

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I EN
LA CAPACIDAD SOPORTE (CBR) DE LA
SUBRASANTE DE LA AVENIDA ARANA VIDAL
SECTOR LA COLINA, JAÉN 2021**

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

**AUTORES: Bach. CARLOS ALBERTO BECERRA AGURTO
 Bach. CARLOS ENRRIQUE CALDERON BANDA**

ASESOR: DR. MANUEL EMILIO MILLA PINO

JAÉN – PERÚ, SEPTIEMBRE, 2022



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 13 de diciembre del año 2022, siendo las 11:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña.
Secretario : M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban.
Vocal : Ph.D Wilfredo Ruiz Camacho.

Para evaluar la Sustentación del Informe Final de:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"INFLUENCIA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I EN LA CAPACIDAD SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA ARANA VIDAL SECTOR LA COLINA, JAÉN 2021"**, presentado por los bachilleres **Carlos Alberto Becerra Agurto y Carlos Enrique Calderon Banda**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad ()

Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (16) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 12:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña
Presidente

M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban
Secretario

Ph.D Wilfredo Ruiz Camacho
Vocal

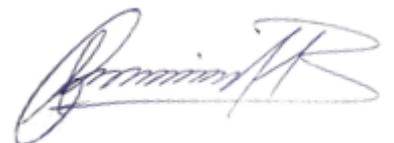
ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	I
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
IV. RESULTADOS	32
V. DISCUSIÓN	46
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	50
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
AGRADECIMIENTO	55
DEDICATORIA	56



ÍNDICE DE TABLAS

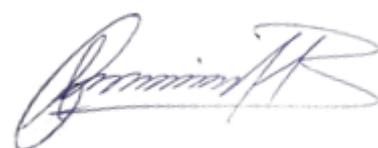
Tabla 1. Principales componentes del cemento portland.....	12
Tabla 2. Ensayos y normas	14
Tabla 3. Equipos y materiales.....	18
Tabla 4. Número de ensayos y repeticiones	19
Tabla 5. Operacionalización de variables	20
Tabla 6. Influencia del cemento portland tipo I en la capacidad soporte CBR	32
Tabla 7. Análisis granulométrico por lavado.....	33
Tabla 8. Límites de Atterberg	35
Tabla 9. Clasificación del suelo.....	35
Tabla 10. Contenido de humedad y Densidad natural	36
Tabla 11. Proctor modificado	36
Tabla 12. CBR al 95% MDS a 0.1”	37
Tabla 13. Proctor modificado con adiciones de cemento portland tipo I, C-1/M-1	38
Tabla 14. CBR con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I, C-1/M-1	40
Tabla 15. C Pruebas de homogeneidad de varianzas	43
Tabla 16. Prueba ANOVA de un factor.....	44
Tabla 17. C Prueba POST HOC.....	44



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación Geográfica	16
Figura 2. Mapa de Ubicación y Localización	17
Figura 3. Realización de calicata 1 y extracción de muestra	22
Figura 4. Realización de calicata 2 y extracción de muestra	22
Figura 5. Realización del ensayo análisis granulométrico por tamizado C-1/M-1.....	23
Figura 6. Realización del ensayo análisis granulométrico por tamizado C-2/M-1.....	24
Figura 7. Realización del ensayo de contenido de humedad C-1/M-1	24
Figura 8. Realización del ensayo de contenido de humedad C-2/M-1	25
Figura 9. Realización del ensayo Límites de Atterberg C-1/M-1	25
Figura 10. P Realización del ensayo Límites de Atterberg C-2/M-1	26
Figura 11. Realización del ensayo de Proctor modificado patrón C-1/M-1	27
Figura 12. Realización del ensayo de Proctor modificado + 4% adición de cemento portland tipo I C-1/M-1.....	27
Figura 13. Realización del ensayo de Proctor modificado + 6% adición de cemento portland tipo I C-1/M-1.....	28
Figura 14. Realización del ensayo de Proctor modificado + 8% adición de cemento portland tipo I C-1/M-1.....	28
Figura 15. Realización del ensayo de CBR patrón, C-1/M-1	29
Figura 16. Realización del ensayo de CBR + 4% adición de cemento portland tipo I, C- 1/M-1	29
Figura 17. Realización del ensayo de CBR + 6% adición de cemento portland tipo I, C- 1/M-1	30
Figura 18. Realización del ensayo de CBR + 8% adición de cemento portland tipo I, C- 1/M-1	30
Figura 19. Curva de análisis granulométrico por lavado C-1/M-1	34
Figura 20. Curva de análisis granulométrico por lavado C-2/M-1	34
Figura 21. DMS Y OCH con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I, C-1/M-1	39
Figura 22. DMS Y CBR con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I, C-1/M-1	41

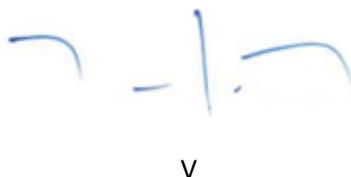
Figura 23. Comparación del efecto adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I en el CBR, C-1/M-1 43

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C. Lopez'.A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C-1-M-1'.A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Bernard R'.

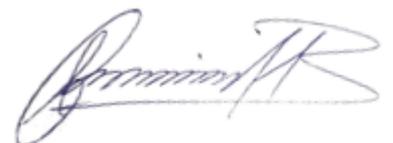
RESUMEN

La presente investigación tuvo objetivo principal analizar la influencia del cemento portland tipo I en la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, y la metodología consistió en realizar especímenes de CBR con distintas adiciones de cemento portland tipo I en porcentajes de 0%, 4%, 6% y 8% en relación al peso del suelo en condiciones secas, para luego ser ensayadas después de 4 días de estar inmersos en condiciones húmedas. Entre sus resultados se tuvo que suelo estudiado fue una arcilla inorgánica de mediana plasticidad CL; cuyo contenido de humedad promedio del suelo encontrado fue de 14.57% y una densidad natural húmeda promedio de 1.545gr/cm³, por otro lado se tuvo que para las adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% la densidad máxima seca (DMS) fue directamente proporcional a las adiciones de cemento y el óptimo contenido de humedad (OCH) de compactación fue inversamente proporcional y finalmente el CBR al 95% MDS a 0.1" promedio, tuvo valores de 2.815%, 9.350%, 12.550% y 17.5375%. Concluyendo que el óptimo contenido de cemento portland tipo I que determina la máxima la capacidad soporte (CBR) fue con el 8%.

Palabras clave: capacidad soporte (CBR), subrasante, arcilla, cemento portland tipo I, densidad máxima seca (DMS), óptimo contenido de humedad (OCH).



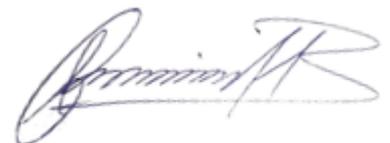
v



ABSTRACT

The main objective of this research was to analyze the influence of portland cement type I on the support capacity (CBR) of the subgrade of Arana Vidal avenue, district of Jaén, province of Jaén, department of Cajamarca, where the methodology consisted of making specimens of CBR with different additions of portland cement type I in percentages of 0%, 4%, 6% and 8% in relation to the weight of the soil in dry conditions, to be tested after 4 days of being immersed in humid conditions. Among its results, it was found that the soil studied was an inorganic clay with medium plasticity CL; whose average moisture content of the soil found was 14.57% and an average natural wet density of 1,545gr/cm³, on the other hand, for the additions of 0%, 4%, 6% and 8%, the maximum dry density (DMS) was directly proportional to the additions of cement and the optimum compaction moisture content (OCH) was inversely proportional and finally the CBR at 95% MDS at 0.1" average had values of 2.815%, 9.350%, 12.550% and 17.5375 Concluding that the optimal type I portland cement content that determines the maximum bearing capacity (CBR) was 8%.

Keywords: Support capacity (CBR), Subgrade, Clay, Portland cement type I, Maximum dry density (DMS), Optimum moisture content (OCH).



I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad Problemática

El suelo desde tiempos es y sigue siendo uno de los materiales más usados y pilar de cualquier tipo de infraestructura, es por ello que su estudio preliminar es tan fundamental, para conocer sus propiedades físicas, mecánicas, composición y otros requeridos, de tal manera poder realizar la toma de decisiones en referencia al proyecto que se pretende realizar.

Las carreteras, vías, avenidas, etc. con el pasar del tiempo han tenido un crecimiento muy acelerado en la sociedad, trayendo consigo desarrollo y progreso de los pueblos y así como elevados costos en su construcción. Al ser el suelo natural o subrasante uno de los factores primordiales de descanso directo del espesor total de pavimento; es que se da la prioridad sus determinar sus características físicas y mecánicas que, en conjunta evaluación con la normatividad, se determinará la calidad del material, ya sea como subrasante inadecuada, pobre, regular, buena, muy buena o excelente.

Hoy en día uno de los factores importantes que no se toman en cuenta los proyectistas en la construcción de vías, es la falta de criterio al momento de realizar mejoramientos de subrasantes, ya que en la gran mayoría de pavimentaciones que se han ejecutado y se vienen ejecutando, estos suelos se han dejado de lado como materiales inservibles siendo remplazados por over o materiales de canteras, generando sobrecostos y en algunos casos mejoramientos deficientes. Si bien es cierto las subrasantes inadecuadas poseen propiedades muy desfavorables que pueden ser muy difíciles de mejorarlas de manera que cumplan con los requisitos que requiere la normatividad, sin embargo, se generan expectativas del porque en la gran mayoría de casos recomiendan desechar subrasantes pobres, regulares o buenas.

La norma de pavimentos del MTC en su versión 2013, determina que cuando se tiene la presencia de suelos de calidad pésima con $CBR < 6\%$, se debe reemplazar, mejorar o estabilizar mediante procesos mecánicos o químicos, para evitar asentamientos y anomalías de las diferentes capas y del paquete estructural que conforman la vía (Chávez y Odar, 2019). Sin embargo, en las pavimentaciones realizadas y en ejecución se han

7-1-7

optado por el reemplazo total de la subrasante por over, haciendo caso omiso, o al menos de realizar diseños propios de mejoramientos de la subrasante en laboratorio y determinar si cumplen con los mínimos requeridos por la normatividad. Y es más abominable aún que estos mismos criterios de remplazos de la subrasante por over, se apliquen para subrasantes con $6\% \leq \text{CBR} < 20\%$.

Se estima que, en la construcción de obras lineales a nivel mundial, el material a nivel de subrasantes en sus grandes mayorías ha sido desechados sin evaluar estudios, tratamientos adecuados para su mejoramiento, generando grandes toneladas de desperdicio en desmonte de material y que a su vez perdidas de billones de soles en sobrecostos e impactos ambientales.

La evidencia empírica, señala que en Perú las restricciones para el diseño de cualquier vía han sido el aspecto económico, por parte de los proyectistas por ahorrar en estudios que directamente podrían realizarse diseños específicos en las subrasantes de estudios, sin embargo, lo más contraproducente y factible es recomendar mejoras con over u otros materiales de canteras, generando así elevados presupuestos en obras viales (Ramos, 2019).

En el departamento de Cajamarca, Palomino (2016) menciona que un problema que normalmente presentan las construcciones de vías, bien sean rurales o urbanas en la ciudad de Cajamarca, son las subrasantes que generalmente están constituidas por suelos de baja a mediana capacidad soporte, que normalmente suelen ser remplazadas en su totalidad.

Del mismo modo en la provincia de Jaén, se ha visto que todos proyectos de vías urbanas (pavimentos rígidos) ha habido un reemplazo total de la subrasante por over. La ciudad presenta suelos de todo tipo, entre los más destacados actualmente, son suelos con subrasantes de pobres a buenas.

Frente a esta problemática, existen alternativas de solución una serie de agentes estabilizantes, comúnmente se usa cemento, cal, asfalto, cemento portland, entre otros. Buscando en generar una reacción química del suelo con el estabilizante para lograr la

2

modificación de las características y propiedades del suelo; y así darle mayor capacidad de respuesta a los requerimientos de carga dinámica a los que estará sometido (Romero y Sañac, 2016).

