estos valores determinan una sub rasante regular y pobre respectivamente

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 4 % de caucho y cal, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen N°01 se realizó con una energía de 27.7 Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen N° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen N°03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 29.

Tabla 29: Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 + 4 % de caucho y cal.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
M-01	M-01 + 4 % caucho	0.1"	14.5 %	11.55 %
M-01	M-01 + 4 % cal	0.1"	14.8 %	11.93 %

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29 se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de 4 % de caucho y cal, el ensayo de CBR al 100% determino 14.5 % y 14.8 % de CBR para una penetración de 0.1", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 11.55 % y 11.93 % de CBR para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso es considerada buena en ambos casos para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que CBR >/= que 10 o CBR<20es considerado bueno.

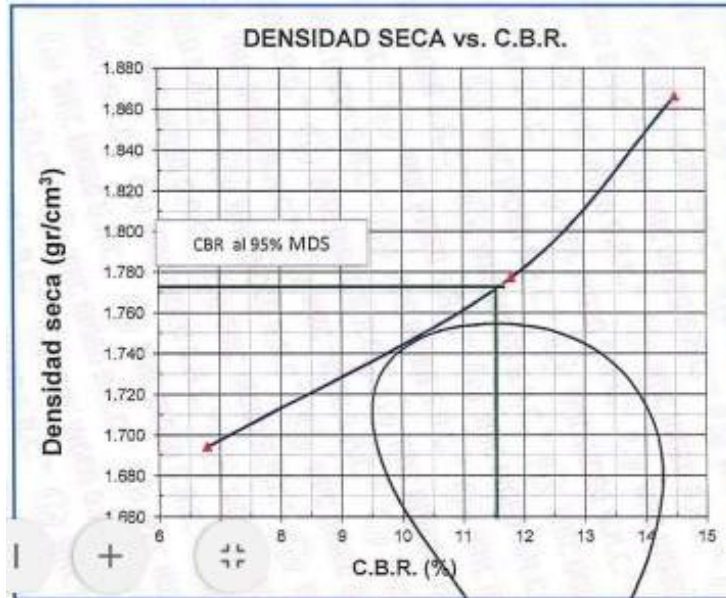


Figura 39: Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 +4% de caucho.

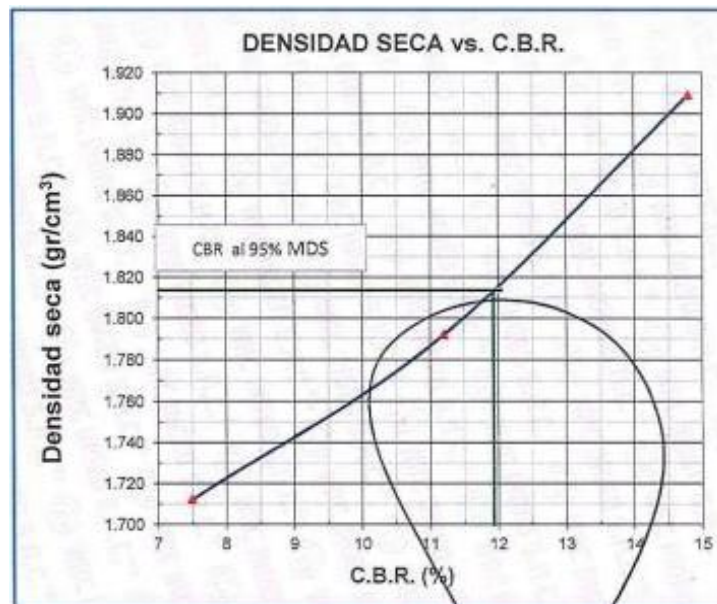


Figura 40: Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 +4% de cal.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 6% de caucho y cal, para poder determinar su capacidad portante patrón de la muestra, se tuvo que realizar 03 especímenes cada una sometidas a diferentes energías en relación con el número de golpes, el espécimen N°01 se realizó con una energía de 27.7

Kg*cm/cm³ (56 golpes), el espécimen N°02 se realizó con una energía de 12.2 Kg*cm/cm³ (25 golpes), el espécimen N°03 se realizó con una energía de 6.1 Kg*cm/cm³ (12 golpes) y para los tres empecines una sobre carga de 4.53 kg.

Tabla 30: Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 + 6 % de caucho y cal.

Muestra	Estado de la muestra	Penetración	CBR al 100 %	CBR al 95%
M - 01	M-01 +6 % caucho	0.1"	20.4%	15.00%
M - 01	M-01 +6 % cal	0.1"	33.6%	25.3%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de 6 % de caucho y cal, el ensayo de CBR al 100% determino 20.4 % y 33.6 % de CBR, respectivamente para una penetración de 0.1", así mismo se observa que el ensayo de CBR al 95% determino 15.00 % y 25.3% de CBR para una penetración de 0.1", por lo que se define que la muestra de suelo arcilloso es considerada muy buena y excelente respectivamente para su uso como sub rasante, tal como lo establece el manual de carretas –MTC, que establece que el $CBR \geq 20\%$ A $CBR < 30\%$ y $CBR \geq 30\%$ es igual a una sub rasante buena y excelente respectivamente.

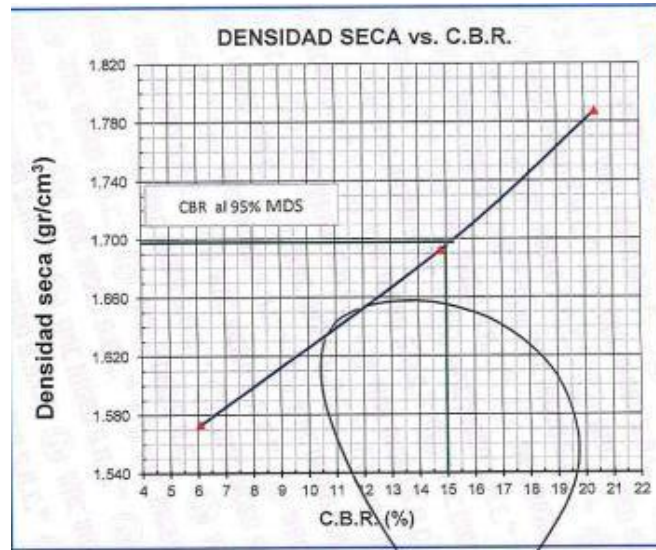


Figura 41: Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 +6% de caucho.

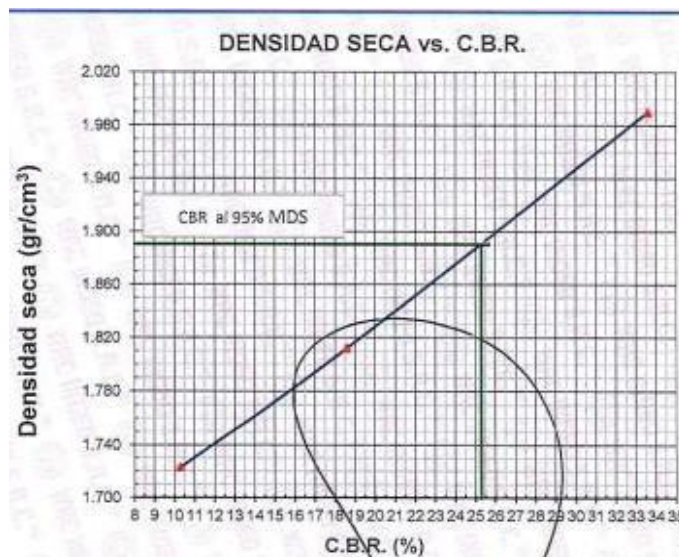


Figura 42: Diagrama de ensayo de CBR de muestra M-01 +6% de caucho.

En la estratigrafía 30 se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 100% la máxima densidad seca es de 2.787 g/cm³ y 1.990 g/cm³, el CBR es de 20.4 % y 33.6 % para una penetración de 0.1", por lo que estos valores determinan una subrasante buena y excelente respectivamente.

Tabla 31: Cuadro comparativo de resultado de CBR de la muestra M-01 + dosificaciones de 4% y 6% de caucho y cal.

Ensayo de CBR	CBR al 100 %	CBR al 95 %
Condición de la muestra	Penetración 0.1"	Penetración 0.1"
M-01 Estado Natural	20.8%	6%
M-01 + 4% de adición de caucho	14.5%	11.55%
M-01 + 6% de adición de caucho	20.4%	15%
M-01 + 4% de adición de cal	14.8%	11.93%
M-01 + 6% de adición de cal	33.6%	25.3%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 31 se observa los resultados de ensayo de CBR los valores que se muestra están en relación a la dimensión de penetración con el porcentaje de CBR, el comportamiento vario favorablemente de acuerdo a las combinaciones de la muestra con respecto a la adición de caucho y cal en porcentajes del 4% y 6% mientras se adiciona en mayores porcentajes mayor será la mejora de resistencia del suelo, en la muestra de suelo M-01 en estado natural el ensayo de CBR al 100 % y 95% con penetración de 0.1" dio valor 10.8% y 6% respectivamente de CBR, en la dosificación M-01 + 4% de adición de caucho y cal el ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1" dio valor 14.8% y 14.5% respectivamente de CBR, al 95 % con penetración de 0.1" dio valor 11.93% y 11.55% respectivamente de CBR, en la dosificación M-01 + 6 % de adición de caucho y cal el ensayo de CBR al 100 % con penetración de 0.1" dio valor 33.6% y 20.4% respectivamente de CBR, así mismo el ensayo de CBR al 95 % con penetración de 0.1" dio valor 25.3% y 15% respectivamente de CBR.

Contrastación de hipótesis

Con los resultados obtenidos en laboratorio de suelos WRC S.A.C. INGENIERÍA Y GEOTECNIA y representadas en las figuras de estos, se aprueba la hipótesis que la adición del caucho y cal, influyen en las propiedades de la sub rasante en la Av. Canta Callao 2020, el porcentaje de adición más óptimo para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos es del 33.6% y 20.4% de caucho y cal respectivamente.

Con las figuras elaboradas sustentadas en base a los resultados obtenidos en laboratorio, con respecto a las propiedades del suelo arcilloso, se comprueba que el caucho y cal, influyen de manera positiva en las propiedades del suelo arcilloso para uso como sub rasante en las vías de la Av. Canta Callao– 2020.

Por medio del ensayo de Proctor Modificado se obtuvo resultados, los cuales se representaron en figuras, de estos, se afirma la hipótesis que la adición de caucho y cal influyen de manera efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad de suelos arcillosos para uso como sub rasante en las vías de la Av. Canta Callao – 2020, el porcentaje de combinación más óptimo para el mejoramiento efectiva en el mejoramiento de la densidad máxima seca y óptimo contenido de humedad de los suelos arcillosos es del 20.4% y 33.6 % de caucho y cal respectivamente.

Por medio del ensayo de CBR se obtuvo resultados, los cuales se representaron en figuras de estos, se afirma la hipótesis que la adición de caucho y cal influyen de manera efectiva en el mejoramiento de la resistencia de suelos arcillosos para uso como sub rasante en las vías de la Av. Canta Callao – 2020, el porcentaje de combinación más óptimo para el mejoramiento efectivo de la resistencia de los suelos arcillosos es del 20.4% y 33.6% de caucho y cal respectivamente.

V. DICUSIÓN

OG. El uso de la cal y el caucho como estabilizador ayudan a la mejora de la subrasante en la Av. Canta Callao- 2020.

En la investigación de Cubas (2019) en su tesis titulada *“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”*, el autor busca establecer la severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm) en porcentajes de (3%, 5% y 7%), recomendando que no es conveniente emplear el caucho granular en un suelo GC (grava arcillosa) ya que se presentó un incremento del OCH y por ende disminuyó su CBR y MDS.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulada *“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”*

El autor busca determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos a través de la adición del caucho de neumáticos que pasa la malla #10 (2mm a menos), recomendando utilizar un 3% de caucho granular para estabilizar un suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) debido a que aumenta su CBR y OCH, así mismo disminuye su MDS.

En la presente investigación existe diferencia con Cubas (2019) a pesar de usar porcentajes similares (4 y 6%) de adición de caucho en suelo GC (grava arcillosa), el cual determino como resultado que el caucho granular (2mm-6mm), no es conveniente emplear en este tipo de suelo para su uso como sub rasante, mientras que hay coincidencia con Díaz y Torres (2019), el cual determino utilizar 3% de caucho granular para estabilizar un suelo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad)

Por su parte, Jara (2014) con su tesis titulada: “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, se plantearon como objetivos evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso en Cajamarca”,

El autor busca determinar agrandar la firmeza de la subrasante adicionando 4% de cal a la subrasante, en caminos de bajo volumen de tránsito, logrando demostrar que el CBR al 95% se incrementa de 4% a 11%.

Martínez (2014) en su tesis titulada *“Estabilización de suelos con cal hidratada para uso en pavimentos rígidos en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán”*, para mejorar las condiciones del subsuelo de las colonias de la zona Oriente, al agregar cal en porcentaje mínimo de 2%, logrando incrementar el valor de soporte de 5.45% a 22.20%, comprobando que el uso de cal en estos suelos mejora las propiedades.

De igual forma en la presente investigación existe coincidencia con Jara (2014) y Martínez (2014), que, al adicionar cal en diferentes tipos de suelos y porcentajes de dosificación, para uso como sub rasante, se obtiene un incremento de porcentajede CBR.

En ese sentido comparando resultados, se puede contrastar que para la adición de cal en diferente dosificación porcentual en determinado tipo de suelo, se obtienen resultados favorables y desfavorables en el comportamiento de la subrasante, en cambio al agregar o adicionar cal independientemente del tipo de suelo y dosificación porcentual, se obtienen resultados mayormente favorables en el comportamiento de la subrasante, por lo tanto, se define que la cal a diferencia del caucho, tiene un mejor comportamiento en la sub rasante.

01. La cal y el caucho influyen de manera positiva en la plasticidad de la subrasante en la Av. Canta Callao-2020.

Para la investigación de Cusquisibán (2014) en su tesis titulada *“Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento”*, el autor corrobora a través de los ensayos físicos la clasificación de su muestra, estableciendo mediante el sistema SUCS y AASHTO es OH (Suelos orgánicos de alta plasticidad) y OL (Suelos orgánicos de baja plasticidad) y A-7-5, respectivamente, el autor define un porcentaje de 20.00% de índice de plasticidad y 15.70 de OCH para su muestra, la cual indica que es un suelo con baja resistencia, se determinó que al adicionar 20%, 40% y 60% de caucho, disminuyó

su Índice de plasticidad manifestándose en su OCH, del valor de 15.70% disminuyó a 14.30%, 13.80% y 7.60% respectivamente. En esta investigación coincide con Cusquisibán, se conoció a través de los ensayos de granulometría que el material que pasa por el tamiz N°200 es del 66.06% la cual la considera como suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, siendo su índice plasticidad 7% y OCH 12.60% obtenido de la muestra' M-01, se determinó que al adicionar 3%, 5% y 7% de caucho, disminuyó su Índice de plasticidad manifestándose en su OCH, del valor de 12.60% disminuyó a 11.15%, 10.45% y 9.20% respectivamente.

Por tanto, realizando una comparación podemos decir que los resultados tienen coincidencias, sin embargo, poseen resultados con valores distintos esto se debió al tipo de suelo de la que están compuestas las muestras de cada autor que poseen diferentes propiedades.

Hernández, Mejía y Zelaya (2016) en su tesis titulada *“Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad del Salvador”*, para examinar las mejoras en la conducta de un suelo arcilloso mediante la uso de cal como agente estabilizador en la subrasante de pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, llegando a definir que el 5% de cal era adecuado, logrando disminuir el índice de plasticidad de 45% a 0%.

Esta investigación coincide referencialmente con Hernández, Mejía y Zelaya (2016), puesto que a través de los ensayos de Attemberg en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) y A-4 IG (4) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, siendo su índice plasticidad 7% , obtenido de la muestra' M-01, determinó que al adicionar 3%, 5% y 7% de cal, su Índice de plasticidad se mantiene en 7%, al adicionar 7% de cal y en los demás casos de adición de 3% y 5% se incrementa en 9% y 8% respectivamente.

En ese sentido comparando resultados, se contrasta para la adición de caucho en diferente dosificación porcentual en determinado tipo de suelo, se obtienen

resultados favorables, en el comportamiento de la subrasante, en cambio al agregar o adicionar cal, se mantienen los resultados en el comportamiento de la subrasante respecto al índice de plasticidad, por lo tanto, se define que el caucho a diferencia de la cal, tiene un mejor comportamiento en la sub rasante.

O2. La cal y el Caucho influyen de manera positiva en la compactación de la subrasante en la Av. Canta Callao-2020.

Cubas (2019) en su tesis titulada *“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”*, para establecer la severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm), en un suelo GC (Grava arcillosa), obtuvo una Máxima Densidad Seca (MDS) de 2.30 g/cm³, y al adicionar 3%, 5% y 7%, determinó que ésta disminuye en valores de 2.19%, 2.16% y 2.07% respectivamente.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulada *“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”* para determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, en un suelo tipo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) según la clasificación SUCS y A-7-5 según AASHTO, presentó una MDS de 1.551g/cm³ y adicionando caucho granular (2mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9% disminuyeron a 1.542g/cm³, 1.505g/cm³, 1.492g/cm³, 1.490g/cm³, 1.44g/cm³ respectivamente.

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo de Proctor Modificado, podemos decir que discrepan, puesto que, en la presente investigación en un suelo SC (Arena arcillosa de baja plasticidad) y A-4 IG (2) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, su MDS fue 1.983 g/cm³, obtenido de la muestra' M-01, y al adicionar 4% y 6% de caucho, esta se disminuye a 1.866 g/cm³ y 1.787 g/cm³ respectivamente, en ese sentido se pueden afirmar que se pudo determinar que la adición de caucho mejora la máxima densidad seca con relación a su óptimo contenido de humedad, finalizando que favorece a la compactación.

Por su parte Jara (2014) con su tesis titulada: “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, se plantearon como objetivos evaluar el

efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso en Cajamarca”, donde tuvo como objetivo agrandar la firmeza de la subrasante en un suelo CH y A-7-5 IG(29) según la clasificación SUCS y AASTHO respectivamente, y habiéndose realizado los ensayos en el laboratorio, se obtuvo una MDS de 1.69 g/cm³ y al adicionar cal en porcentajes de 2%, 4% y 6% este valor disminuye a 1.65%, 1.59% y 1.55% respectivamente.

Realizando una comparación de resultados del ensayo Proctor Modificado, podemos decir que coinciden, puesto que, en la presente investigación en un suelo CL (Arena arcillosa) y A-4 IG (2) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, su MDS fue 1.983 g/cm³, obtenido de la muestra M-01, y al adicionar 4% y 6% de cal, esta aumenta a 1.909 g/cm³, 1.977g/cm³ y 1.990 g/cm³ respectivamente, en ese sentido se pueden afirmar la adición de cal no mejora la máxima densidad seca con relación a su óptimo contenido de humedad, finalizando que no favorece a la compactación.

En ese sentido comparando resultados, se observa para la adición de caucho en diferente dosificación porcentual en determinado tipo de suelo, se obtienen resultados favorables, en el comportamiento de la subrasante, en cambio al agregar o adicionar cal, los resultados disminuyen en el comportamiento de la subrasante respecto a la MDS, por lo tanto, se define que el caucho a diferencia de la cal, tiene un mejor comportamiento en la sub rasante.

03. La Cal y el caucho influyen de manera positiva en la resistencia de la subrasante de la Av. Santa Callao-2020.

Cubas (2019) en su tesis titulada *“Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes”*, para establecer la severidad mecánica de un material para afirmado tras la incorporación del caucho granulado (2mm-6mm), en un suelo GC (Grava arcillosa), obtuvo un CBR de 55.63%, y al adicionar 3%, 5% y 7%, determinó que ésta disminuye a valores de 16.50%, 13.91% y 8.80% respectivamente.

Díaz y Torres (2019) en su tesis titulada *“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”* para determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, en un suelo tipo CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad) según la clasificación SUCS y A-7-5 según AASHTO, presentó un CBR de 2.94% y adicionando caucho granular (2mm a menos) y tras su incorporación en diferentes porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7% y 9%, determina que en la adición de los porcentajes de 1% y 3% se incrementa a 3.85%, 5.15%, y en adición de 5%, 7% y 9%, disminuyen a 4.97%, 4.88%, 2.92% respectivamente.

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo CBR, podemos decir que se discrepa con Cubas y coincide en parte con Díaz y Torres, donde la adición de caucho debe ser en menores porcentajes, de tal manera que el valor CBR del suelo natural incremente positivamente, puesto que, en la presente investigación en un suelo SC (Arena arcillosa de baja plasticidad) y A-4 IG (2) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, el CBR fue 10.8% al 100% de MDS y a una penetración de 1”, obtenido de la muestra M-01, y al adicionar 4% y 6% de caucho, esta se incrementa a 14.5% y 20.4% respectivamente, en ese sentido se pueden afirmar que la adición de caucho incrementa el CBR, finalizando que favorece a la resistencia de la subrasante.

Hernández, Mejía y Zelaya (2016) en su tesis titulada *“Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad del Salvador”*, para examinar las mejoras en la conducta de un suelo arcilloso mediante la adición de cal como agente estabilizador en la subrasante de pavimentos rígidos, llegando a definir que el 5% de cal era adecuado, logrando incrementar el CBR de 1.93% a 54%.

Esta investigación coincide con Hernández, Mejía y Zelaya (2016), puesto que a través de los ensayos de CBR en un suelo SC (arena arcillosa baja plasticidad) y A-4 IG (2) según la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente, siendo su CBR 10.8%, obtenido de la muestra' M-01, determinó que al adicionar 4% y 6% de cal, su CBR se incrementó a 14.8% y 33.6% respectivamente.

En ese sentido comparando resultados, se observa para la adición de cal en diferente dosificación porcentual en determinado tipo de suelo, se obtienen resultados favorables, en el comportamiento de la subrasante, en cambio al agregar o adicionar caucho, se mantienen los resultados en el comportamiento de la subrasante respecto al índice de plasticidad, por lo tanto, se define que la cal a diferencia del caucho, tiene un mejor comportamiento en la sub rasante.

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo de CBR entre ambas investigaciones podemos decir los resultados tienen coincidencias, respecto a la adición de la cal mas no en la adición del caucho, sin embargo, poseen resultados con valores distintos, en ese sentido se puede afirmar que la adición de caucho y cal, mejora positivamente la resistencia del suelo.

VI. CONCLUSIONES

Se ha determinado que la cal y el cacho como estabilizadores ayudan a la mejora de la subrasante en la Av. Canta callao 2020 progresivamente dependiendo de la cantidad comienza con una subrasante buena al añadir 4 y 6 por ciento de caucho y al agregar 4% de cal también resulta bueno pero al añadir 6% de cal este a mejorar en una subrasante excelente pero para una subrasante buena los porcentajes de 4% de cal y 4% de caucho son similares y viéndolo desde el punto ambiental el caucho ayuda a beneficiar debido a que en la actualidad se genera bastante contaminación por parte del caucho de las llantas, además que este ya que sería un material reciclado viene a ser más económico que la cal.

Se ha determinado que la aplicación de la cal y el caucho mejoran la plasticidad de la subrasante en la Av. Canta Callao – 2020, ya que debido a los componentes que tienen tanto la cal como el caucho estos ayudan a la mejora de la subrasante conforme se vayan agregando mientras más sea el estabilizador la plasticidad mejorara.

Se ha determinado que la aplicación de la cal y el caucho ayudan en la compactación de la subrasante en la Av. Canta Callao 2020 obteniendo una mejora según los ensayos Proctor Modificado realizados en el laboratorio dando a conocer que la adición de caucho a diferencia de la cal influye positivamente en el mejoramiento del óptimo contenido de humedad del suelo arcilloso para uso como subrasante según los ensayos realizados.

Se ha determinado que la aplicación de la cal y el caucho mejora la resistencia de la subrasante en la Av. Canta Callao – 2020 ambas por separado logran diferentes alteraciones y mejoras en la subrasante de dicha zona, pero en comparación, la cal obtiene mejores resultados que el caucho ya que este estabilizador cuenta con una mayor resistencia que el caucho.