Es por ello con el presente proyecto investigación, se pretende estudiar cual es la influencia que tiene cemento portland tipo I en la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal sector la colina, del distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, con la finalidad de presentar un estudio de mejoramiento de suelo a nivel de subrasante, para que en un futuro esta vía aún no pavimentada, tenga como referencia este estudio y hacerlo aplicativo y por ende disminuir costes en el proyecto.

1.2. Pregunta de Investigación

Con el fin de abordar de manera objetiva la presente investigación, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál es la influencia del cemento portland tipo I en la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal sector la colina, Jaén 2021?

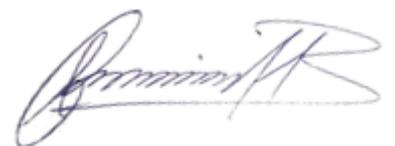
1.3. Justificación

La presente investigación es importante porque se busca dar un valor agregado a subrasantes de baja y mediana capacidad soporte, que normalmente son eliminadas y remplazadas con over; sin anticipadamente realizar diseños propios de mejoramiento del suelo. No siendo ajena a esta realidad problemática las pavimentaciones ya construidas y las que faltan por realizarse, como es la avenida Arana Vidal sector la colina, del distrito de Jaén, provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca, donde se pretende usar el cemento portland tipo I como un agente estabilizador en la subrasante de la avenida, con el fin de mejorar y dar una alternativa de solución para tratar subrasantes.

Socialmente el presente estudio, busca dar un aporte social no solo en conocimiento, sino también el impacto que tendría en el uso el cemento en caminos no pavimentados, resolviendo problemas como la contaminación por emisiones de polvo, formación de charcos de barro y erosión del suelo (Sulla, 2018).



3



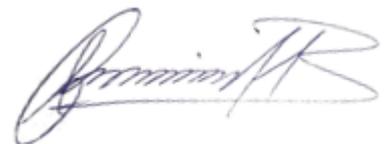
Desde el punto de vista ambiental, data le importancia de dar uso a las subrasantes, y evitar la explotación de canteras que normalmente son usadas para reemplazar las subrasantes y que la eliminación de estas en conjunto generaría que el hábitat de la flora y fauna del lugar sea alterado, conllevando a generar impactos ambientales negativos (Romero y Sañac, 2016).

Económicamente la investigación, aportará a que la construcción de vías, carreteras sean más económicas y más aun tratándose que en el país se cuenta con 89.9% de carreteras no pavimentadas (Rodríguez y Silva, 2019).

Los resultados de la investigación dará herramientas informativas sobre el diseño de CBR al adicionarle cemento portland tipo I a la subrasante de la avenida Arana Vidal sector la colina, beneficiando a toda la comunidad científica proporcionando conocimiento para otros estudios relacionados, constructoras, consultoras, entidades públicas, entidades privadas dedicadas al estudio de mecánica de suelos y directamente a la población de Jaén (transportistas, comerciantes, turistas, etc.) que a diario usan esta vía para realizar sus diferentes actividades; trayendo consigo desarrollo económico y social.

1.4. Hipótesis

La adición de los diferentes porcentajes de cemento portland tipo I mejorará capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, sector la colina del distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; en un 10%, 15% y 20% respectivamente.



1.5. Antecedentes

Luego de haber realizado las revisiones de antecedentes se han encontrado investigaciones relacionados con el presente proyecto, así tenemos que:

1.5.1. Internacionales

Según Golfín (2019) realizó un estudio acerca del “Mejoramiento del desempeño en la estabilización de suelos de subrasantes con cemento hidráulico en vías no pavimentadas”. Su objetivo fue mejorar los suelos plásticos con cemento hidráulico. La metodología aplicada consistió en realización de ensayos de CBR en laboratorio con adiciones de cemento hidráulico en porcentajes de 0%, 1 %, 3 %, 5 % y 7 % del peso de la muestra. Como se resultó se concluyó que, las resistencias aumentan en un 700% como mínimo para la dosificación de 7% con respecto a la muestra patrón. Concluyó que la resistencia aumenta, conforme se aumenta la dosificación.

Según Ospina et al. (2020) en su artículo científico titulado “Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero”. Teniendo como objeto evaluar el comportamiento del suelo al aplicar escoria de acero. Su metodología consistió en realizar una serie de ensayos en laboratorio con dosificaciones de 0, 25, 50 y 75% de escoria. Los resultados obtenidos son, el aumento su capacidad de soporte en 378.92% con la dosificación de 25%. Concluyó que la escoria de acero es un excelente elemento para mejorar las propiedades físicas y mecánicas suelos arcillosos.

De acuerdo con Alarcón et al. (2020) en su artículo científico titulado “Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso”. Su objetivo fue encontrar el óptimo contenido para su uso. Utilizó como metodología la realización de un aserie de ensayos de CBR con adiciones de 0%, 2%, 4%, 6% y 8% de lodo aceitoso, curado inmerso 4 días, y seco 14 días y curado de 14 días con 7 días de inmersión y 7 días de seco. Tuvo como resultados que se obtiene un mayor aumento de CBR con adición de 4% de lodo y periodo de 14 días seco (52%), asimismo para el material no tratado.

Afirma Duque et al. (2019) en su investigación titulada “Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden”, tuvo como objetivo evaluar la adición del cemento

5

en la subrasante de una vía en estudio. La metodología usada consistió en la realización de cilindros de muestra con adiciones de 0%, 7%, 10% y 13% de cemento, para ser evaluados a compresión y flexión. Obtuvo como resultado que las óptimas dosificaciones son con 7% hasta 13%, aumentado un 0.2% las resistencias. Concluyó que el cemento no presenta mejoras significativas.

Según Parra (2018) en su investigación titulada “Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante”. Su objetivo estabilizar un suelo con adición de cal y ceniza volante. La metodología consistió en realizar pruebas de caolín a compresión y tracción, con adiciones de cal y ceniza en porcentajes de 0%, 2%, 6% y 8%. Los resultados obtenidos sobre la cal muestran un mejor comportamiento a tracción con 8% de adición, asimismo la cal fue quien presentó mejoras en la resistencia a la compresión con un 4%. Concluyo que la ceniza no presenta mejorías en las propiedades a compresión y tracción.

1.5.2. Nacionales

De acuerdo con Rodríguez y Silva (2019) en su investigación sobre “Estabilización de suelos adicionando cemento portland tipo I más cal hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado alto Trujillo, el porvenir - La Libertad” donde tuvo como objetivo estabilizar los suelos con cemento portland tipo I más cal hidratada. Su metodología fue realizar ensayos de CBR, donde al suelo en estudio se adicionará cemento Portland tipo I y cal hidratada en porciones mediante tanteo. Obtuvo como resultado que el suelo estabilizado con cemento portland tipo I más cal hidratada mejora las características físicas y mecánicas iniciales del suelo aumento un 29.5 % la capacidad de soporte. Concluyo que el cemento es un buen agente estabilizador.

De acuerdo a Góngora (2019) en su tesis “Influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de Pataz – 2019”, donde su objetivo fue determinar la influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de dicha trocha. La metodología consistió en la realización de ensayos de CBR en con dosificaciones de 2% de CAL vs 2% de Cemento portland tipo I Y 4% de cal vs 4% de Cemento portland tipo I aplicando normas peruanas. Tuvo como resultados que el Bearing Ratio (CBR) se estableció que el cemento portland tipo I con la adición de

6

4% aumenta de 2.77% (patrón) a un 57.33%, convirtiendo la subrasante de inadecuada a excelente y sin embargo las adiciones de 2% de cal solo aumenta en un 3.73% el CBR. Concluyó que el cemento presente tiene efecto muy positivo en la capacidad de soporte CBR.

De acuerdo a Alata y Vásquez (2019) en su estudio “Estudio exploratorio de estabilización con cemento portland de subrasante de suelo areno-arcilloso en carretera no pavimentada “El Paujil”, Loreto. Iquitos, 2019”, su objeto fue evaluar el efecto del cemento portland en la subrasante de una carretera no pavimentada. La metodología aplicada aplicar porcentajes de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland al suelo y realizar ensayos de CBR. Se obtuvo como resultado que los porcentajes de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland lograron obtener valores de CBR 22.60%, 138%, 148% y 258% respectivamente, representando elevados mayores a los esperados. concluyo que los resultados de la investigación fueron satisfactorios.

Según Ramos (2019) es su tesis “Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo a nivel de subrasante a través de la utilización del sistema Rocamix entre la prolongación de la avenida san Antonio de Padua y de la calle 04 de la asociación de vivienda 2 de octubre del centro poblado san Antonio – Moquegua, 2017”. El objetivo fue verificar si el aditivo Rocamix mejora la capacidad soporte del suelo en estudio. La tecnología usada consistió en desarrollar en ensayos de CBR en laboratorio, con adiciones según el manual, siendo de 0.5 litros por m³ y de 15 a 20 kilos por m³ de cemento, en la que obtuvo como resultados que para el CBR a 0.2” al 100% un aumento en 102.67% y a 0.1” aumento de 86.60%, asimismo la disminución de la expansión. Concluyó que sus resultados fueron muy favorables en el mejoramiento del CBR, sin embargo, produce una demanda economía mayor.

Según García (2019) en su tesis denominada “Mejoramiento de un suelo arcilloso de la localidad de Pacaisapa – Ayacucho utilizando residuos industriales para evaluarlo en muro hipotético de tierra estabilizado mecánicamente (MSEW)”. El objetivo es evaluar el efecto del caucho molido, platicos y ceniza de cascara de arroz en el comportamiento mecánico del suelo arcilloso. La metodología usada consistió en la realización de 03 mezclas, con adición de cascara de arroz en con adición de 30%, la 02

7

con adición de caucho reciclado con adición de 10% y la mezcla 03 con adición de 2% de plástico reciclado, donde para cada muestra se realizarán ensayo de corte directo, ensayos a compresión no confinada. El resultado que se obtuvo fue que la cohesión se mejora con adición de ceniza en 42% y 22% con adición de plástico, por otro lado, que el ángulo de fricción mejora en 112% con adición de ceniza de cascara de arroz, y en 30% para las tiras de plástico y en 12% para con la adición del caucho. Concluyó que estos elementos ayudan a mejorar las características del suelo.

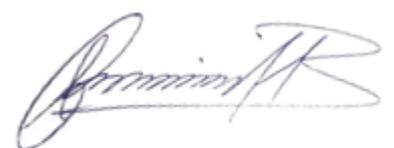
1.5.3. Regionales

De acuerdo con Estrada y Pintado (2019) en su investigación titulada “Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I y 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio”. Su objeto fue determinar el efecto que tiene el CBR al incorporar cal hidratada, 4%, cemento portland tipo I y 4 % de cloruro de sodio en diversos porcentajes. La metodología que se utilizó, fue realizar en ensayos de CBR un primer tratamiento para cal hidratada en porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6%, un segundo tratamiento para de cemento portland tipo I con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% y un último para cloruro de sodio con adiciones de 0%, 4%, 8% y 12%. Se obtuvo como resultados que para adiciones de 0%, 2%, 4% y 6% de cal tuvo resultados de 4.60%, 9.05%, 11.15% y 10.50% respectivamente, para adiciones de sodio de 0%, 4%, 8% y 12% tuvo como resultados de 4.60%, 4.80%, 5.10% y 5.10% respectivamente y para las adiciones de cemento de 0%, 4%, 6% y 8% tuvo resultados de 7.00%, 7.70% y 7.70% respectivamente. Concluyó que las adiciones de los tres elementos son directamente proporcionales a la capacidad de portante CBR.

Según Velásquez (2018) en su estudio “Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector la Molina” el objetivo fue evaluar la influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca. La metodología aplicada fue en realizar ensayos de CBR con adiciones de 0, 1, 3 y 5% de cemento Portland Tipo I. El resultado fue que el índice CBR se incrementó a 3.50, 6.63 y 13.75% al 95% DSM con la incorporación de cemento Portland Tipo I en porcentajes



8



de 1, 3 y 5% respectivamente. Concluyo que el mayor CBR se logra con una adición de 4% de cemento.