VII.RECOMENDACIONES

Se recomienda para posteriores investigaciones realizar para el tipo de suelo SC (arena arcillosa) realizar dosificaciones mayores para lograr obtener un mejor CBR de incremento con respecto al obtenido para generar una mayor consistencia con respecto a lo que menciona que en este caso lo que se busca es la mejora de la subrasante en la Av. Canta Callao 2020 realizando las pruebas en el laboratorio clasificar las taras o moldes que se vayan a utilizar para de esa forma no generar confusiones al momento de realizar los ensayos como en este caso fue la clasificación de suelos, límites de atterberg, Proctor modificado y el ensayo CBR. Las cuales deben ser manipuladas con mucho cuidado para que no alteren ningún tipo de resultado.

Se recomienda para el ensayo de Proctor Modificado en un suelo SC con adición de caucho y cal, emplear el método A, la cual consiste en emplear molde de 101,6 mm (4pulg) el material empleado tiene que ser tamizado en la malla N°4.75mm donde tiene que pasar 20% o menos del material retenido, 25 golpes por cada capa un total de 5 capas, el agua se debe homogeneizar con la mezcla de forma que este no logre alterar los resultados se recomienda hacerlo entre más de una persona para que generen mayor precisión al realizar los ensayos ya que una persona se puede confundir pero entre más apoyo se tenga será menos el porcentaje de equivocación que pueda haber en este caso se obtuvo ayuda de los técnicos especialistas en suelos que trabajaban en el laboratorio.

Se recomienda para el ensayo de CBR la adición de agua no debe de variar más del 2% de la humedad del Proctor Modificado, las lecturas deben ser objetivas y precisas, dentro del tiempo establecido así mismo también verificar el certificado de calibración que tengan los instrumentos que se vayan a usar para los ensayos ya que serán los únicos que avalaran de que no haya errores en dichos ensayos.

REFERENCIAS

JARA, Robinson. Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/686/T%20631.4%20J37%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GARCIA; Anabelen. Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2015. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7327/Garc%c3%ada%20Gonzales%20Anabel%c3%a9n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LANDA, Jacquez y TORRES, Sergio. Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volante de bagazo de caña de azúcar y cal. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626177/LandaA_J.pdf?sequence=6&isAllowed=y

CUSQUISIBAN, Wilder. Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014. Disponible en:

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/685/T%20631.4%20C984%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUAMAN, Israel. Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro desodio). Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Ambato:Universidad Técnica de Ambato, 2016.Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24608/1/Tesis%201088%20-%20Guam%C3%A1n%20Iler%20Israel%20Ilsa%C3%ADas.pdf>

PATIÑO, Juan. Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2017.Disponible en:

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9159/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-219.pdf>.

HERNANDEZ, Josué; MEJIA, David y ZELAYA, Cesar. Propuesta deestabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria orienta dela universidad del Salvador. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). El Salvador: Universidad del Salvador-Centro América, 2016.Disponible en:

<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>

PEZO, Velarde. Aplicación de cal en subrasante para el diseño de pavimentorígido en jirón la unión, juan guerra-san Martín. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2016. Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20_500.12692/30605

CABANA, Marco. Mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico cal a la subrasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito parí-Wilcahuain. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13375>

PARRA, Sara y YPENZA, Antony. Estudio experimental de la deformación de terraplenes viales sobre suelo rígido, incorporando granos de caucho al agregado A1-b. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/42726>

CUBAS, Diego. Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2019. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22306>

DIAZ, Katherine y Torres, Rosa. Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Jaén: Universidad Nacional de Jaén, 2019. Disponible en: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/126>

ÁLVAREZ, Nicols y GUTIERREZ, Julio. Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de cacho para aplicaciones geotécnica. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648723>

GAVILANEZ, Erick. Estabilización y mejoramiento de subrasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de santo pamba barrio colinas del sur. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Quito: Universidad internacional del Ecuador, 2015. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>

MARTINEZ, Olivia. Estabilización de suelos con cal hidratada para uso en pavimentos rígidos en la zona oriente de la ciudad de Uruapan, Michoacán. Tesis (Título profesional de ingeniería civil), México: Universidad Autónoma de México, 2014. Disponible en: https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000723593

LAICA, Juan. Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24440>

RAVICHANDRAN, P.T [et al], Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation. *Indian Journal of Science and Technology* [en línea], Vol. 9. 9 de Febrero de 2016. [Fecha de consulta: 24 de abril 2020].

Disponible

en: https://www.researchgate.net/publication/297651029_Effect_of_Addition_of_Waste_Tyre_Crumb_Rubber_on_Weak_Soil_Stabilisation

PALLI, Edwin. Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

Disponible

en:

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2444>

RIVERA, Cristhian y MEDINA, María. Influencia de la incorporación de cuatro niveles (1%, 2%, 3% y 4%) de cloruro de calcio en la resistencia mecánica de un material para afirmado. Tesis (Título profesional de ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016.

Disponible

en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11196>

MUKHERJEE, Dipanjan. Selection and application of lime stabilizer for soil subgrade stabilization. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology* [en línea]. Vol.1, N.º7. Septiembre 2014. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible

en:

http://www.ijiset.com/v1s7/IJSET_V1_I7_12.pdf

ISSN: 2348 – 7968

HASHEMIAN, Leila; KAVUSSI, Amir y ABOALMAALI, Homayoun. Case studies in construction materials. *ScienceDirect* [en línea]. Vol. 1. 2014. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509514000199>
ISSN: 2214-5095

RIAZ, Shoaib.; AADIL, Naseem. y WASEEM. Uzma. Stabilization of subgrade soils using cement and lime: a case study of Kala Shah Kaku, Lahore, Pakistan. *Pakistan Journal of science* [en línea]. Vol. 1.N.º1. marzo 2014. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/29467374/STABILIZATION_OF_SUBGRADE_SOILS_USING_CEMENT_AND_LIME_A_CASE_STUDY_OF_KALA_SHAH_KAKU_LAHORE_PAKISTAN

KHALID, Norazlan. et al. The California Bearing Ratio (CBR) Value for Banting Soft Soil Subgrade Stabilization Using Lime-Pofa Mixtures. *EJGE* [en línea]. Vol. 19. 2014. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020]. Disponible en: <http://www.ejge.com/2014/Ppr2014.013nar.pdf>

BURAK, Erhan. y VEFA, Muhammet. Comparison of Effects of Using Geosynthetics and Lime Stabilization to Increase Bearing Capacity of Unpaved Road Subgrade. *Hindawi* [en línea]. 25 agosto del 2016. [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2016/7129356/>

HAMBIRAO, Ghatge. y RAKARADDI, P. Soil stabilization using waste shredded rubber tyre chips. *Journal of Mechanical and Civil Engineering* [en línea]. Vol. 11. N.º1. Febrero 2014. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020]. Disponible en:
<https://pdfs.semanticscholar.org/a389/8d0b77ad295204185dc0763cd1dbdb94b659.pdf>
ISSN: 2278-1684

HUSSAIN, Farhat. y KHAN, Amanullah. 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 (IJCIET)* [en línea]. Vol. 8. N.º12. diciembre 2017. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020] Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Amanullah_Khan10/publication/329589291_Sustainability_of_using_Crumb_Rubber_and_Quarry_Dust_for_Stabilization_of_Expansive_Soils_in_Road_Subgrade_A_Review/links/5c11380a299bf139c7537936/Sustainability-of-using-Crumb-Rubber-and-Quarry-Dust-for-Stabilization-of-Expansive-Soils-in-Road-Subgrade-A-Review.pdf
ISSN: 0976-6308

MARATHE, Shirak.; SHANKAR, Bhavani. y KUMAR, Anil. Stabilization of Lithomargic Soil Using Cement and Randomly Distributed Waste Shredded Rubber Tyre Chips. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* [en línea]. Vol. 23. N.º6. mayo 2015. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Shriram_Marathe/publication/279952758_Stabilization_of_Lithomargic_Soil_Using_Cement_and_Randomly_Distributed_Waste_Shredded_Rubber_Tyre

[Chips/links/559f81f808ae30ce833ca5b0/Stabilization-of-Lithomargic-Soil-Using-Cement-and-Randomly-Distributed-Waste-Shredded-Rubber-Tyre-Chips.pdf](#)

ISSN: 2231-5381

Patel, Ashwini. et al. Soil Stabilization Using Shredded Rubber and Design of Flexible Pavement. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* [en línea]. Vol. 6. N.º4. abril 2019. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://www.irjet.net/archives/V6/i4/IRJET-V6I4927.pdf>

ISSN: 2395-0056

Ashima, J. y Sindhu, A. Comparative Study of Strength Characteristics of Subgrade Soil Reinforced with Galvanized Steel Mesh and Synthetic Rubber. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* [en línea]. Vol. 4. N.º11. noviembre 2015. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://www.ijert.org/comparative-study-of-strength-characteristics-of-subgrade-soil-reinforced-with-galvanized-steel-mesh-and-synthetic-rubber>

ISSN: 2278-0181

AKBARIMEHR, Davood y AFLAKI, Esmael. An Experimental Study on the Effect of Tire Powder on the Geotechnical Properties of Clay Soils. *Civil Engineering Journal* [en línea], Vol. 4. 7 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 24 de abril 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324314899_An_Experimental_Study_on_the_Effect_of_Tire_Powder_on_the_Geotechnical_Properties_of_Clay_Soils

WORLD Air Quality Report [en línea]. Region & City PM2.5 Ranking 2018.
[Fecha de consulta: 25 de abril de 2020]. Disponible en:
<https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2018-en.pdf>

ANGELONE, Silvia, GANBAY, María y CAUCHAPÉ, Marina. Permeabilidad de los SUELOS. Argentina: Universidad Nacional de Rosario, 2006.
Disponible en:
<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>

BADILLO, Eulalio y RICO, Alfonso. Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos [en línea]. México: Limusa, 2005. [Fecha de consulta: 7 de mayo 2020].
Disponible en:
https://www.academia.edu/38530731/Mec%C3%A1nica_de_suelos_Tomo_I_-_Eulalio_Ju%C3%A1rez_Badillo_y_Alfonso_Rico_Rodr%C3%ADguez
ISBN: 968-18-0069-9.

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ª. México: Editorial Patria, 2017. [Fecha de consulta: 14 de mayo 2020].
Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

CASTRO, Guillermo. Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos. Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A [en línea]. 2007.
[Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en:

https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/R_eutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf

DUQUE, Gonzalo y ESCOBAR, Carlos. Geomecánica. Capítulo 5: Clasificación de Suelos [en línea]. Colombia, 2003. [Fecha de consulta: 7 de mayo 2020].

Disponible en:
<http://bdigital.unal.edu.co/53252/97/clasificaciondesuelos.pdf>

ECO Green Equipment. Los beneficios del reciclado de neumáticos [en línea]. Estados Unidos: Eco Green Equipment. [Fecha de consulta: 12 de mayo 2020].

Disponible en: <https://ecogreenequipment.com/es/benefits-of-recycling-tires/>

RAVICHANDRAN, P.T [et al], Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation. *Indian Journal of Science and Technology* [en línea], Vol. 9. 9 de Febrero de 2016. [Fecha de consulta: 24 de abril 2020].

Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/297651029_Effect_of_Addition_of_Waste_Tyre_Crumb_Rubber_on_Weak_Soil_Stabilisation

SWARNA, Surya. Stabilization of Subgrade soil of Highway Pavement using Waste Tyre Pieces. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* [en línea], Vol. 4. 25 de mayo de 2015. [Fecha de consulta: 24 de abril 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281469406_Stabilization

n of Subgrade soil of Highway Pavement using Waste Tyre
Pieces

KOKILA, Ms L. [et al]. Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil. *World Journal of Research and Review [en línea]*, Vol. 4. 4 de abril de 2017. [Fecha de consulta: 24 de abril 2020]. Disponible en:

<https://www.neliti.com/publications/262827/experimental-investigation-on-soil-stabilisation-using-rubber-crumbs-on-expansiv>

VARGAS, Zoila. Revista educación [en línea]. 2009. [Fecha de consulta: 14 de mayo 2020]. Disponible en:
Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>ISSN:
0379-7082

☰ ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Aplicación de la cal y el caucho para mejorar la sub rasante en la AV. Canta Callao-2020						
MATRIS DE CONSISTENCIA						
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	DEPENDIENTE			
¿De qué manera mejora la aplicación de la cal y el cacho en la sub rasante de la AV. Canta Callao-2020?	La aplicación de cal y el caucho como estabilizadores ayuda a la mejora en la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020.	Determinar cómo aplicación de cal y caucho mejora la sub rasante de la AV. Canta Callao- 2020.	Sub rasante	Plasticidad	Límite líquido Límite plástico	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: explicativa causal Diseño: Experimental Cuasiexperimental Unidad de análisis Es todas las sub rasantes de la AV. Canta Callao- 2020 Población está conformado por todas las sub rasantes de la AV. Canta Callao- 2020. Muestra es toda la sub rasante de la AV. Canta Callao- 2020
				Compactación	Clasificación de suelos Contenido de humedad y máxima densidad seca	
				Resistencia	Capacidad portante de la sub rasante	
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECÍFICOS	INDEPEND.			
¿De qué manera la aplicación de cal mejora la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao-2020?	La aplicación de la cal mejora la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao-2020	Determinar cómo la aplicación de cal mejora en la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020.	Cal	Dosificación	S+ 4% de cal	
¿De qué manera la aplicación de cal mejora la compactación de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020?	La aplicación de la cal mejora la compactación de la subrasante en la AV. Canta Callao-2020.	Determinar cómo la aplicación de cal mejora en la compactación de la subrasante en la AV. Canta Callao-2020.			S+ 6% de cal	
¿De qué manera la aplicación de cal mejora la resistencia en la subrasante de la Av. Canta Callao- 2020?	La aplicación de caucho mejora la resistencia de la subrasante de la Av. Canta Callao- 2020.	Determinar de qué manera la aplicación de cal mejora la resistencia en la subrasante de la Av. Canta Callao-2020.				
¿De qué manera la aplicación de caucho mejora la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020?	La aplicación del caucho mejora la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020	Determinar cómo la aplicación el caucho mejora la plasticidad de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020.	Caucho	Dosificación	S+ 4% de caucho	
¿De qué manera la aplicación de caucho mejora compactación de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020?	La aplicación del caucho mejora la compactación de la subrasante de la AV. Canta Callao- 2020.	Determinar cómo la aplicación de caucho mejora la compactación de la subrasante en la AV. Canta Callao-2020.			S+ 6% de caucho	
¿De qué manera la aplicación de caucho mejora la resistencia de la subrasante de la AV. Canta Callao- 2020?	La aplicación del caucho mejora en la resistencia de la subrasante en la AV. Canta Callao- 2020.	Determinar cómo la aplicación de caucho mejora la resistencia de la subrasante de la AV. Canta Callao- 2020.				

Fuente: elaboración propia

ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables

Aplicación de la cal y el caucho para la mejora de la sub rasante en la Av. Canta Callao-2020						
Tipo de variable	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
INDEPENDIENTE	Cal	(Gonzales García, 2018), sostiene que el suelo arcilloso mejora progresivamente con los porcentajes de 2%, 4% y 6%, la resistencia de la subrasante limo arcillosa y así mismo mejorando el CBR de la sub rasante.	La primera variable dependiente tiene una dimensión y dos indicadores los cuales tiene un instrumento con los que serán medidos. Una dimensión en común.	Dosificación	Suelo+ 4% de cal	Ensayo límites de atterberg
					Suelo+ 6% de cal	
	Caucho	Álvarez y Carrera (2017), sustenta que el caucho reciclado como agregado a la mezcla asfáltica ocasiona: a) El valor de la resistencia da la compresión de las muestras (briquetas) disminuyen con respecto al incrementarse el porcentaje de GCR.	La segunda variable dependiente tiene una dimensión y 2 indicadores los cuales tiene un instrumento con los que serán medidos. Una dimensión en común.	Dosificación	Suelo+ 4% de caucho	Ensayo de granulometría
					Suelo+ 6 % de caucho	
DEPENDIENTE	Sub rasante	Según Peña (2017) sostiene que es usado como sub rasante en obras viales por ende este material deberá cumplir con los estándares mínimos establecidas por las normas vigentes. El suelo o el material que se usara como sub rasante debe estar muy bien estabilizado con un CBR mayor al 6% (2017, p.3)	La variable independiente que es la mejora de la sub rasante tiene tres dimensiones y seis indicadores y tiene cuatro instrumentos con la que será medido para controlar la dosificación de la cal y el caucho para la mejora de la sub rasante de la Av. Canta Callao-2020	Plasticidad	Límite líquido	Ensayo límites de atterberg
					Límite plástico	
					Índice de plasticidad	
				Compactación	Clasificación de suelos	Ensayo de granulometría
					Contenido de humedad y máxima densidad seca	
				Resistencia	Capacidad portante de la sub rasante	

Fuente: elaboración propia

ANEXO 03: INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: _____

Institución donde labora : _____

Especialidad : _____

Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.

Autor (s) del instrumento (s): Robles Rivadeneira, John Renato

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE					
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE					
METODOL	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, ____ de _____ de 2020

ANEXO 05: Resultados de laboratorio



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA SUB-RASANTE EN LA AV. SANTA CALLAO - 2020
TESISTAS : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

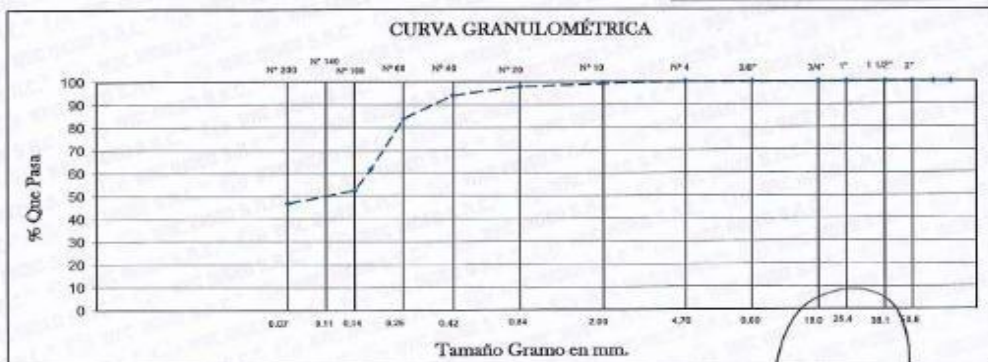
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422

CALICATA : C - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.
MUESTRA : M - 01 / NATURAL

wO =		GRANO > No. 4					w1 =		GRANO < No. 4				
Mallas A.S.T.M	Luz Tamiz En m.m	PESO TOTAL DE LA MUESTRA			% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa	Luz Tamiz En m.m	PESO TOTAL DE LA MUESTRA			% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa	
		GRM	Retenido en g	% Parcial Retenido				GRM	Retenido en g	% Parcial Retenido			
						No. 4	4.76						
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.00	10	2.000	4.4	0.9	0.9	99.06		
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.00	20	0.840	5.3	1.1	2.1	97.94		
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.00	40	0.420	16.0	3.6	5.9	94.11		
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.00	60	0.250	47.7	10.1	16.0	83.96		
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.00	100	0.177	104.0	22.1	38.2	61.83		
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.00	140	0.149	44.0	9.4	47.5	52.47		
3/8"	9.600	0.0	0.0	0.0	100.00	200	0.074	26.4	5.6	53.1	46.85		
No. 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.00	F		220.2	46.9	100.0	0.00		

w₀ = Peso total de la muestra
w₁ = Peso de la Fracción Pasante del No. 4
w₂ = Peso Total de la Muestra Pasante del No. 4

% DE HUMEDAD ASTM D2216	8.60
% DE GRAVA	0.00
% DE ARENA	53.15
% DE FINOS	46.85



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	LL 23	LP 13	IP 10
Clasif.	SUCS	SC	AASHTO A-4
			IG (2)

HECHO POR : Tec. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZARATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 60428

LIMA: Calle Las Magnolias Mz. H1 Lt. N° 3 - Urb. Los Jazmines de Naranjal - S.M.P. • Telf.: (01) 485-0702 / Cel.: 988 339 871 / 985 034 720
BAGUA - AMAZONAS: Jr. Madre de Dios N° 400 / Cel.: 971 138 046 • TUMBES - TUMBES: Jr. Bolívar N° 632 • Cel.: 985 034 720
JAEN - CAJAMARCA: Calle Los Laureles N° 870 - Sect. Morro Solar • Cel.: 985 034 720
E-mail: adm@wrcingeosac.com

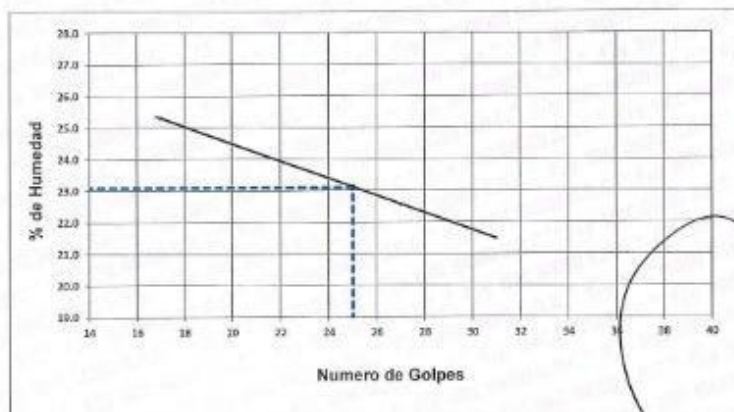


TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

CALCULO DE LIMITE CON TRES PUNTOS ASTM D 4318

CAUCATA : 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m
MUESTRA : 01 / NATURAL

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	17	22	27	4	5
Numero de Golpes					
Numero de Tarro	3	15	4		
Peso humedo + Tarro (g)	34.60	33.50	36.60	17.00	16.40
Peso seco + Tarro (g)	29.25	28.63	31.50	16.10	15.70
Peso de Tarro (g)	8.50	8.30	8.60	9.70	9.40
Peso de agua (g)	5.25	4.87	6.10	0.90	0.70
Peso de suelo seco (g)	20.75	20.33	22.60	6.40	6.30
% de Humedad	25.3	24.0	22.6	14.1	11.1
	LL = 23			LP = 13	
				IP = 10	



Realizado por : Tec. Jemi Carqueza



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. SANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

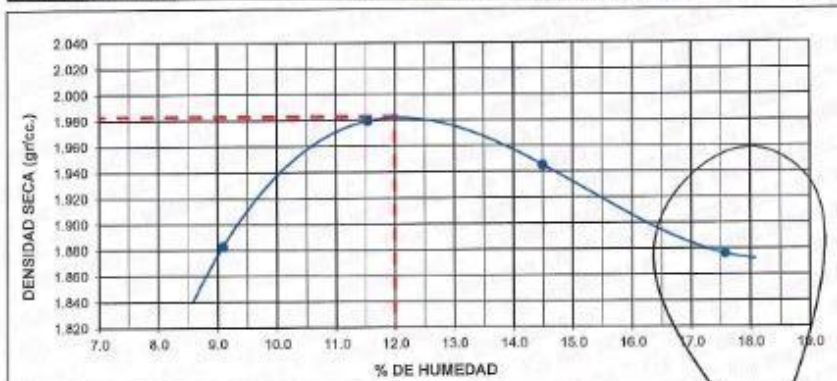
CALICATA : 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.
MUESTRA : 01 / NATURAL

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE :	942 cm ³	PESO DEL MOLDE :			4212 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		6147	6202	6310	6290
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1935	2080	2098	2078
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		2.05	2.21	2.23	2.21
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.883	1.900	1.945	1.876

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°.	1	2	3	4	
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	251.00	278.00	292.00	333.00	
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	243.00	266.00	272.00	304.00	
PESO DE AGUA (g)	8.00	12.00	20.00	29.00	
PESO DEL TARRO (g)	155.0	162.0	134.0	139.0	
PESO DE SUELO SECO (g)	88.00	104.00	138.00	165.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.00	11.54	14.49	17.58	
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.983 g/cm ³		HUMEDAD OPTIMA		12.00 %



Hecho Por : Téc. Martín Correa



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIA 68428



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / NATURAL
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo A
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.983
Optimo Contenido de Humedad (%) 12.00

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.983	1.910	1.836
Contenido de Humedad	12.00	12.00	12.00