De acuerdo con Carajulca (2018) en su tesis denominada “Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el porongo – aeropuerto – Cajamarca” su objeto es ver el efecto que tiene el cloruro de sodio en la subrasante de estudio. Su metodología consistió en la realización de ensayos de CBR con adiciones de 0%, 1%, 2% y 3% de cloruro de sodio por m³ de material. Los resultados fueron que para el 1%, 2% y 3% de cloruro de sodio presento aumentos en el CBR de 0.01%, 0.263% y 0.385% respectivamente. Concluyó que el cloruro de sodio no presente mucha incidencia para aumentar el CBR del suelo.

Según Fernández (2017) en su tesis titulada “Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca”. Su objetivo fue evaluar la influencia de aditivo en la estabilización de suelos arcillosos. La metodología consistió en realizar ensayos de CBR con el suelo arcilloso con incorporación de aditivo en 10, 20, 20, 40 y 60 ml/m³. Los resultados obtenidos fueron que la capacidad de soporte aumentó, siendo para la C-1 de 113%, para la C-2 de 90%, C-3 de 98%, para la C-4 de 98%, para las C-5 de 112%, para la C-6 de 115%, para la C-7 de 119%. Concluyo que la adición del aditivo Terrazyme es directamente proporcional a la capacidad soporte CBR.

Solo se han encontrado cuatro antecedentes regionales con respecto al tema de investigación que se ha estudiado

1.5.4. Locales

Afirma Cubas y Manay (2021) en su investigación titulada “Mejoramiento de subrasante para pavimento industrial de tránsito pesado utilizando escoria metálica, en estacionamiento vehicular avenida circunvalación – Jaén – Cajamarca 2021” el objeto es mejorar la subrasante adicionando escoria metálica. La metodología usada consistió en la elaboración de múltiples ensayos de CBR con dosificaciones de 0%, 2%, 4% y 8%. Los resultados fueron que el suelo es un SC -SM, asimismo que con 4% se mejora la capacidad de soporte del suelo. Concluyó que la escoria metálica mejora moderadamente el suelo.

9

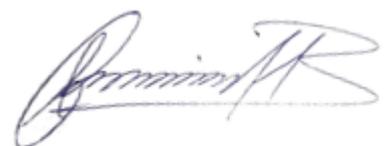
De acuerdo con Hoyos (2018) en su investigación titulada “Influencia del aditivo SIKA DUST SEAL como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable tramo la Serma - Tambillo Jaén, Cajamarca”. El objetivo es determinar el efecto del aditivo en la propiedades físicas y mecánicas del suelo. Su metodología consistió en la realización de múltiples ensayos de CBR, con adiciones del aditivo de 6.37cm^3 , 849cm^3 y 10.62cm^3 de aditivo. Como resultados se obtuvo que el óptimo contenido de adición de aditivo se da con 6.37cm^3 , donde para las calicatas 01, 02 y 03 el CBR al 95% de la MDS y a 0.1” fueron de 33%, 31.80% y 31.80% respectivamente, teniendo el CBR patrón un valor de 26.60%. Concluyo que el aditivo SIKA DUST SEAL es favorable para la capacidad de soporte CBR de la subrasante.

Según Sulla (2018) en su investigación denominada “Evaluación de la aplicación del polímero sika dust seal pe en caminos no pavimentados, intersección av. san luis y cuadra 1- palianhuancayo 2017”. cuyo fin es evaluar la aplicación del polímero Sika a Dust Seal PE en caminos no pavimentados. La metodología empleada consistió en realizar una serie de ensayos de CBR con adiciones de $0\text{L}/\text{m}^3$, $5\text{L}/\text{m}^3$, $10\text{L}/\text{m}^3$, $15\text{L}/\text{m}^3$, $20\text{L}/\text{m}^3$ y $25\text{L}/\text{m}^3$. Obtuvo como resultados que con la aplicación del polímero se incrementó la capacidad de soporte en un 13.9% más para una dosificación de $20\text{L}/\text{m}^3$, en comparación del material sin aditivo. concluyó que sus resultados fueron satisfactorios

De acuerdo con Mera (2017) en su tesis denominada “Evaluación técnico - económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz - Bellavista, distrito Bellavista-Jaén-Cajamarca”. Su objetivo fue evaluar el efecto del uso de la geomalla como refuerzo en el tema técnico – económico. La metodología usada consistió en realizar un estudio comparativo de vía en ejecución vía santa cruz - Bellavista, distrito bellavista-Jaén-Cajamarca y ensayos de CBR en laboratorio de tal forma determinar si al adicionar geomallas se podría haber reducido el espesor del material granular. Los resultados fueron, que la reducción de espesores de en los tramos de diseño con geomalla varían entre 5.4% y 39.2%, implicando que habrá menor uso de material granular. Concluyo se es viable el uso de geomalla en tramos donde el CBR es menor a 2.5%.



10



Solo se han encontrado cuatro antecedentes locales con respecto al tema de investigación que se ha estudiado.

1.6. Bases teóricas

1.6.1. Suelo

El suelo se considera como un agregado natural formado por estado solidos con gases y líquidos ocupando espacios entre ellas y que puede dividirse por medios mecánicos comunes, como la agitación en agua (Montejo, 2002).

1.6.2. Subrasante

Es la capa primaria del terraplén o el fondo, pero en terreno natural, que se encargará de soportar la estructura del pavimento. Está conformada por suelos mejorados de características aceptables, compactadas y sólidas por capas para constituir un solo elemento estabilizado en óptimo estado, para así que no se vea afectada por la carga de que proviene del tránsito pesado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

1.6.3. Cemento portland I

Velásquez (2018) afirma que;

Es un cemento de uso general en la construcción, debido a que las obras normalmente no requieren propiedades especiales. Su fabricación es mediante la molienda en conjunto con el Clinker Tipo I y yeso. Este tipo de cemento es el más usado ampliamente en la industria de la construcción, presentando las siguientes características:

- Alcanza mayores resistencias iniciales.
- Los tiempos de fraguado son menores.

Cuatro son los componentes considerados como primarios constituyentes del cemento tal como se muestra en siguiente tabla y que normalmente usan la notación abreviada para describir cada óxido: $\text{CaO} = \text{C}$ (cal); $\text{SiO}_2 = \text{S}$ (sílice); $\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{A}$ (alúmina) y $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{F}$ (óxido férrico). Así como, H_2O en el cemento hidratado denotado por H (agua) (Velásquez, 2018).

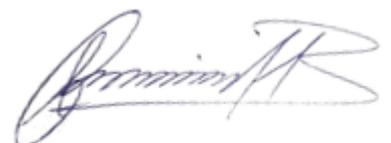


Tabla 1

Principales componentes del cemento portland

Nombre del compuesto	Nombre del compuesto	Abreviación	Nombre común (en estado impuro)
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C3S	Alita
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C2S	Belita
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	C3A	Celita
Aluminoferrito Tetracálcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF	Felita

Fuente: Velásquez, 2018

1.6.4. Capacidad Soporte CBR

El CBR (California Bearing Ratio) Es un ensayo que se realiza en laboratorio con muestras de suelo en condiciones de humedades y densidades determinadas, el fin es evaluar la resistencia potencial de la subrasante o el tipo de suelo que se estudiara (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

1.6.5. Estabilización de suelos y tipos

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Refiere que la estabilización, de un suelo consiste en dotar de propiedades mejoradas al suelo a través de procedimientos físicos, mecánicos o químicos.

a) Estabilización Física

Este tipo de estabilización es usada para mejorar las características de un suelo realizando mejoras físicas en el mismo. Entre los tipos de estabilización física tenemos mezclas de suelos, vibroflotación, geotextiles y consolidación previa. Es una estabilización físico-mecánica cuando se mejora el suelo mediante la adición de otro suelo con mejoras en sus características (Montejo, 2002).

b) Estabilización Mecánica

Son procedimientos que alteran las partículas o la granulometría del suelo. El siendo la metodología clásica la compactación del suelo, el cual establece una

disminución del volumen del suelo, reduciendo los espacios que se presentan de forma natural (Montejo, 2002).

c) Estabilización Química

Esta estabilización consiste en incorporar algún material o elemento químico al suelo que se va a mejorar, la dosificación entre suelo-químico debe ser homogénea; el fin del agente químico es proporcionar mejoras en las propiedades del suelo expuesto a condiciones ambientales, tales como la temperatura, humedad, erosión y velocidad del viento, etc. También se debe realizar el reconocimiento de las propiedades antes y después de adicionar el estabilizador (Montejo, 2002).

1.6.6. Agentes estabilizantes del suelo

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) refiere que existen en la práctica múltiples metodologías para estabilizar los suelos; cada método, utiliza diferentes agentes estabilizadores, entre los que destacan son: La cal, sales (cloruro de calcio, cloruro de sodio, silicato de sodio), el cemento, cenizas volantes, geotextiles, los asfaltos, las imprimaciones reforzadas, la Bischofita entre otros más.

a) Estabilización con Cemento portland I

Este tipo de estabilización consiste en la adición de cemento al suelo de estudio, llamado suelo -cemento, seguida de una compactación adecuada y curados adecuados. La reacción que se genera un elemento endurecido y mucho más resistente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

b) Estabilización con Cal

Es el resultado de la dosificación íntima de suelo, cal y agua, lo cual que ha tener contacto entre sí y compactadas se tendrá un resultado de elemento endurecido. Esto debido a propiedades de la cal (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

c) Estabilización con Cloruro de Sodio

El principal elemento para estabilizar suelos, normalmente se aplica para superficies de tránsito ligero y zonas muy secas para evitar la evaporación rápida. Al reaccionar con el suelo esta tiende a absorber la humedad del aire, reduciendo la rápida

13

evaporización y mejorando la cohesión (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

1.6.7. Ensayos y normas

Para ejecutar el presente estudio se realizó una serie de ensayos según la normativa del Ministerio de transportes y comunicaciones, las cuales se describen a continuación en la tabla.

Tabla 2

Ensayos y normas

NORMAS DE REFERENCIA	Denominación
MTC E	Descripción
101	Guía para muestro de suelos y rocas
104	Conservación y transporte de muestras de suelo
107	Análisis granulométrico de suelos por tamizado
108	Contenido de humedad
110	Determinación del límite líquido de los suelos
111	Determinación del límite plástico
115	Ensayo de Proctor modificado
132	CBR de suelos
NTP	Descripción
339.128	Método de ensayo para el análisis granulométrico
339.127	Contenido de Humedad
339.129	Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos
339.141	Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada
339.145	Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio
339.142	Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar

Fuente: Elaboración propia

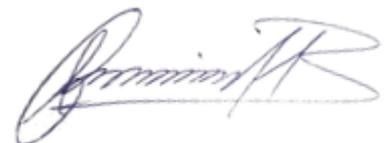
II. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

- Analizar la influencia del cemento portland tipo I en la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.
- Determinar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I.
- Comparar el efecto de los diversos porcentajes de cemento portland tipo I en la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.
- Hallar el óptimo contenido de cemento portland tipo I, que mejora la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación Geográfica

La figura 1 muestra la ubicación geográfica donde se desarrolló el presente estudio, siendo la avenida Arana Vidal del Sector la Colina, del distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Figura 1