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	108	1000	10.8
II	0.1	73	1000	7.3
III	0.1	39	1000	3.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 10.8
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 6.0

d).- Expansión (%) : 7.8

HECHO POR : Téc. Martin Correa



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

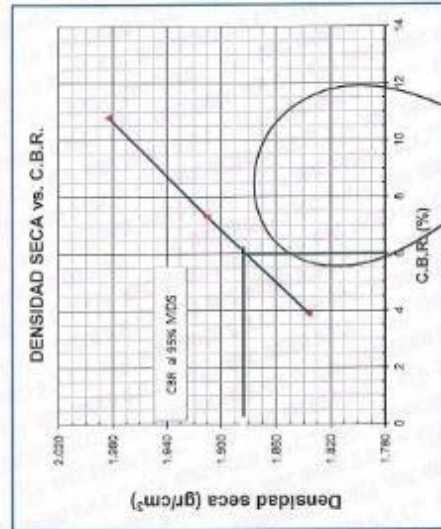
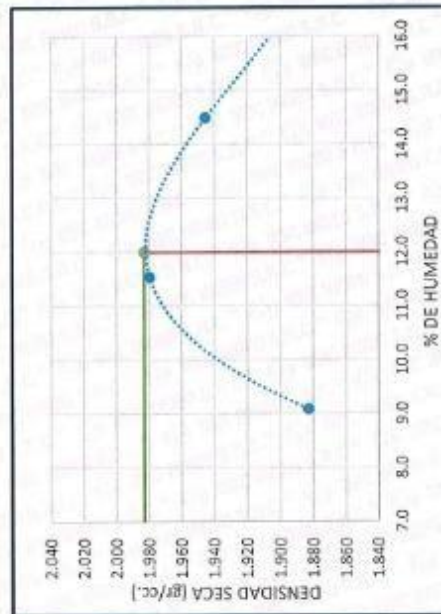
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL CIP 68428



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883

CALICATA	: 01	Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	= 1.983
MUESTRA	: 01 / NATURAL	Óptimo Contenido de Humedad (%)	= 12.00
PROFUNDIDAD	: 0.00 - 1.50 m.	CBR al 100% de la MDS (%)	= 10.80
		CBR al 95% de la MDS (%)	= 6.00



Observación : Se registró expansión positiva de 7.8% posterior a las 96 horas de saturación.
Hecho por : Téc. Martín Correa



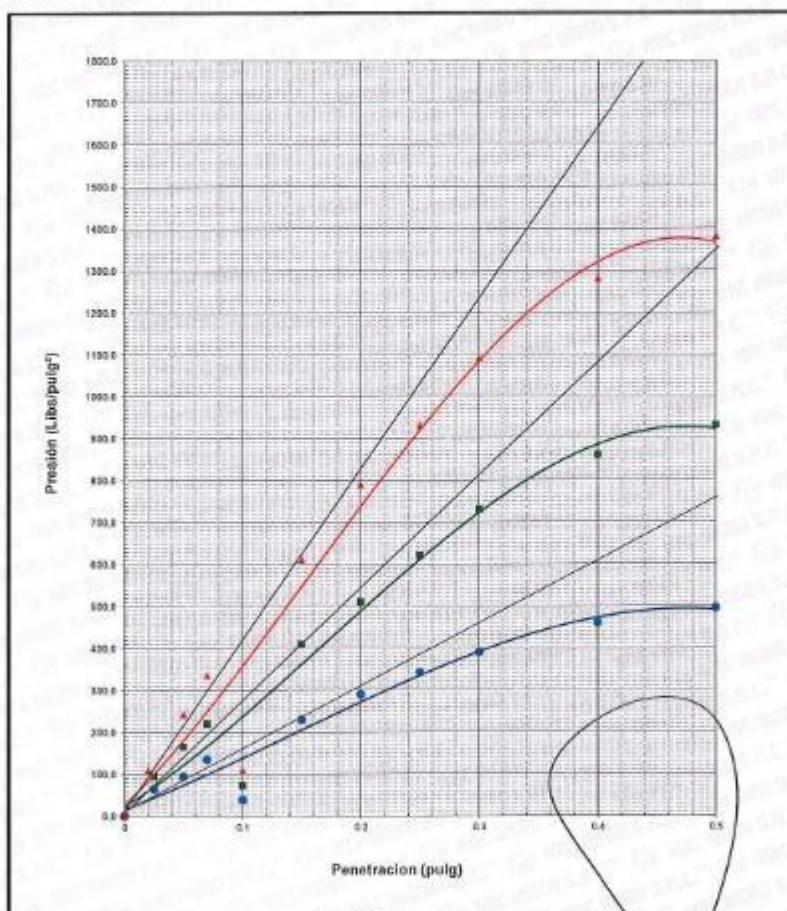
WRC INGENIO S.A.C.
JORGE ZAMATA CASTILLO
ING. CIVIL (C.P. 68428)



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / NATURAL
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.



HECHO POR : Téc. Martín Correa



WRC INGENIO Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - C.M. 6842B



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA GALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

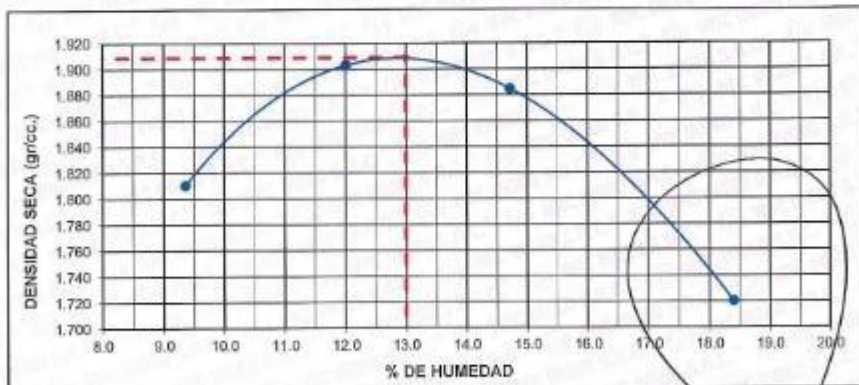
CALCATA : 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m
MUESTRA : 01 / 4% CAL

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE :	951 cm ³	PESO DEL MOLDE :				3239 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		5266	5295	5176	5122	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		2027	2056	1937	1683	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		2.13	2.16	2.04	1.96	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.903	1.895	1.720	1.811	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°.		1	2	3	4	
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)		310.20	205.10	318.10	208.20	
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)		281.80	185.30	290.30	201.40	
PESO DE AGUA (g)		18.30	19.80	27.80	6.80	
PESO DEL TARRO (g)		139.4	50.7	139.2	128.7	
PESO DE SUELO SECO (g)		152.50	134.60	151.10	72.70	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		12.0	14.7	18.4	9.4	
DENSIDAD MAXIMA SECA		1.909 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		13.00 %	



Hecho Por : Téc. Jony Abanto



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZARATA CASTILLO
ING. CIVIL, CIP 68426



SOLICITA : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
PROYECTO SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
UBICACIÓN : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 4% CAL
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo A
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) 1.909
Optimo Contenido de Humedad (%) 13.00

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.909	1.792	1.712
Contenido de Humedad	13.00	13.00	13.00

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	148	1000	14.8
II	0.1	112	1000	11.2
III	0.1	75	1000	7.5

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 14.8
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 11.9

d).- Expansión (%) 7.0

HECHO POR : Téc. Jony C. Gutierrez



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 158428

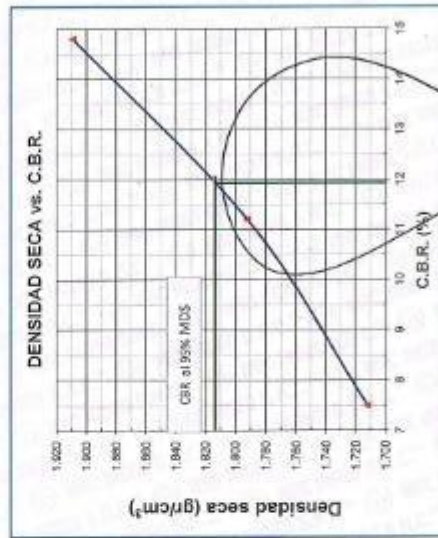
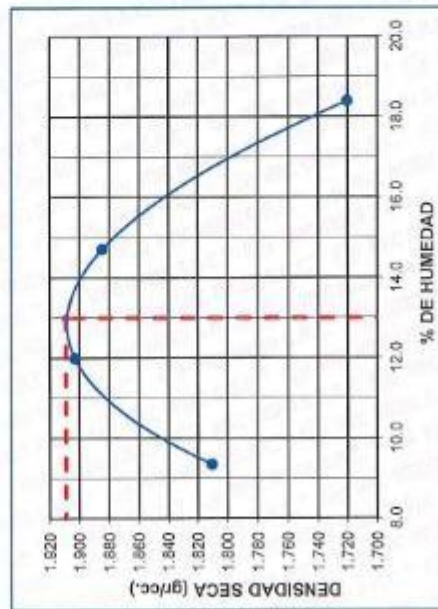


SOLICITANTE : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
PROYECTO : SUB-RASANTE EN LA AV. CAMITA CALLAO - 2020
UBICACIÓN : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 4% CAL
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) = 1.909
Óptimo Contenido de Humedad (%) = 13.00
CBR al 100% de la MDS (%) = 14.80
CBR al 95% de la MDS (%) = 11.93



Observación : Se registró expansión positiva de 7.0% posterior a las 96 horas de saturación.
Hecho por : Téc. Jony C. Gutiérrez Abanto

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

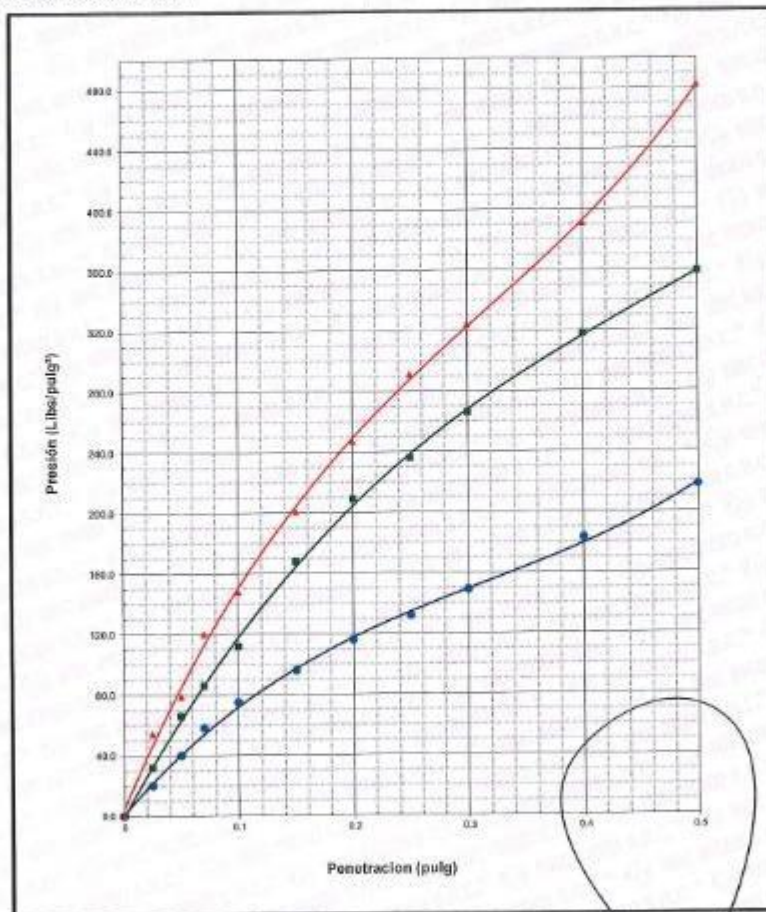




SOLICITA : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
PROYECTO : SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
UBICACIÓN : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 4% CAL
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m



HECHO POR : Téc. Jony C. GARCÍA



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



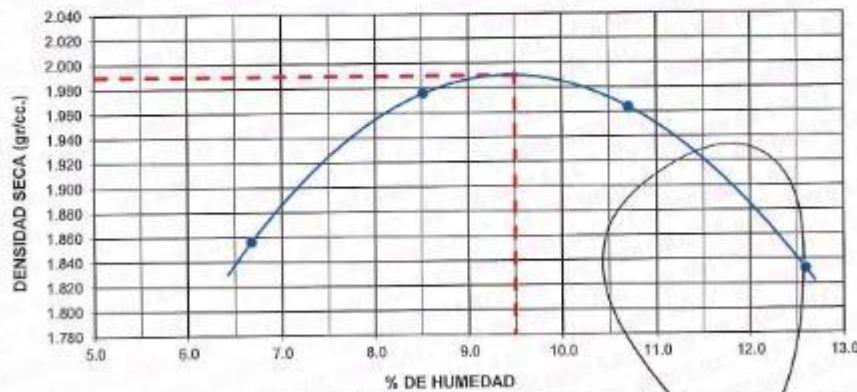
TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA : 01 PROFUNDIDAD : 1.50 m.
MUESTRA : 01 / 6% CAL

ENSAYO DE COMPACTACION					
VOLUMEN DEL MOLDE :	2122 cm ³	PESO DEL MOLDE :			6305 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		10607	10855	10919	10683
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		4202	4550	4614	4378
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		1.98	2.14	2.17	2.06
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.856	1.976	1.964	1.832

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
TARRO N°.		1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)		1401.00	1415.00	1434.00	1322.00
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)		1328.40	1324.00	1323.00	1204.80
PESO DE AGUA (g)		72.60	91.00	111.00	117.20
PESO DEL TARRO (g)		241.0	256.0	286.0	274.0
PESO DE SUELO SECO (g)		1087.40	1068.00	1037.00	930.80
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		6.7	8.5	10.7	12.6
DENSIDAD MAXIMA SECA		1.990 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		9.50 %



Hecho Por : Téc. Jhmi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 66428



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 6% CAL
PROFUNDIDAD : 1.50 m.

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : A
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.99
Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.50

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.990	1.812	1.723
Contenido de Humedad	9.50	9.50	9.50

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presión Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	336	1000	33.6
II	0.1	186	1000	18.6
III	0.1	103	1000	10.3

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 33.6
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 25.3

d).- Expansión (%) : 5.8

HECHO POR : Téc. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

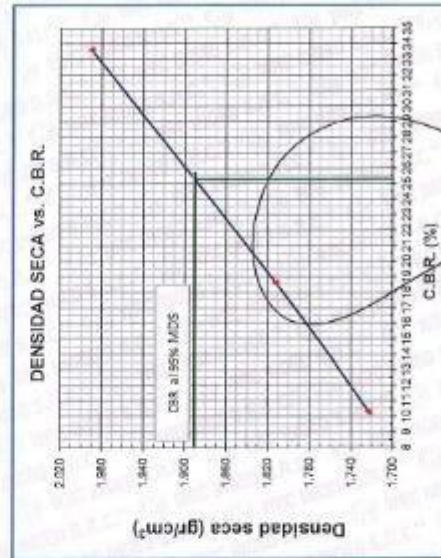
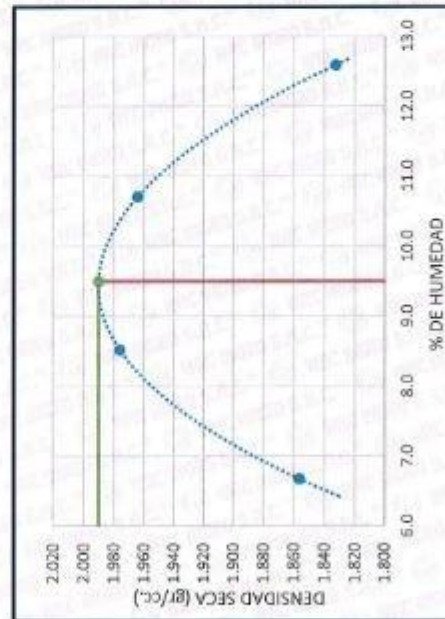
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - DIP 66426



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883

CALICATA	: 01	Máxima Densidad Seca (gr/cm^3)	=	1,990
MUESTRA	: 01 / 6% CAL	Óptimo Contenido de Humedad (%)	=	9,50
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	CBR al 100% de la MDS (%)	=	33,60
		CBR al 95% de la MDS (%)	=	25,30



Observación : Se registró expansión positiva de 5.8% posterior a las 96 horas de saturación.
Hecho po : Téc. Jimi Cerquero

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL, CIP 68428

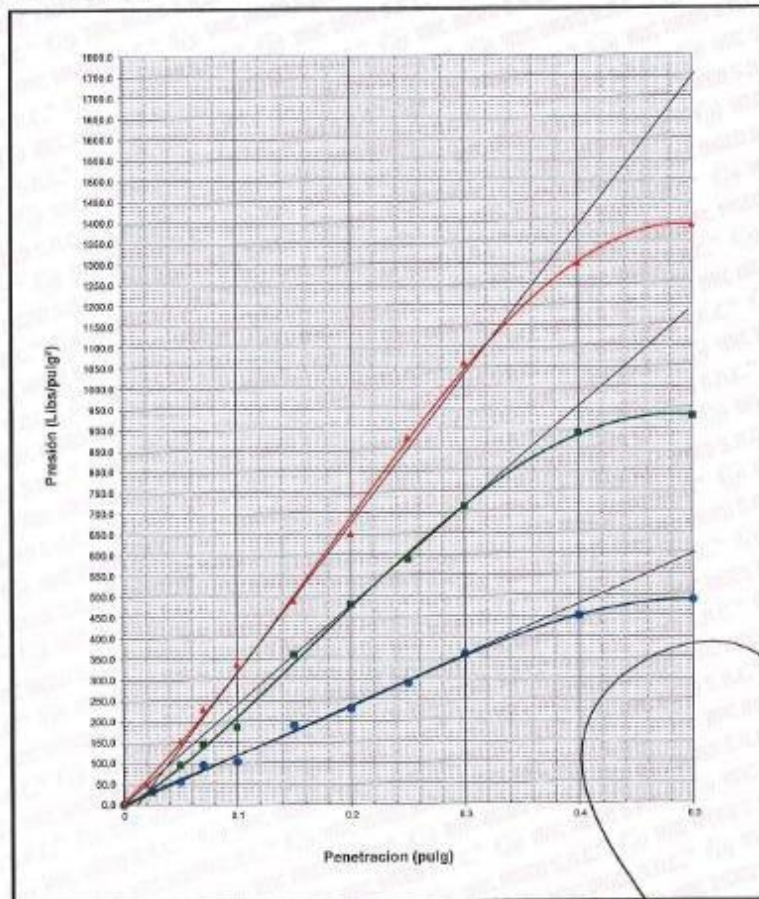




TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 6% CAL
PROFUNDIDAD : 1.50 m.



Hecho por : Téc. Jimi Cerquera



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZARATA CASTILLO
ING. CIVIL - O.P. 68428



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAD - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

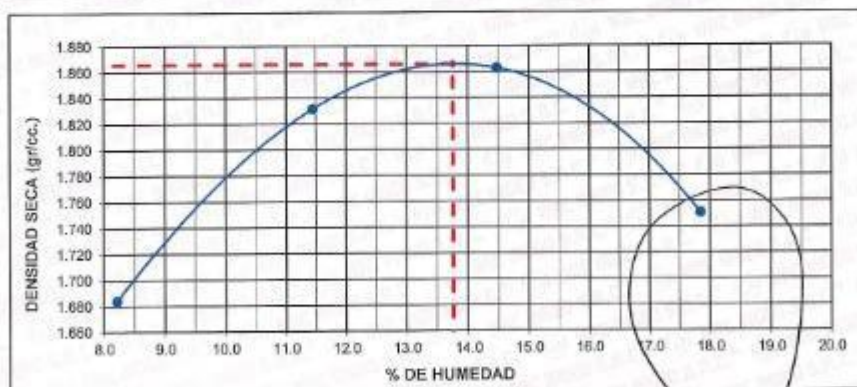
CALICATA : 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.
MUESTRA : 01 / 4% CAUCHO

ENSAYO DE COMPACTACION

VOLUMEN DEL MOLDE :	951 cm ³	PESO DEL MOLDE :				3239 g
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (g)		4972	5180	5267	5201	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (g)		1733	1941	2028	1962	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)		1.82	2.04	2.13	2.06	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.684	1.832	1.803	1.751	

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

TARRO N°	1	2	3	4
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	321.20	276.80	315.60	246.20
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	307.40	262.70	282.10	230.00
PESO DE AGUA (g)	13.80	14.10	33.50	16.20
PESO DEL TARRO (g)	139.4	139.4	50.7	139.2
PESO DE SUELO SECO (g)	168.00	123.30	231.40	90.80
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.2	11.4	14.5	17.8
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.866 g/cm ³	HUMEDAD OPTIMA		13.76 %



Hecho Por : Téc. Jony C. Gutiérrez



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 4% CAUCHO
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : A
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.866
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.76

b).- Compactación de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.866	1.777	1.694
Contenido de Humedad	13.76	13.76	13.76

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presión Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	145	1000	14.5
II	0.1	118	1000	11.8
III	0.1	68	1000	6.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 14.5

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 11.6

d).- Expansión (%) : 6.5

HECHO POR : Téc. Jony C. Rosanto



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 10428

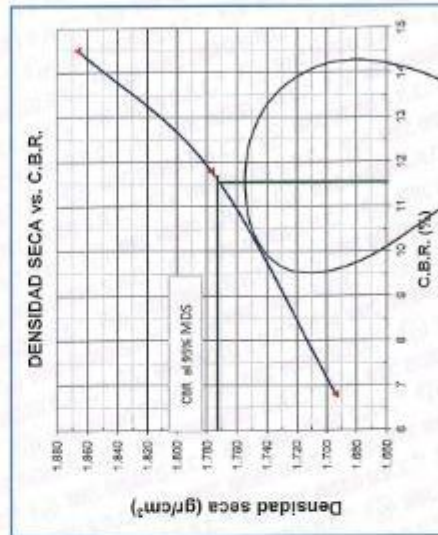
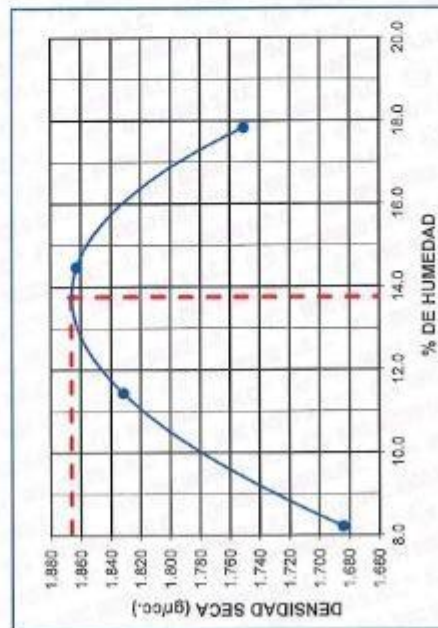


TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CAMTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 4% CAUCHO
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) = 1.866
Óptimo Contenido de Humedad (%) = 13.76
CBR al 100% de la MDS (%) = 14.50
CBR al 95% de la MDS (%) = 11.55



Observacion : Se registró expansión positiva de 5.5% posterior a las 96 horas de saturación.
Hecho por : Téc. Jony C. Gutiérrez Abanto



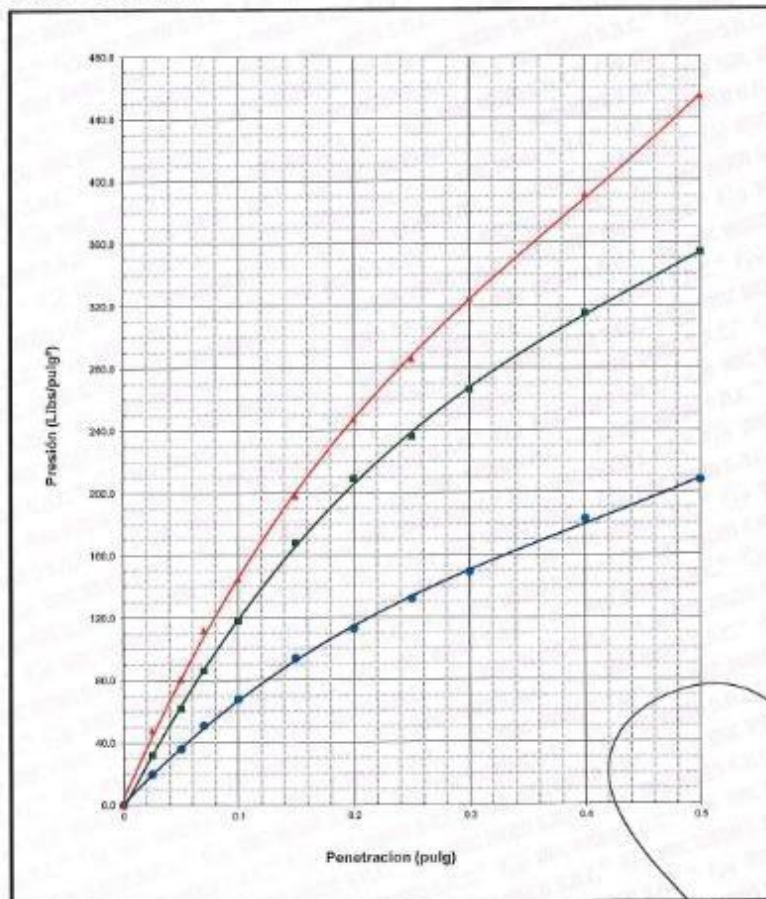
WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 68428



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

CALICATA : 01
MUESTRA : 01 / 4% CAUCHO
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.