Mapa de Ubicación Geográfica



Fuente: Elera y Maldonado, 2021

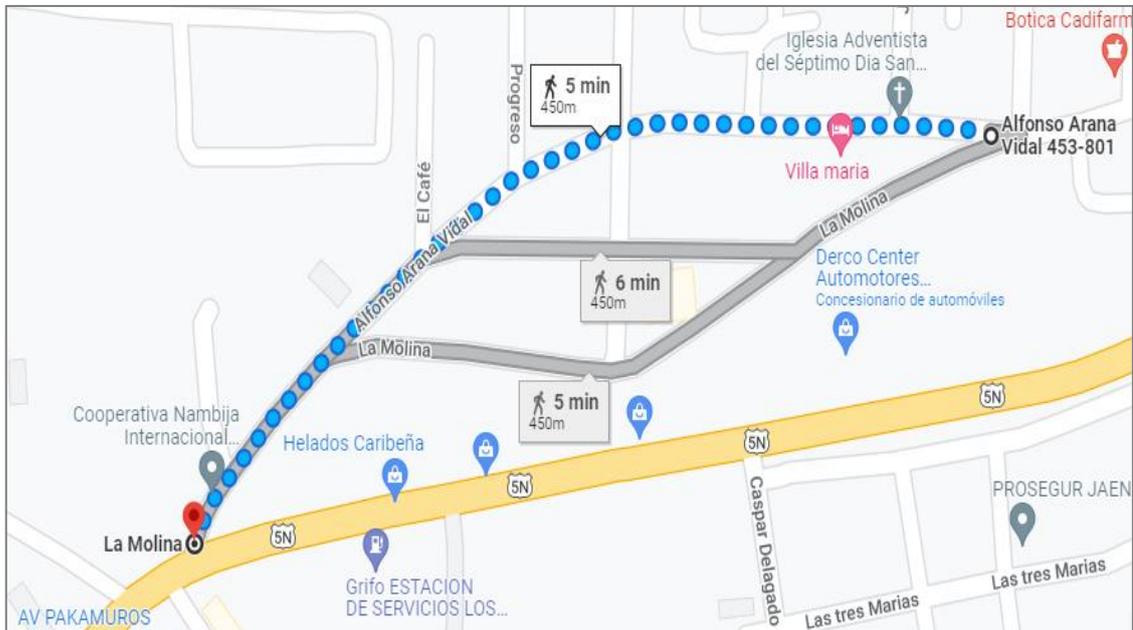
[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Figura 2

Mapa de Ubicación y Localización



Fuente: Google Maps, 2022

En la figura 2 se muestra la avenida Arana Vidal del Sector la Colina, vía de estudio del presente estudio; la cual se encuentra geográficamente ubicado entre las coordenadas UTM según Datum WGS-84; 9397913 N, 0743316.81 E (Inicio) y 9370424.83 N, 0743677.31 E (Fin), cuenta con una longitud de vía de 450m lineales, cuya calicata se realizó en el km 0+0130.

3.2. Materiales

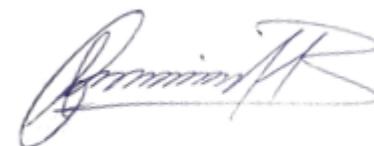
Para realizar el presente estudio se realizó una serie de ensayos, de acuerdo la normativa vigente del MTC, donde se requirió una serie de materiales y equipos, lo cuales de describen a continuación en la tabla.

Tabla 3

Equipos y materiales

Ensayo y norma	Equipo y materiales
Guía para muestro de suelos y rocas (MTC E-101)	Palana, cucharon, bolsas, sacos e identificadores.
Conservación y transporte de muestras de suelo (MTC E-104)	movilidad
Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E-107)	Balanza 1000gr, tamices, agitador mecánico, horno, brocha, recipientes.
Determinación del límite líquido de los suelos (MTC E-110)	Horno, copa de casa grande, ranura, tara, plato hondo, cuchara, balanza de 500gr
Determinación del límite plástico (MTC E-111)	Horno, superficie lisa (vidrio), tara, plato hondo, cuchara, balanza de 500gr.
Ensayo de Proctor modificado (MTC E-115)	Molde de proctor, tamiz 3/4", bandejas, probeta graduada de 1L, compactador manual, balanza de 500gr, balanza de 10kg, enrasador, taras, cuchillo y horno
CBR de suelos (MTC E-132)	Moldes de CBR, sobrecargas, bandejas, probeta graduada de 1L, compactador manual, balanza de 500gr, balanza de 10kg, enrasador, papel filtro, trípodes, diales, tanque de agua, prensa hidráulica, taras, cuchillo y horno.

Fuente: Elaboración propia



3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población está conformada por la subrasante de la avenida Arana Vidal sector la colina, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

3.3.2. Muestra

Está conformada por las muestras de suelo, obtenidas de cada una de las calicatas de 1.50m profundidad, ubicadas cada 500m a lo largo de la avenida Arana Vidal sector la colina, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; cuyos tratamientos del suelo con adición de cemento portland tipo I, estuvo conformada de la siguiente manera:

Tabla 4

Numero de ensayos y repeticiones

Calicatas	Cemento portland tipo I (En relación a la muestra de suelo)			
	0%	4%	6%	8%
C-1	4	4	4	4
TOTAL	20			

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Muestreo

El muestreo para el presente estudio fue de tipo no probabilístico, debido a que los investigadores han elegido la muestra necesaria para poder obtener datos representativos, de cada ensayo.

3.4. Línea de investigación

LI_IC_01 Estructuras

3.5. Variables de estudio

3.5.1. Variable Independiente: El % del Cemento Portland tipo I

3.5.2. Variable Dependiente: Capacidad de soporte CBR

3.6. Operación de variables

Tabla 5

Operacionalización de variables

	Variables	Dimensiones	Indicador	unidad	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección de información
Variable Independiente	Cemento portland tipo I	Dosificación	0%	kg	Observación	ficha de recolección de datos
			4%	kg		
			6%	kg		
			8%	kg		
			Ensayo de carga para los 12 golpes	%		
variable dependiente	Capacidad soporte CBR	CBR 0.1"	Ensayo de carga para los 25 golpes	%	Observación	ficha de ensayo de CBR
			Ensayo de carga para los 56 golpes	%		

Fuente: Elaboración propia

3.7. Método

La presente investigación es hipotética-deductiva puesto que para realizarse se partirá de una hipótesis general, la cual serán demostradas mediante un proceso de investigación, que incluye una serie de experimentos (Sañac, 2016).

a) Según su finalidad

Según su fin de estudio, la investigación que se trata de una investigación Aplicada ya que busca resolver un problema específico como es el mejoramiento de la subrasante con cemento portland tipo I (Silva, 2016).

b) Según su diseño

Se determina según su diseño de carácter experimental, dado que se manipula de manera intencionalizada la variable independiente y así evaluar los resultados sobre la variable dependiente y efectos que podrían tener (Trujillo, 2020).

c) Según su enfoque

La investigación es de carácter cuantitativa dado que las relaciones y demostraciones se harán través de la medición de las variables, asimismo se tiene un proceso secuencial, y se demostrará a través de ensayos de muestras de suelo mejorado con diferentes porcentajes de adiciones de cemento y sin mejorar (Sañac, 2016).

3.8. Técnicas

La principal técnica que se utilizará para desarrollar la investigación será la observación directa y toma de datos insitu de los acontecimientos que se darán en la ejecución.

3.9. Procedimientos de recolección de datos

Los procedimientos y equipos necesarios que se empleará para realizar cada ensayo en laboratorio, características, dimensiones y material de fabricación se especifican detalladamente en cada Norma técnica peruana y/o MTC.



3.9.1. Obtención de muestras de suelo

Figura 3

Realización de calicata 1 y extracción de muestra



Fuente: Elaboración propia

En la figura se visualiza la realización de la calicata 1 en el km 0+0130 de la avenida Arana Vidal del Sector la Colina, a 1.50 m de profundidad donde se realizó la extracción representativa de muestra de suelo, conforme a la norma del MTC E 101 y la conservación y transporte de muestras de suelo según a la MTC E 104.

Figura 4

Realización de calicata 2 y extracción de muestra



Fuente: Elaboración propia

Capit

2-1-7

Benjamin R

En la figura se visualiza la realización de la calicata 2 en el km 0+400 de la avenida Arana Vidal del Sector la Colina, a 1.50 m de profundidad donde se realizó la extracción representativa de muestra de suelo, conforme a la norma del MTC E 101 y la conservación y transporte de muestras de suelo según a la MTC E 104.

3.9.2. Recopilación de información

a) Ensayo de análisis granulométrico

Figura 5

Realización del ensayo análisis granulométrico por tamizado C-1/M-1

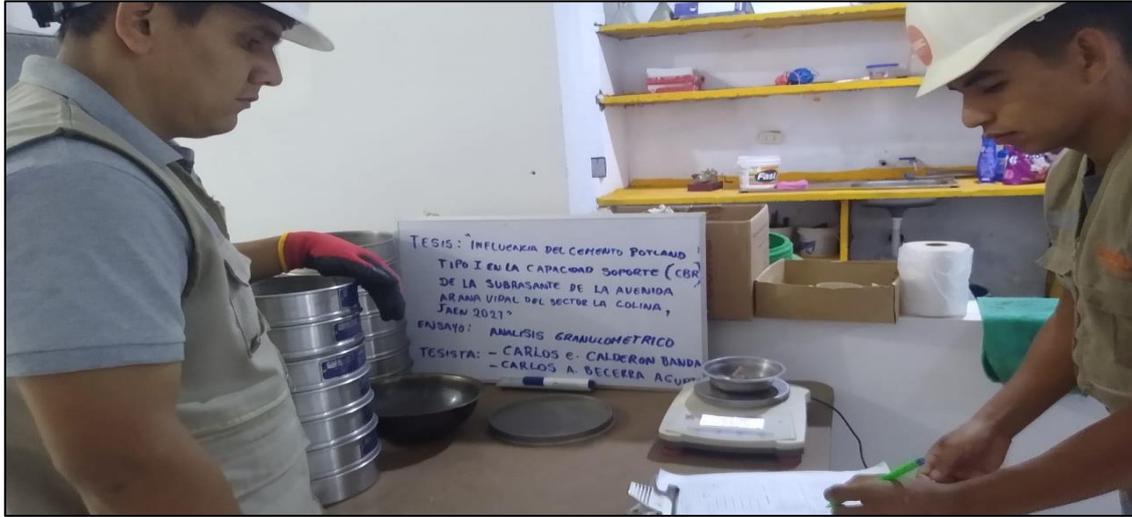


Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza la realización del ensayo de análisis granulométrico del suelo para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 107.

Figura 6

Realización del ensayo análisis granulométrico por tamizado C-2/M-1



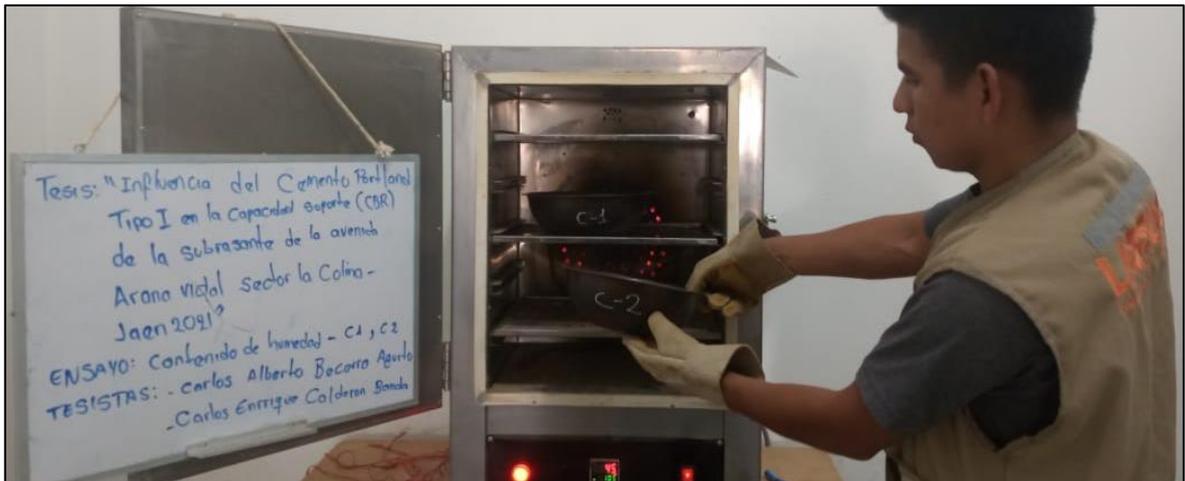
Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza la realización del ensayo de análisis granulométrico del suelo para la C-2/M-1, según la normatividad MTC E 107.

b) Ensayo de contenido de humedad

Figura 7

Realización del ensayo de contenido de humedad C-1/M-1



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza parte de la realización del ensayo de contenido de humedad del suelo para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 108.