HECHO POR : Téc. Jony C. Gutiérrez Abanto



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 66428



TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : C-1
MUESTRA : 01 / 6% CAUCHO
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.

I. ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : A
Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.787
Optimo Contenido de Humedad (%) : 13.80

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.787	1.692	1.573
Contenido de Humedad	13.80	13.80	13.80

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.1 pulg. De penetración

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	204	1000	20.4
II	0.1	148	1000	14.8
III	0.1	61	1000	6.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 20.4
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 15.0

d).- Expansión (%) : 5.2

HECHO POR : Téc. J.



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 18420

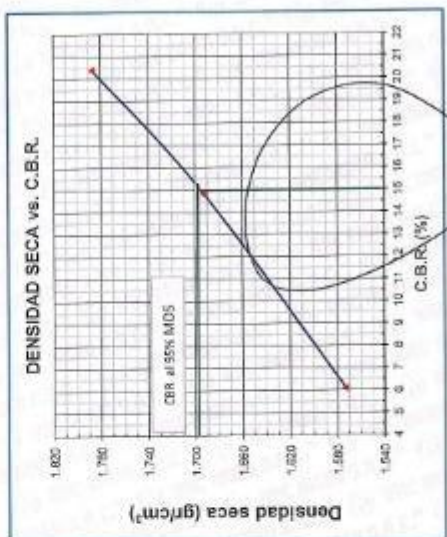
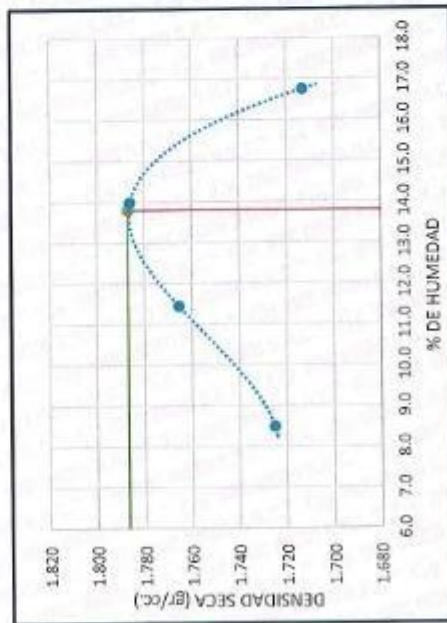


TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. CANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) - ASTM D1883

CALICATA : C-1
MUESTRA : 01 / 6% CAUCHO
PROFUNDIDAD : 0.06 - 1.50 m.

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) = 1.787
Óptimo Contenido de Humedad (%) = 13.80
CBR al 100% de la MDS (%) = 20.40
CBR al 95% de la MDS (%) = 15.00



Observación : Se registró expansión positiva de 5.2% posterior a las 96 horas de saturación.
Hecho por : Téc. Martín Correa

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

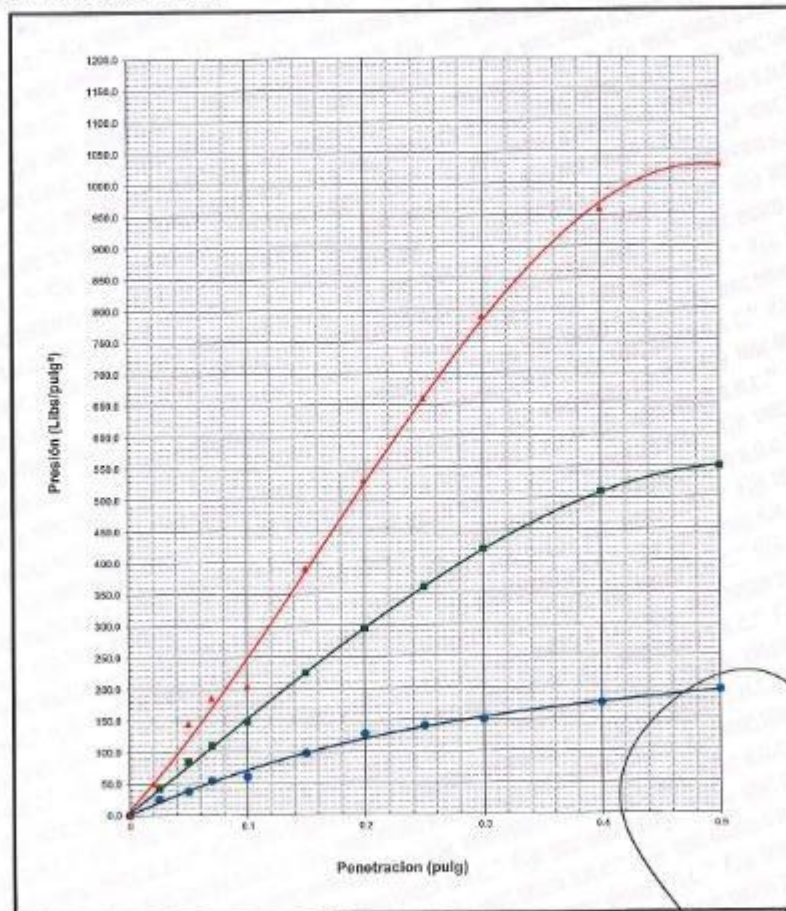




TITULO : APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA
SUB-RASANTE EN LA AV. SANTA CALLAO - 2020
TESISTA : JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) ASTM D 1883

CALICATA : C-1
MUESTRA : 01 / 6% CAUCHO
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 m.



HECHO POR : Téc. Martín Correa

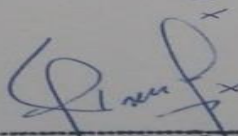


WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA BASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

ANEXO 04: VALIDACIÓN DE EXPERTOS

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS EN CAMPO		"APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA SUBRASANTE EN LA Av. SANTA CALLAO 2020"	
AUTOR: JOHN SEBASTIÁN ROBLES RIVADENEIRA			
INFORMACION GENERAL			
UBICACION:	AV. SANTA CALLAO	LONGITUD:	-77,093
PROVINCIA:	LIMA	LATITUD:	-115,777
REGION:		ALTITUD:	123 m.s.n.m.
DISTRITO:			
VARIABLE:			
V1:			
D:1			
PROCEDIMIENTO A REALIZAR	INDEPENDIENTE		MARCAR (X)
	CAL		NO
	DOSIFICACION		
	Se realizaran los ensayos definidos en el desarrollo de pre SI		
SUELO NATURAL	Ensayo limites de atterberg Ensayo Proctor modificado, Ensayo de granulometria, Ensayo CBR	X	
SUELO NATURAL+4% DE CAL	Ensayo limites de atterberg Ensayo Proctor modificado, Ensayo de granulometria, Ensayo CBR	X	
SUELO NATURAL+6% DE CAL	Ensayo limites de atterberg Ensayo Proctor modificado, Ensayo de granulometria, Ensayo CBR	X	
V2:	CAUCHO		
D:1	DOSIFICACION		
SUELO NATURAL	Ensayo limites de atterberg Ensayo Proctor modificado, Ensayo de granulometria, Ensayo CBR	X	
SUELO NATURAL+4% DE CAUCHO	Ensayo limites de atterberg	XX	
SUELO NATURAL+6% DE CAUCHO	Ensayo limites de atterberg	XX	
VARIABLE	DEPENDIENTE		
V1:	SUB RASANTE		
D:1	PLASTICIDAD		
LIMITE LIQUIDO	Ensayo limites de atterberg	XX	
LIMITE PLASTICO	Ensayo limites de atterberg	XX	
D-2	COMPACTACION		
CLASIFICACION DE SUELOS	Ensayo de granulometria	X	
CONTENIDO DE HUMEDAD Y MAXIMA DENSIDAD SECA	Ensayo Proctor modificado	X	
D:3	RESISTENCIA		
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	Ensayo CBR	X	



Miguel Vinces
INGENIERO CIVIL
CIP N° 87666

FIRMA DEL EVALUADOR

ING. MIGUEL VINECES

FICHA DE RECOLECCION DE DARTOS EN CAMPO

CAUCHO PARA LA MEJORA
DE LA SUBRASANTE EN LA
Av. CANTA CALLAO 2020*

PROYECTO:

AUTOR:

JOHN RENATO ROBLES RIVADENEIRA

INFORMACION GENERAL

UBICACIÓN:

Av.CANTA CALLAO

LOGITUD

-77093

PROVINCIA:

LIMA

LATITUD

-119777

REGION :

LIMA

ALTITUD

123 m.s.n.m.

DISTRITO:

VARIABLE

INDEPENDIENTE

V1:

CAL

MARCAR(x)

D:1

DOSIFICACION

SI

NO

Ensayo de
granulometría,Ensayo límites de
atterberg ,Ensayo Proctor
modificado,Ensayo CBR

SUELO NATURAL

X

Ensayo de
granulometría,Ensayo límites de
atterberg ,Ensayo Proctor
modificado,Ensayo CBR

SUELO NATURAL+4% DE CAL

X

Ensayo de
granulometría,Ensayo límites de
atterberg ,Ensayo Proctor
modificado,Ensayo CBR

SUELO NATURAL+6% DE CAL

X

V2:

CAUCHO

D:1

DOSIFICACION

Ensayo de
granulometría,Ensayo límites de
atterberg ,Ensayo Proctor
modificado,Ensayo CBR

SUELO NATURAL

Activ
Ve a C

CONTENIDO DE HUMEDAD Y MAXIMA DENSIDAD SECA Ensayo Proctor modificado

X

D:3

RESISTENCIA

CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO Ensayo CBR

X



FIRMA DEL EVALUADOR

ING: LUIS VARGAS CHACALTANA

PROYECTO: AUTOR:		FICHA DE RECOLECCION DE DATOS EN CAMPO "APLICACIÓN DE LA CAL Y EL CAUCHO PARA LA MEJORA DE LA SUBRASANTE EN LA Av. CANTA CALLAO 2020" JOHN BENATO ROBLES RIVADENDRA	
UBICACIÓN: PROVINCIA: REGION: DISTRITO: VARIABLE VS: D:1		INFORMACION GENERAL Av CANTA CALLAO LIMA LIMA	LONGITUD: -77,093 LATITUD: -119,777 ALTITUD: 123 m.s.n.m.
PROCEDIMIENTO A REALIZAR		INDEPENDIENTE CAL DOSIFICACION Se realizaran los ensayos definidos en el desarrollo de proyec: SI	MARCAR (X) NO
SUELO NATURAL	Ensayo de granulometría, Ensayo límites de atterberg, Ensayo Proctor modificado, Ensayo CBR		X
SUELO NATURAL+8% DE CAL	Ensayo de granulometría, Ensayo límites de atterberg, Ensayo Proctor modificado, Ensayo CBR		X
SUELO NATURAL+6% DE CAL	Ensayo de granulometría, Ensayo límites de atterberg, Ensayo Proctor modificado, Ensayo CBR		X
V2: D:1	CAUCHO DOSIFICACION		
SUELO NATURAL	Ensayo de granulometría, Ensayo límites de atterberg, Ensayo Proctor modificado, Ensayo CBR		X
SUELO NATURAL+8% DE CAUCHO	Ensayo de granulometría, Ensayo límites de atterberg, Ensayo Proctor modificado, Ensayo CBR		X
SUELO NATURAL+6% DE CAUCHO	Ensayo de granulometría, Ensayo límites de atterberg, Ensayo Proctor modificado, Ensayo CBR		X
VARIABLE VS: D:1	DEPENDIENTE SUB RASANTE PLASTICIDAD		
LÍMITE LÍQUIDO LÍMITE PLÁSTICO	Ensayo límites de atterberg, Ensayo límites de atterberg,		X X
O:2	COMPACTACION		
CLASIFICACION DE SUELOS	Ensayo de granulometría		X
CONTENIDO DE HUMEDAD Y MÁXIMA DENSIDAD SECA	Ensayo Proctor modificado		X
D:3	RESISTENCIA		
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	Ensayo CBR		X

CONSTRUCCIONES INTERURBANA SAC

 Orestes Jaime Rufasto Marin
 LA EMPRESA S.A.