24

Figura 8

Realización del ensayo de contenido de humedad C-2/M-1



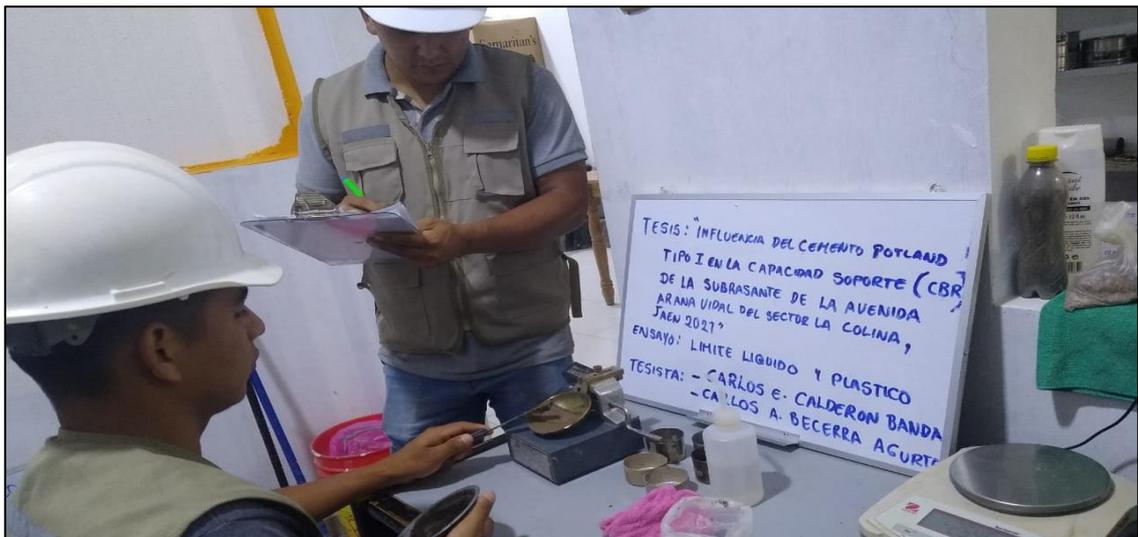
Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza parte de la realización del ensayo de contenido de humedad del suelo para la C-2/M-1, según la normatividad MTC E 108.

c) Ensayo de límites de Atterberg

Figura 9

Realización del ensayo Límites de Atterberg C-1/M-1



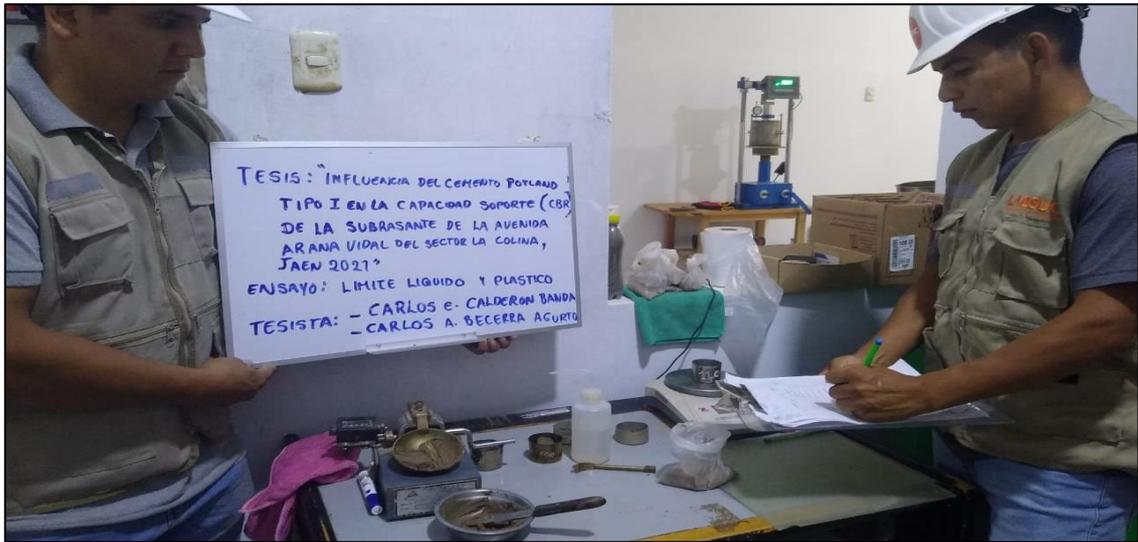
Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza la realización del ensayo de límites de atterberg del suelo para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 110 y MTC E 111.

25

Figura 10

Realización del ensayo Límites de Atterberg C-2/M-1



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza la realización del ensayo de límites de atterberg del suelo para la C-2/M-1, según la normatividad MTC E 110 y MTC E 111.

Al presentar la calicata 1 y la calicata 2 el mismo tipo de suelos, se optado que para efectos del presente estudio solo se ha evaluado la calicata 1 - muestra 1, donde con este se realizarán los tratamientos en los ensayos especiales de Proctor modificado y la capacidad de soporte (CBR)

Calicata

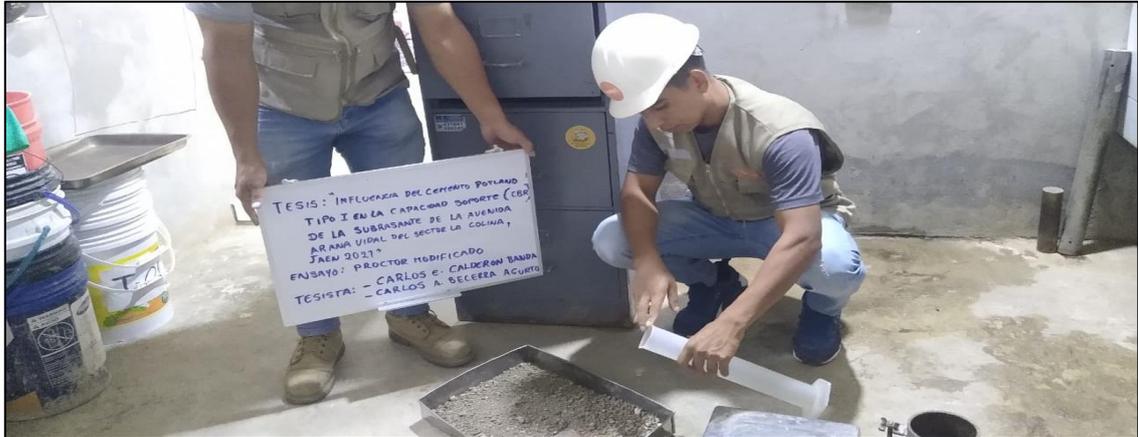
2-1-7

Perminio R

d) Ensayo de Proctor modificado

Figura 11

Realización del ensayo de Proctor modificado patrón C-1/M-1

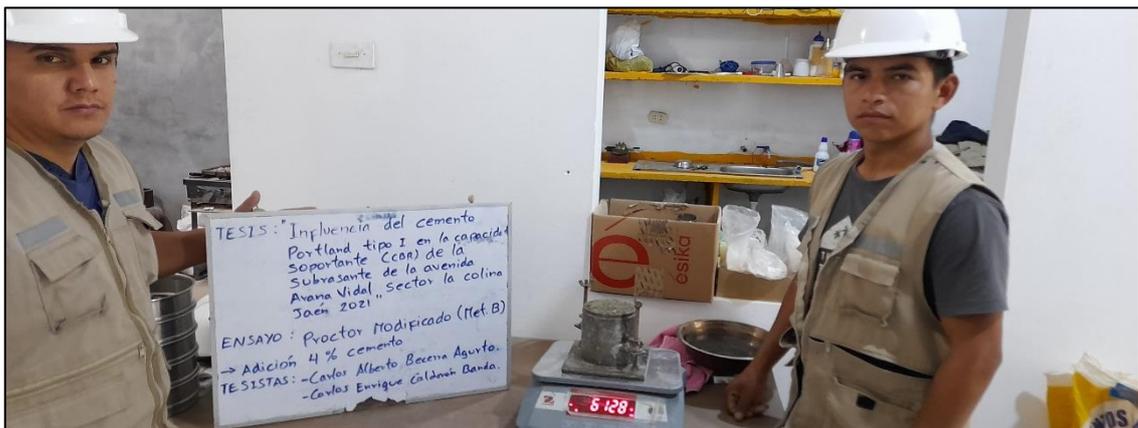


Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza la realización del ensayo de Proctor modificado del suelo + 0% de cemento portland tipo I para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 115.

Figura 12

Realización del ensayo de Proctor modificado + 4% adición de cemento portland tipo I C-1/M-1



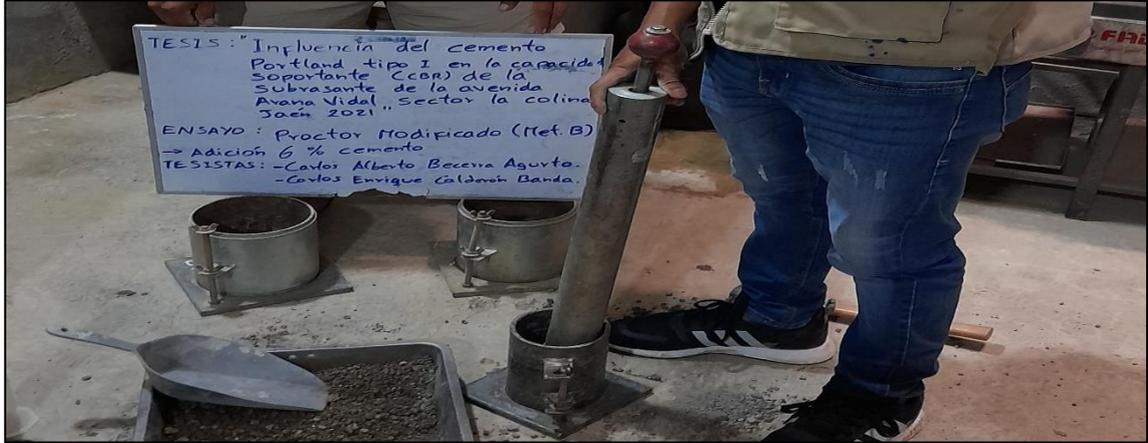
Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza la realización del ensayo de Proctor modificado del suelo + 4% adición de cemento portland tipo I para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 115.

27

Figura 13

Realización del ensayo de Proctor modificado + 6% adición de cemento portland tipo I C-1/M-1

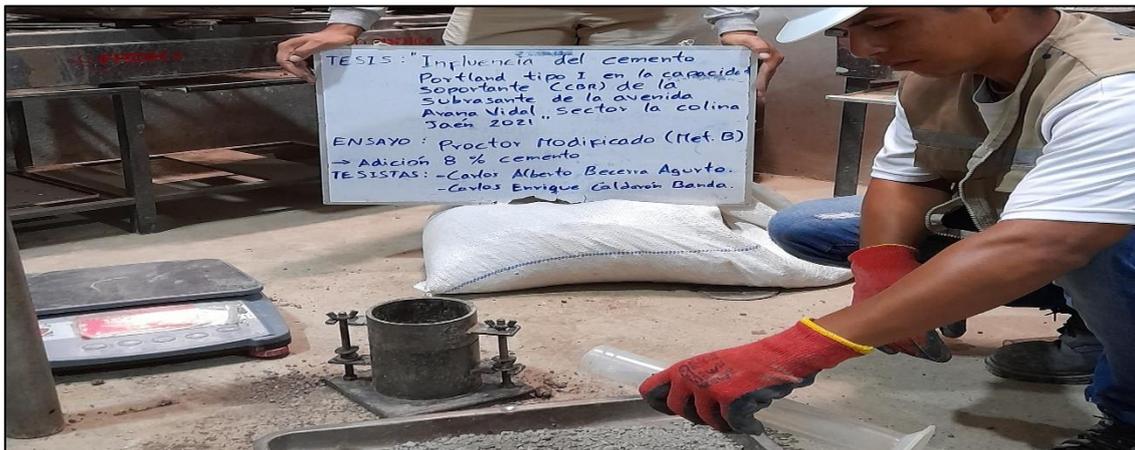


Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza la realización del ensayo de Proctor modificado del suelo + 6% adición de cemento portland tipo I para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 115.

Figura 14

Realización del ensayo de Proctor modificado + 8% adición de cemento portland tipo I C-1/M-1



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza la realización del ensayo de Proctor modificado del suelo + 8% adición de cemento portland tipo I, para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 115.

e) Ensayo de CBR

Figura 15

Realización del ensayo de CBR patrón, C-1/M-1



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza parte de la realización del ensayo de CBR del suelo + 0% adición de cemento portland tipo I, para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 132.

Figura 16

Realización del ensayo de CBR + 4% adición de cemento portland tipo I, C-1/M-1



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza parte de la realización del ensayo de CBR del suelo + 4% adición de cemento portland tipo I, para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 132.

Figura 17

Realización del ensayo de CBR + 6% adición de cemento portland tipo I, C-1/M-1



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza parte de la realización del ensayo de CBR del suelo + 6% adición de cemento portland tipo I, para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 132.

Figura 18

Realización del ensayo de CBR + 8% adición de cemento portland tipo I, C-1/M-1



Fuente: Elaboración propia

En la presente figura se visualiza parte de la realización del ensayo de CBR del suelo + 8% adición de cemento portland tipo I, para la C-1/M-1, según la normatividad MTC E 132.

30

3.10. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos que se usaron para desarrollar el presente estudio fueron los siguientes:

- Ficha de recolección de datos para el análisis granulométrico del suelo.
- Ficha de recolección de datos el contenido de humedad del suelo.
- Ficha de recolección de datos el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.
- Ficha de recolección de datos para el proctor modificado del suelo.
- Ficha de recolección de datos para el CBR (Relación de soporte de California) del suelo.



IV. RESULTADOS

4.1. Analizar la influencia del cemento portland tipo I en la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Tabla 6

Influencia del cemento portland tipo I en la capacidad soporte CBR

Calicata/muestra	Adición de cemento portland tipo I	Calicata		Tipo de subrasante según MTC (2014)	Condición
		CBR a 0.1" (%)	promedio CBR a 0.1" (%)		
C-1/M-1	0.00%	2.9	2.815	Inadecuada	No óptimo para uso
		2.71			
		2.8			
		2.85			
	4.00%	9.60	9.35	Regular	No óptimo para uso
		9.40			
		9.00			
		9.40			
	6.00%	12.50	12.55	Buena	Óptimo para uso
		12.70			
		12.30			
		12.70			
	8.00%	17.25	17.5375	Buena	Óptimo para uso
		17.90			
		17.60			
		17.40			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se los resultados de la influencia que ha tenido el cemento portland tipo I en la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; mostrándose variaciones significativas que han conllevado a que cumpla con las condiciones del MTC (2014) que se requiere para ser usada como subrasante a en proyectos viales.

4.2. Determinar las características físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

a) Análisis granulométrico por lavado

Tabla 7

Análisis granulométrico por lavado

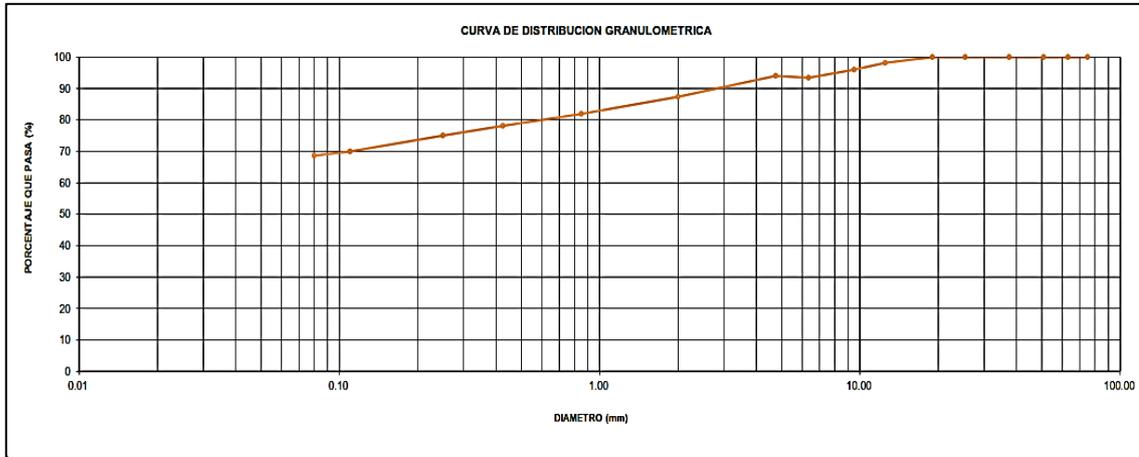
Fracción	Tamiz N°	CALICATAS	
		Porcentaje que pasa	
		C-1/M-1	C-2/M-1
Fracción gruesa	3"	100	100
	2 ½"	100	100
	2"	100	100
	1 ½"	100	100
	1"	100	100
	¾"	100	100
	½"	98.2	98.77
	⅜"	96.01	94.61
	¼"	95.45	91.04
Fracción fina	N°4	94.45	89.05
	N° 10	87.4	87.15
	N° 20	81.9	83.12
	N° 40	78.11	80.85
	N° 60	75.03	78.31
	N° 140	69.93	75.22
	N° 200	68.64	73.68
	Cazoleta	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, se tienen los porcentajes que pasan por cada tamiz obtenidos del análisis granulométrico por lavado para cada muestra de la calicata 1 y 2

Figura 19

Curva de análisis granulométrico por lavado C-1/M-1

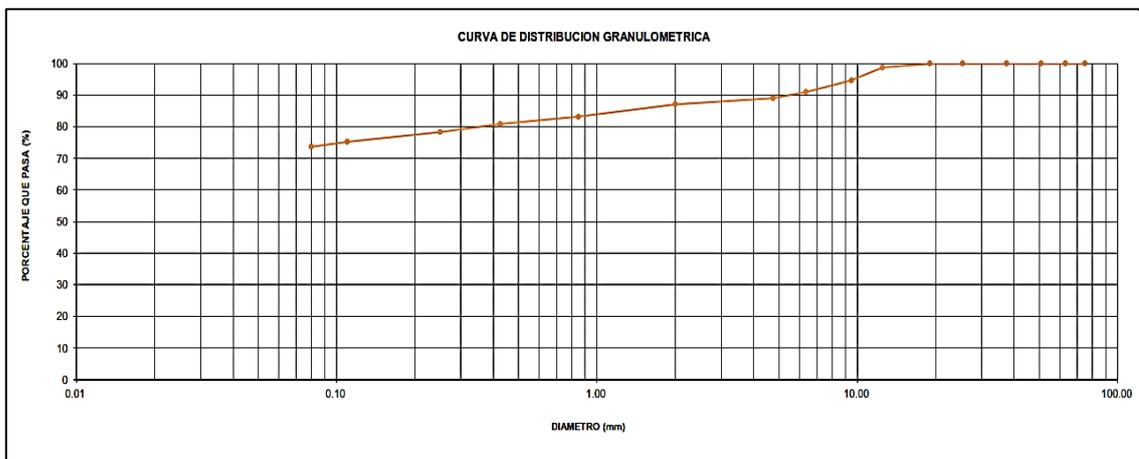


Fuente: Elaboración propia

De la interpretación de la figura 19, se tiene la curva de análisis granulométrico por lavado de la calicata 1, M-1.

Figura 20

Curva de análisis granulométrico por lavado C-2/M-1



Fuente: Elaboración propia

De la interpretación de la figura 20, se tiene la curva de análisis granulométrico por lavado de la calicata 2, M-1.

[Handwritten signatures and marks in blue ink]

b) Límites de Atterberg

Tabla 8

Límites de Atterberg

Límites de Atterberg	Calicatas	
	C-1/M-1	C-2/M-2
Limite Líquido	42.00%	42.00%
Limite Plástico	27.00%	26.00%
Índice de plasticidad	15.00%	16.00%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se muestra los resultados del límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad del suelo, para las muestras de la calicata 1 y calicata 2.

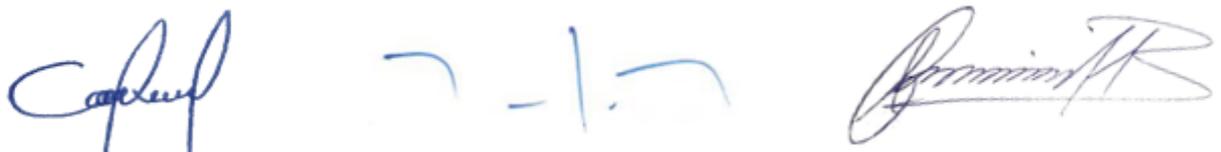
Tabla 9

Clasificación del suelo

Calicata/ muestra	Descripción	Calicatas	
		Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	Clasificación SUCS (ASTM D2487)
C-1/M-1	Arcilla inorgánica, de mediana plasticidad, mezclada con poca cantidad de grava (12.60 %)	A-7-5 (10)	CL
C-2/M-1	Arcilla inorgánica, de mediana plasticidad, mezclada con poca cantidad de grava (14.76 %)	A-7-5 (9)	CL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, se muestra la clasificación general de los suelos mediante la AASHTO (ASTM D3282) y la SUCS (ASTM D2487), para las muestras de la calicata 1 y calicata 2.



c) Contenido de Humedad y Densidad Natural

Tabla 10

Contenido de humedad y Densidad natural

Calicata/muestra	Ensayo	Calicatas			
		Contenido de Humedad (%)	Contenido de Humedad Prom (%)	Densidad Natural húmeda (gr/cm ³)	Densidad Natural seca (gr/cm ³)
C-1/ M-1	1	14.90			
	2	14.00	14.46	1.56	1.36
	3	14.50			
C-2/M-1	1	14.20			
	2	14.80	14.68	1.53	1.33
	3	15.00			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, se muestra los datos del contenido de humedad y densidad natural del suelo, para las muestras de la calicata 1 y calicata 2.

Al presentar la calicata 1 y la calicata 2 el mismo tipo de suelo como lo determina su clasificación de suelos, y para efectos del presente estudio solo se ha evaluado la calicata 1 - muestra 1.

d) Proctor Modificado

Tabla 11

Proctor modificado

Calicata/muestra	Calicatas		O. Contenido humedad (%)	
	Densidad máxima seca (gr/cm ³)			
	Valores	promedio	Valores	promedio
C-1/M-1	1.584		14.80	
	1.573	1.581	14.48	14.570
	1.585		14.70	
	1.581		14.30	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, se muestra los resultados del Proctor modificado del suelo, para la muestra de la calicata 1.

e) Capacidad soporte (CBR)

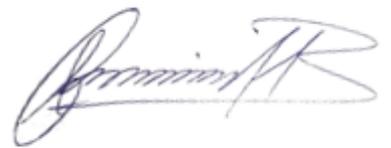
Tabla 12

CBR al 95% MDS a 0.1”

Calicata/muestra	Calicata	
	CBR al 95% MDS a 0.1”	Promedio CBR a 0.1" (%)
C-1/M-1	2.90	2.815
	2.71	
	2.80	
	2.85	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, se muestra los resultados del CBR al 95% MDS a 0.1"del suelo, para la muestra de la calicata 1.