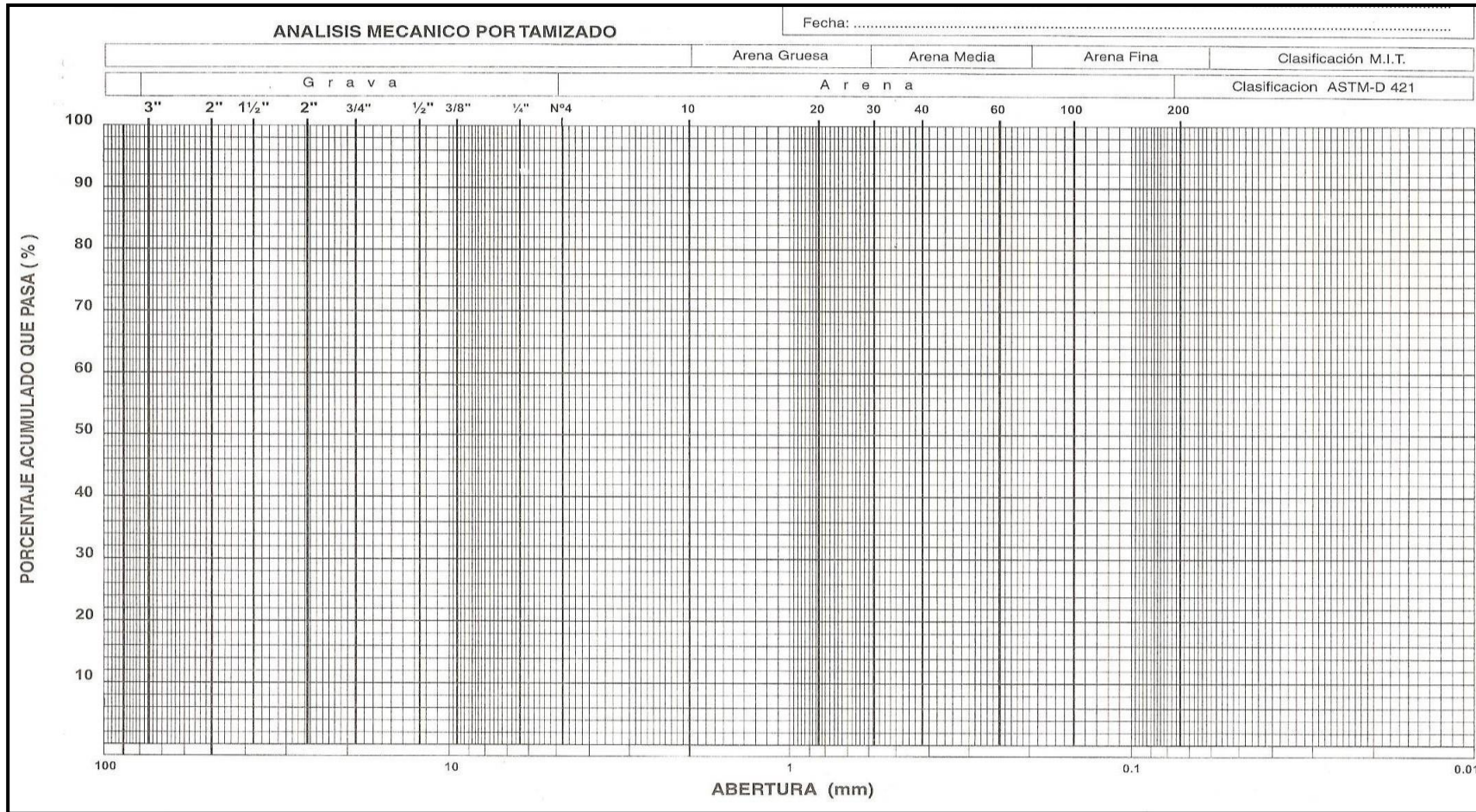
INGENIERO ORESTER JAIME RUFASTO MARIN

ANEXO 05: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Instrumento para determinar el contenido de humedad

Solicitante: Proyecto Ubicación Fecha		
Contenido de humedad		
N°	Calicata	
	Profundidad	
1	Peso recipiente + suelo húmedo	
2	Peso recipiente + suelo seco	
3	Peso recipiente	
4	Peso agua (1-2)	
5	Peso suelo seco (2-3)	
6	Humedad (4/5)* 100(%)	

Instrumento para medir el Análisis granulométrico por tamizado



Instrumento para medir los límites de Atterberg.

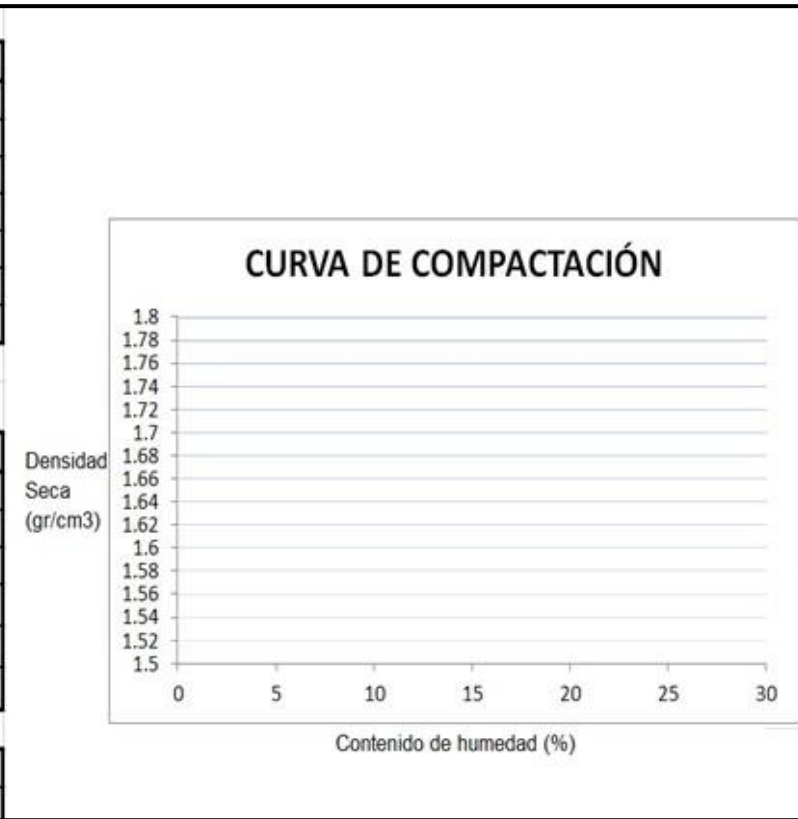
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">PROYECTO:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UBICACIÓN</td> <td></td> </tr> </table>	PROYECTO:		UBICACIÓN						
PROYECTO:										
UBICACIÓN										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">CALICATA:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MUESTRA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROFUNDIDAD:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FECHA:</td> <td></td> </tr> </table>	CALICATA:		MUESTRA		PROFUNDIDAD:		FECHA:		
CALICATA:										
MUESTRA										
PROFUNDIDAD:										
FECHA:										
LÍMITE LÍQUIDO (LL)										
Nº tara										
Nº de golpes										
Peso tara (gr)										
Peso tara + suelo húmedo (gr)										
Peso tara + suelo seco (gr)										
Peso del agua (gr)										
Peso del suelo seco (gr)										
Humedad (%)										
LÍMITE PLÁSTICO (LP)										
Nº tara										
Peso tara (gr)										
Peso tara + suelo húmedo (gr)										
Peso tara + suelo seco (gr)										
Peso del agua (gr)										
Peso del suelo seco (gr)										
Humedad (%)										
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)= LL - LP										

Gráfico de Fluidez

The graph plots 'Contenido de Humedad' (Humidity) on the y-axis (0.0 to 45.0) against 'Número de Golpes' (Number of Blows) on the x-axis (10 to 100). A vertical blue line is drawn at 25 blows, extending from the x-axis to the top of the graph.

Instrumento para medir el ensayo Proctor Modificado

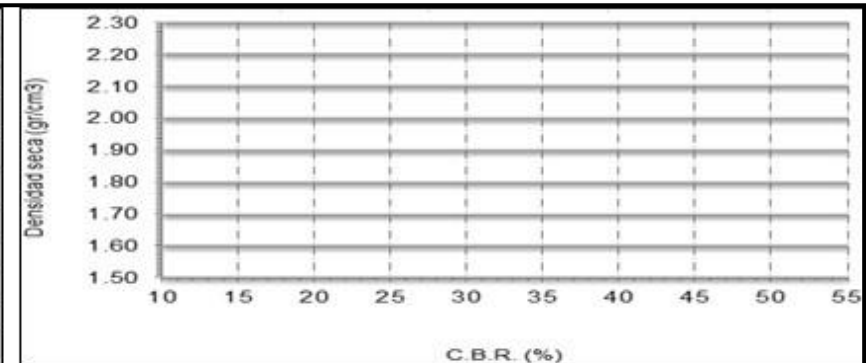
Humedad					
Prueba N°		1	2	3	4
Recipiente N°					
Peso de tara	(gr)				
Tara + suelo húmedo	(gr)				
Tara + suelo seco	(gr)				
Peso del agua	(gr)				
Peso del suelo seco	(gr)				
Contenido de humedad	(%)				
Densidad					
Prueba N°		1	2	3	4
Peso del molde + suelo húmedo	(gr)				
Peso de molde	(gr)				
Peso suelo húmedo	(gr)				
Volumen del molde	(cm ³)				
Densidad húmeda	(gr/cm ³)				
Densidad seca	(gr/cm ³)				
Densidad seca	(gr/cm ³)				
Contenido de humedad	(%)				



Instrumento para medir el ensayo CBR (California Bearing Ratio)

Molde N°	A	B	C
Capas N°			
N° de golpes por capa			
CONDICION DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo humedo			
Peso del molde			
Peso del suelo humedo			
Volumen del molde			
Densidad humeda			
% de humedad			
Densidad seca			

AREA DEL PISTON		pulg.2								
	MOLDE A			MOLDE B			MOLDE C			
PENETRACION PULGADAS	Kg	Lb	Lb/Pulg.2	Kg	Lb	Lb/Pulg.2	Kg	Lb	Lb/Pulg.2	



Ranking de costos entre el caucho granular y estabilizadores comunes incorporados en la subrasante.

RANKING DE COSTOS DE LOS ESTABILIZADORES EMPLEADOS EN LA SUBRASANTE								
TIPO DE ESTABILIZADOR	PRESENTACIÓN	Unidad de medida en kg	Metrado	COSTO	Precio Unitario	DOSIFICACIÓN MTC	COMPARACIÓN CON EL CAUCHO EN POLVO	
							METRADO PATRON DE CAUCHO EN POLVO	COSTO COMPARATIVO
Cemento SOL Tipo I	Bolsa	Kg	42.5	S/. 22.30	0.52x kg	2-12% suelos A-123	20 kg	S/. 10.40
Cal HADES AASHTO M-216 ASTM C-977	Bolsa	Kg	20	S/. 23.30	0.70x kg	2-8% en suelos arcillosos	20 kg	S/. 14.00
Cloruro de calcio	Bolsa	Kg	25	S/. 58.87	2.35x kg	1 a 3% en peso del suelo seco	20 kg	S/. 47.00
Cloruro de Sodio UHP	Bolsa	Kg	25	\$51	2.04x kg	50-80 kg/m3	20 kg	\$40.80
CAUCHO GRANULAR	Bolsa	Kg	30	S/. 30.00	1.00x kg	A PEDIDO	20 kg	S/. 20.00