4.3. Determinar la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I.

Tabla 13

Proctor modificado con adiciones de cemento portland tipo I, C-1/M-1

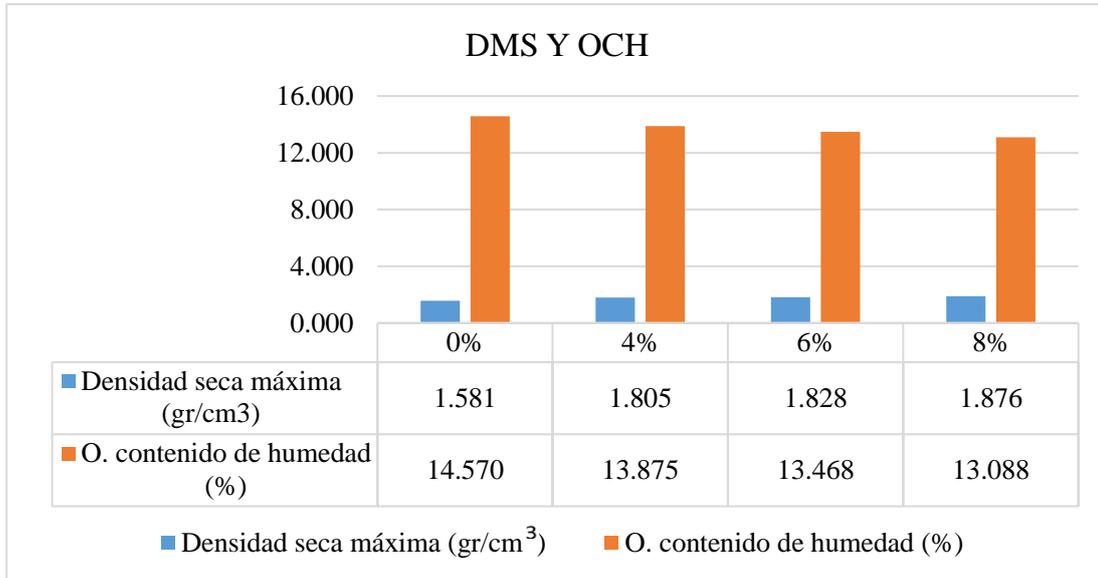
Calicata/muestra	Adición de cemento portland tipo I	Calicata			
		Densidad máxima seca (gr/cm ³)		O. Contenido humedad (%)	
		Valores	promedio	Valores	promedio
C-1/M-1	0.00%	1.584	1.581	14.80	14.570
		1.573		14.48	
		1.585		14.70	
		1.581		14.30	
		1.804		13.50	
	4.00%	1.806	1.805	13.70	13.875
		1.801		14.10	
		1.809		14.20	
		1.825		13.62	
		1.830		13.42	
	6.00%	1.827	1.828	13.38	13.468
		1.831		13.45	
		1.862		13.15	
		1.885		13.10	
		1.876		13.00	
	8.00%	1.880	1.876	13.10	13.088

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se muestra los resultados del proctor modificado del suelo con adiciones de cemento portland tipo I en porcentajes de 0%, 4%, 6% y 8%, para la muestra 1 de la calicata 1

Figura 21

DMS Y OCH con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I, C-1/M-1



Fuente: Elaboración propia

De la interpretación de la figura 21, se tiene valores del Proctor modificado promedios de la calicata 1 – muestra 1, para las diferentes adiciones de cemento portland tipo I, donde se verifica variaciones tanto en la MDS Y OCH, siendo el primero directamente proporcional a la adición de cemento portland tipo I, y el segundo inversamente proporcional.

f) California Bearing Ratio (CBR)

Tabla 14

CBR con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I, C-1/M-1

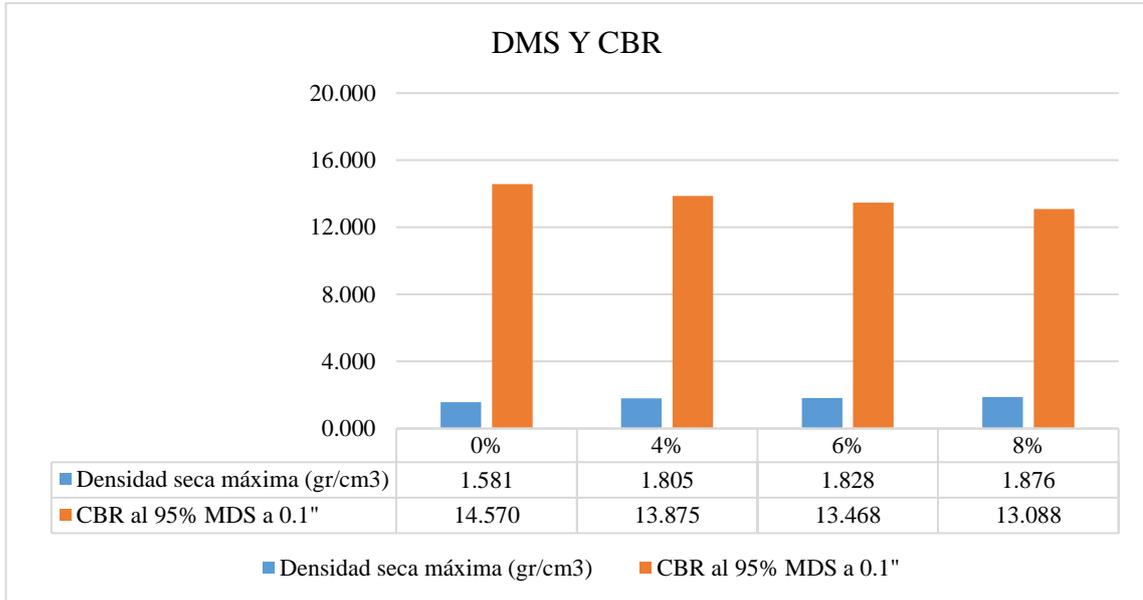
Calicata/muestra	Calicata		
	Adición de cemento portland tipo I	CBR al 95% MDS a 0.1"	
C-1/M-1	0.00%	2.90	2.815
		2.71	
		2.80	
		2.85	
		9.60	
	4.00%	9.40	9.350
		9.00	
		9.40	
		12.50	
	6.00%	12.70	12.550
		12.30	
		12.70	
		17.25	
	8.00%	17.90	17.5375
		17.60	
		17.40	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se muestra los resultados del CBR al 95% MDS a 0.1" del suelo con adiciones de cemento portland tipo I en porcentajes de 0%, 4%, 6% y 8%, para la muestra 1 de la calicata 1

Figura 22

DMS Y CBR con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I, C-1/M-1



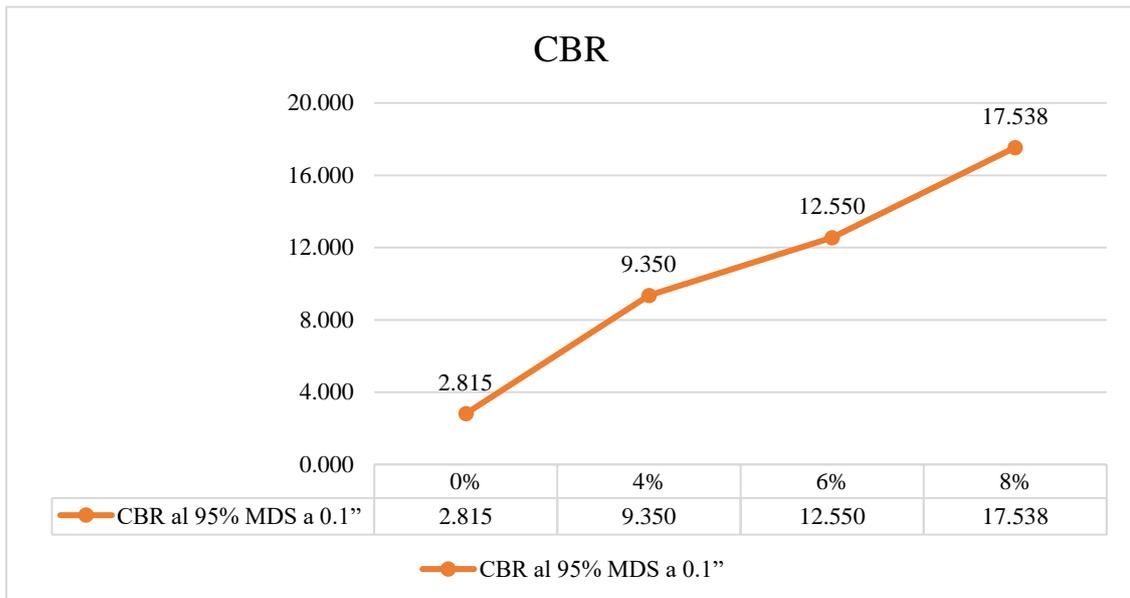
Fuente: Elaboración propia

De la interpretación de la figura 22, se tiene valores del CBR al 95% MDS a 0.1” promedios de la calicata 1 – muestra 1, para las diferentes adiciones de cemento portland tipo I, donde se verifica que el CBR es directamente proporcional a la adición de cemento portland tipo I.

4.4. Comparar el efecto de los diversos porcentajes de cemento portland tipo I en la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Figura 23

Comparación del efecto adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I en el CBR, C-1/M-1



Fuente: Elaboración propia

De la interpretación de la figura 23, se tiene valores del CBR al 95% MDS a 0.1” promedios de la calicata 1 – muestra 1, para las diferentes adiciones de cemento portland tipo I, donde se verifica que el efecto del cemento tiene una influencia positiva en el CBR al aumentarlo considerablemente para cada porcentaje adicionado.

4.5. Hallar el óptimo contenido de cemento portland tipo I, que mejora la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

De la interpretación de la figura 23 se tiene que el óptimo contenido de cemento portland tipo I, que mejora la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, que determina el máximo valor de CBR al 95% MDS a 0.1” es con la adición del 8%.

4.6. Análisis de datos

La comparación y análisis se realizará bajo el uso de programa Excel y para su validación de los datos se aplicará análisis estadístico en el programa “IBM spss statistics 27”

4.6.1. Capacidad soporte CBR al 95% MDS a 0.1”

Tabla 15

Pruebas de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
CBR al 95% MDS a 0.1”	Se basa en la media	4.328	3	12	0.028
	Se basa en la mediana	0.701	3	12	0.570
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.701	3	4.017	0.599
	Se basa en la media recortada	3.144	3	12	0.065

Fuente: IBM SPSS statistics 27

De la interpretación de la tabla 15, se presentan valores de verificación de la homogeneidad de varianzas, para lo cual se tiene si $p > 0.05$, entonces si existe homogeneidad de varianzas, cumpliendo para este caso.

Tabla 16*Prueba ANOVA de un factor*

CBR	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
Entre grupos	404.562	3	134.854	30.898	0.000
Dentro de grupos	52.373	12	4.364		
Total	456.935	15			

Fuente: IBM SPSS statistics 27

De la interpretación de la tabla 16, se presenta valores para verificar el nivel de significancia de las medias de los tratamientos, para lo cual se tiene si $p < 0.05$, entonces las medias presentan diferencias significativas, decir son diferentes, cumpliendo para este caso.

Tabla 17*Prueba POST HOC*

Comparaciones múltiples						
Scheffe - CBR al 95% MDS a 0.1"						
(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	P	Intervalo de confianza al 95%	
Adiciones	Adiciones				Límite inferior	Límite superior
	4,00	-8,14500*	1.40143	0.001	-12.6798	-3.6102
0,00	6,00	-9,73500*	1.47724	0.000	-14.5151	-4.9549
	8,00	-14,76833*	1.59560	0.000	-19.9315	-9.6052
	,00	8,14500*	1.40143	0.001	3.6102	12.6798
4,00	6,00	-1.59000	1.40143	0.736	-6.1248	2.9448
	8,00	-6,62333*	1.52568	0.008	-11.5602	-1.6864
	,00	9,73500*	1.47724	0.000	4.9549	14.5151
6,00	4,00	1.59000	1.40143	0.736	-2.9448	6.1248
	8,00	-5.03333	1.59560	0.057	-10.1965	0.1298
	,00	14,76833*	1.59560	0.000	9.6052	19.9315
8,00	4,00	6,62333*	1.52568	0.008	1.6864	11.5602
	6,00	5.03333	1.59560	0.057	-0.1298	10.1965

Fuente: IBM SPSS statistics 27

De la interpretación de la tabla 16, se tiene valores comparativos del nivel de significancia de las medias para cada tratamiento, para lo cual casi todos los casos se tiene un $p < 0.05$, sosteniéndose que las medias presentan diferencias significativas, es decir son diferentes. Se determina que existe incrementos significativos de CBR al 95% MDS a 0.1" con las adiciones de 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I.

Cafelup

7-1-7

Perminio R

V. DISCUSIÓN

Habiendo interpretado los resultados de la presente investigación para cada objetivo planteado, se presenta a continuación las discusiones para cada uno de ellos.

Es así que, para el objetivo general, acerca del análisis de la influencia del cemento portland tipo I en la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, se tuvo que el cemento contribuyo de manera excelente a mejorar la capacidad soporte (CBR) del suelo pasando de una subrasante inadecuada a una buena, lo cual indica que ahora el suelo mediante este sistema de mejoramiento es apto para su uso. Datos similares tuvo Golfín (2019) en su investigación, mejoramiento del desempeño en la estabilización de suelos de subrasantes con cemento hidráulico en vías no pavimentadas, donde obtuvo que el suelo presento mejorar muy significativas, pasando de una subrasante inadecuada a muy buena; y también coincide en el estudio que realizó Rodríguez y Silva (2019) donde su objetivo fue estabilizar los suelos con cemento portland tipo I más cal hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado alto Trujillo, el porvenir - La Libertad, donde tuvo un aumento muy significativo del CBR, pasando a condiciones de subrasantes buena.

Para el objetivo específico 01, de las características físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, se tuvo que el análisis granulométrico por lavado para la C-1/M-1 y para C-2/M-1 presentaron porcentajes pasantes superiores al 98 % desde el tamiz de ½” y para los límites de atterberg se tuvo que calicatas presentaron semejantes resultados teniendo un índice de plasticidad de 15% y 16% respectivamente; para lo cual en base a estos dos ensayos se determinó que la C-1/M-1 posee una Clasificación AASHTO A-7-5 (10) y la C-2/M-1 una Clasificación AASHTO A-7-5 (9) y mediante la Clasificación SUCS ambas calicatas presentaron un tipo de suelo CL; por otro lado se tuvo que ambas calicatas tuvieron en promedio un contenido de humedad de 14.57% y una densidad natural húmeda promedio de 1.545gr/cm³; vistas las mencionadas características de los suelos para ambas calicatas se hace referencia de suelos muy similares y/o iguales. Es así que para que para determinar la densidad y el óptimo contenido de compactación del suelo solo se tomó como base de estudio solo la C-1/M-1, donde se tuvo que dicho suelo presentó una MDS promedio de 1.581 gr/cm³ y un OCH promedio de 14.570% y para el

CBR al 95% MDS a 0.1" promedio se tuvo un valor de 2.815%. De todo lo mencionado se ha determinado que el suelo estudiado es una arcilla inorgánica de mediana plasticidad y esto concuerda el su artículo científico de Ospina et al. (2020) denominado mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero, que tuvo como muestra de estudio a un suelo de arcilla caolinita determinado por los siguientes valores, índice de plasticidad de 15.5%, MDS de 1.46 gr/cm³ y OCH de 16.50%, CBR al 95% MDS a 0.1" de 1.1% y por otro lado también se tuvo a los investigadores Alarcón et al. (2020), que trataron de estabilizar un suelo arcilloso que presentó características similares a las que se presenta.

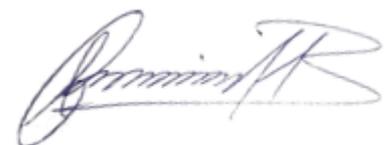
Seguido el objetivo específico 02, de la determinación la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, con adiciones de 0%, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I; se tuvo que el promedio CBR al 95% MDS a 0.1" para las adiciones de 0.00%, 4.00%, 6.00% y 8.00% tuvieron valores de 2.815%, 9.350%, 12.550 y 17.5375%, para lo se evidencia un crecimiento del valor del CBR al aumentar la cantidad de cemento, siendo directamente proporcional. Cabe señalar que Velásquez (2018) en su estudio denominado Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector la Molina, tuvo también incrementos en el CBR al 95% MDS a 0.1" de 3.50%, 6.63% y 13.75% con las adiciones de 1, 3 y 5%, respecto a la muestra patrón; por otro lado, también se tuvo a Estrada y Pintado (2019) que investigó la capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo I y 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio, donde tuvo que el CBR para las adiciones de cemento portland tipo I, presento aumentos muy significativos a diferencia de los otros estabilizadores.

Del objetivo específico 03, de la comparación del efecto de los diversos porcentajes de cemento portland tipo I en la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; se debe mencionar que el CBR al 95% MDS a 0.1" presento aumentos en 232.15%, 345.83% y 523.02% para las adiciones de 4%, 6% y 8%, con respecto a la muestra patrón. Asimismo, Gongora (2019) en investigación influencia de la cal y el cemento portland

47

tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de Pataz – 2019, también obtuvo mejoramiento del CBR, siendo su máximo aumento en 1969.67% con la adición de 4% de Cemento portland tipo I; Sin embargo por otro lado, Duque et al. (2019) presento resultados no tan concordantes, en su investigación que tuvo como objetivo evaluar la adición del cemento en una subrasante de una vía de tercer orden, donde los valor CBR presentaron aumentos muy bajos.

Y finalmente del objetivo específico 04, del óptimo contenido de cemento portland tipo I, que mejora la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; se tiene que la adición de cemento que tiende a aumentar de manera máxima la capacidad soporte (CBR al 95% MDS a 0.1”) fue con el 8%, teniendo un aumento de 523.02%, lo cual da al suelo condiciones óptimas para ser usada como subrasante, incluyéndose de manera objetiva dentro los parámetros que requiere el ministerio de transportes y comunicaciones; asimismo dándole un valor agregado a un suelo que en un primer momento tuvo características desfavorables y que en su habitualidad suelen ser desechadas. Estos parámetros tienen mucha relevancia en estabilización de suelos y coordinan con lo menciona Ramos (2019) es su tesis denominada mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo a nivel de subrasante a través de la utilización del sistema Rocamix entre la prolongación de la avenida san Antonio de Padua y de la calle 04 de la asociación de vivienda 2 de octubre del centro poblado san Antonio – Moquegua, 2017, que refiere la importancia de dar utilidad y un valor agregado a estos suelos que en conjunto con agentes estabilizantes hacen que generen construcciones amigables con el ambientes y cumpliendo con normas establecidas para condiciones de subrasantes; de la misma manera se refiere el autor Cubas y Manay (2021) en su investigación mejoramiento de subrasante para pavimento industrial de tránsito pesado utilizando escoria metálica, en estacionamiento vehicular avenida circunvalación – Jaén – Cajamarca 2021, donde pretendió estabilizar el suelo para no ser reemplazado.



VI. CONCLUSIONES

- El cemento portland tipo I influye en la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, ha sido excelente al presentar incrementos muy favorables, haciendo que el suelo pese de una subrasante insuficiente a buena.
- Las diversas adiciones de cemento portland tipo I utilizadas en la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, tuvieron mejoras muy sobresalientes, en la capacidad de soporte (CBR) con respecto a la muestra patrón, para todos sus porcentajes.
- El contenido de cemento portland tipo I, que genera un mejor comportamiento de la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, es con la adición de 8% de cemento.



VII. RECOMENDACIONES

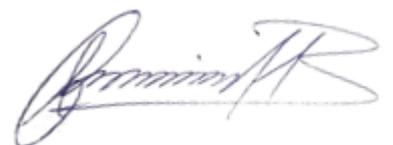
- Determinar la influencia del cemento portland tipo I en la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, combinados con otros agentes estabilizantes.
- Las características físicas y mecánicas de los suelos, se debe usar equipos calibrados, con el fin de obtener datos precisos.
- Determinar la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, con adiciones mayoradas de cemento portland tipo I.
- Evaluar el efecto de los diversos porcentajes de cemento portland tipo I en la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, con otros tipos de cementos y analizarlos en el tiempo.
- Analizar el contenido de cemento portland tipo I, que mejora la capacidad soporte (CBR) de la subrasante de la avenida Arana Vidal, distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, realizar comparativo técnico/ económico con respecto a las diversos porcentajes y la muestra patrón.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alata, J., & Vásquez, R. (2019). *Estudio exploratorio de estabilización con cemento portland de subrasante de suelo areno-arcilloso en carretera no pavimentada “el paujil”, loreto. iquitos, 2019* (tesis de pregrado). Universidad Científica del Perú, Loreto, Perú.
- Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Revista ingeniería de construcción*, 35(1), 5-20.
- Carajulca, E. (2018). *Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Chávez, D., & Odar, G. (2019). *Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Cubas, J., & Manay, L. (2021). *Mejoramiento de subrasante para pavimento industrial de tránsito pesado utilizando escoria metálica, en Estacionamiento vehicular avenida circunvalación – Jaén – Cajamarca 2021* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Estrada, F., & Pintado, J. (2019). *Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo i y 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Fernández, H. (2017). *Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca* (tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Hoyos, M. (2018). *Influencia del aditivo SIKA DUST SEAL como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable tramo la Serma - tambillo Jaén, Cajamarca* (tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

- Ramos, M. (2019). *Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo a nivel de subrasante a través de la utilización del sistema rocamix entre la prolongación de la avenida san antonio de padua y de la calle 04 de la asociación de vivienda 2 de octubre del centro poblado San Antonio – Moquegua, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú.
- García, X. (2019). *Mejoramiento de un suelo arcilloso de la localidad de Pacaisapa – Ayacucho utilizando residuos industriales para evaluarlo en muro hipotético de tierra estabilizado mecánicamente (MSEW)* (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Golfín, K. (2019). *Mejoramiento del desempeño en la estabilización de suelos de subrasantes con cemento hidráulico en vías no pavimentadas* (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Gongora, C. (2019). *Influencia de la cal y el cemento portland tipo i en la subrasante de la trocha del distrito de chillia, provincia de pataz - 2019* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Gutiérrez, E. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Mera, J. (2017). *Evaluación técnico- económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz - Bellavista, distrito Bellavista-Jaén-Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Palomino, K. (2016). *Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Parra, M. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante* (Tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.



Quezada, S. (2017). *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.

Romero, R., & Sañac, C. (2016). *Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para sub rasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico-Cusco* (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.

Rodriguez, V., & Silva, J. (2019). *Estabilización de suelos adicionando cemento portland tipo i mas cal hidratada en vias afirmadas, para el centro poblado alto trujillo, el porvenir - la libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Sañac, C. (2016). *Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para sub rasante de pavimento rígido de la urb. san judas chico – cusco* (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.

Silva, M. (2016). *Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle alemania – la molina - cajamarca 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Sulla, D. (2018). *Evaluación de la aplicación del polímero sika dust seal pe en caminos no pavimentados, intersección av. san luis y cuadra 1- palianhuancayo 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, Perú.

Ospina, M., Chaves, S., y Jiménez, L. (2020). Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero. *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación: RIDI*, 11(1), 185-196.

Trujillo, J. (2020). *Efecto del PET reciclado en la permeabilidad y resistencia de un pavimento rígido F'c 175 Kg/Cm2* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras diseño geometrico*

DG

-

2018.

Recuperado

de

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

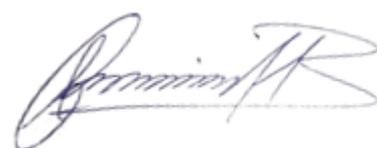
Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras suelos, geología, gotecnia y pavimentos*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-06-16%20Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia: Stella Valbuena de Fierro.

Velásquez, C. (2018). *Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida dinamarca, sector la molina* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Duque, J., Vásquez, B., & Orrego, J. (2019). *Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden* (tesis de pregrado). Universidad Libre Seccional Pereira, Pereira, Colombia.

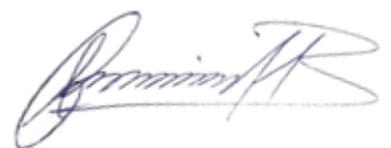


AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. Por qué han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que han contribuido a la consecuencia de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Carlos Alberto Becerra Agurto

Carlos Enrique Calderón Banda



DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón a mi hermana MIRIAN BECERRA AGURTO, la cual ya no se encuentra en este mundo, pero le agradezco mucho por su apoyo y por demostrarnos que se tiene que luchar hasta las últimas consecuencias si se quiere lograr algo, muchísimas gracias hermana de mi corazón.

A mis padres por su apoyo incondicional y estar ahí en los buenos y malos momentos que pase en el transcurso de toda mi carrera. Asimismo, a mis 2 hijos SAMANTA Y DEREK que son el motivo de mi esfuerzo y perseverancia.

A mis hermanos por estar siempre presentes en cada paso que daba y a mi esposa por su apoyo y aliento que no me dejaban decaer para que seguir adelante y así cumpla con mis ideales.

Carlos Alberto Becerra Agurto

Carlos Enrique Calderón Banda

