



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

“Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019”

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

AUTOR:

Gamarra Dueñas, Jason

<https://orcid.org/0000-0002-1521-5704>

ASESOR:

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

La presente tesis es dedicada con mucho amor a Dios y a mis padres. Las dos personas guías de mi vida Elcira Getrudes Dueñas Rosas y Evert Gamarra Ramos por el amor incondicional que me brindan siendo determinantes para toda acción a ejecutar.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Cesar Vallejo Lima norte, de tal manera al Staff que ello conforman, grandes catedráticos en ingeniería Civil que tuve el privilegio de ser alumno de pregrado, puesto que supieron transmitir sus conocimientos en mi formación profesional.

De manera muy especial al Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio por su contribución en mi formación profesional siendo mi docente en muchas materias de la línea de estructuras a lo largo de la carrera universitaria y que mejor aún tenerlo como asesor de la presente tesis en tiempos difíciles por la pandemia mundial del Coronavirus (Covid – 19).

A mis padres, Evert Gamarra Ramos y Elcira Getrudes Dueñas, por el apoyo y amor incondicional que me brindaron.

A mis hermanos: Stephany Elsa, Génesis Grace, Heber Piero, Enoc Steyner Gamarra Dueñas, quienes son mi motivación del día a día.

A mi abuelo, Ambrosio Dueñas Aranda y en memoria de mi abuela Gertrudis Rosas Garay al eterno descanso, que velaron por mis al inicio de mi vida y por su gran amor.

A la memoria de mi abuelo Hilario Gamarra Olortegui al eterno descanso que gracias a el jamás hubiera conocido a mi papá.

Al amor de mi vida, Ruth Noemí Aliga Ulloa, por ser la persona que me conoció en mis inicios, épocas de decadencia, momentos de alegrías, éxitos y lágrimas donde estuvo cuando más necesite, por su gran apoyo en toda esta etapa universitaria donde juntos quemamos muchas etapas, muchas gracias por todo.

A toda mi familia en especial a mi primo Joel Layme Carbajal y mis grandes amigos Zandro Díaz Rivera y Heber Osoreo Lazo que estuvieron cuando más necesitaba en una etapa muy crítica de mi vida, muchas gracias por todo.

A todos ellos, muchas gracias.

El autor

Índice de Contenido

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	18
III. METODOLOGÍA.....	38
3.1. Tipo y diseño de investigación	39
3.2. Variables de operacionalización	40
3.3. Población, muestra y muestreo	41
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.5. Procedimientos	43
3.6. Método de análisis de datos	51
3.7. Aspectos Éticos	51
IV. RESULTADOS	52
V. DISCUSIÓN	53
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS	59

Índice de Tablas

Tabla 1. Ecuación del módulo de resiliencia.....	23
Tabla 2. Caracteriza la técnica Consolid 444.....	26
Tabla 3. Tamaño de Partícula.....	29
Tabla 4. Clasificación del suelo según SUCS	31
Tabla 5. Clasificación del suelo según AASHTO	32
Tabla 6. Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO	33
Tabla 7. Rangos de Plasticidad	35
Tabla 8. Categorías de Subrasante según el ensayo CBR	36
Tabla 9. Operacionalización de variable dependiente Capacidad de soporte.....	39
Tabla 10. Operacionalización de la variable independiente sistema consolid	39
Tabla 11. Perfil estratigráfico de Calicata C-1.....	55
Tabla 12. Perfil estratigráfico de Calicata C-2.....	56
Tabla 13. Perfil estratigráfico de Calicata C-3.....	56
Tabla 14. Perfil estratigráfico de Calicata C-4.....	57
Tabla 15. Calculo del Limite Liquido Calicata C-1.....	58
Tabla 16. Cálculo del Índice de Plasticidad Calicata C-1.....	60
Tabla 17. Calculo del Limite Liquido Calicata C-2.....	60
Tabla 18. Calculo del Limite Plastico Calicata C-2.....	61
Tabla 19. Cálculo del Índice de Plasticidad Calicata C-2.....	62
Tabla 20. Calculo del Limite Liquido Calicata C-3.....	62

Índice de Gráficos y figuras

Figura 1. Ubicación de la Av. Los Eucaliptos, Carabayllo.....	12
Figura 2. Estado actual de la Av. Los Eucaliptos, Carabayllo.....	13
Figura 3. Ubicación de la Av. San Juan de Dios.....	42
Figura 4. Ubicación de la Av. Los Eucaliptos.....	42
Figura 5. Ubicación de Calicatas.....	43
Figura 6. Vista panorámica de la Calicata C-1.....	44
Figura 7. Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-1.....	44
Figura 8. Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-1.....	44
Figura 9. Vista panorámica de la Calicata C-2.....	45
Figura 10. Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-2.....	45
Figura 11. Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-2.....	45
Figura 12. Vista panorámica de la Calicata C-3.....	46
Figura 13. Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-3.....	46
Figura 14. Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-3.....	46
Figura 15. Vista panorámica de la Calicata C-4.....	47
Figura 16. Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-4.....	47
Figura 17. Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-4.....	47
Grafico 1. Perfil estratigráfico Avenida Los Eucaliptos – Carabayllo.....	54
Grafico 2. % de humedad del material v/s número de golpes Calicata C-2.....	60

Resumen

La presente investigación se ha realizado con el fin de estudiar el mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación y elegir una alternativa de estabilización mediante el uso del aditivo CONSOLID para fines de cumplir con los mínimos requerimientos físicos y mecánicos de un suelo de fundación, de manera tal que lo transforme en un material apto para diseñar espesores de capas óptimas del pavimento que garanticen una buena performance durante el periodo de servicio de la vía. Para ellos se extrajeron muestras del suelo más crítico donde presenta un CBR menor 7% según el estudio de suelo del expediente técnico, ya en el laboratorio de mecánica de suelos realizaron una serie de ensayos para determinar el comportamiento de suelo. Según los resultados obtenidos el suelo está compuesta por arcillas limosas de baja plasticidad, confirmando que es un suelo de que no cumple los requerimientos mínimos para diseño y construcción de pavimento que exige la guía de diseño AASHTO 93, con el fin de mejorar se realizaron tres ensayos de CBR con diferentes dosificaciones recomendada por el profesional encargado del asesoramiento en el uso del estabilizador CONSOLID, obteniendo resultados favorables de incremento de CBR 5.9 % a 40.8 siete veces más que el CBR inicial, con ello se consiguió la dosificación óptima para para la estabilización del suelo de 50 cm con CBR de 45% equivalente a un Mr de 10394.09 psi cumpliendo con el requiriendo de ASSHTO. El diseño quedando finalmente la estructura del pavimento de la siguiente forma; estabilizar 0.50 metros del suelo de fundación con el aditivo CONSOLID, 10 cm de espesor de sub-base granular de un material A-2-b con CBR 30%, la base granular será de 15 cm de espesor de un tipo de material A-1-a con CBR de 100 % y 10 cm de carpeta asfáltica en caliente.

Palabras claves: Mejoramiento, estabilización, impermeabilización, compactación, guía AASHTO 9

Abstract

The present investigation has been carried out in order to study the improvement of the support capacity of the foundation soil and to choose a stabilization alternative through the use of the CONSOLID additive in order to meet the minimum physical and mechanical requirements of a foundation soil. , in a way that transforms it into a suitable material to design thicknesses of optimal pavement layers that guarantee a good performance during the service period of the road. For them, samples of the most critical soil were extracted where it presents a lower CBR of 7% according to the soil study of the technical file, and in the soil mechanics laboratory they carried out a series of tests to determine soil behavior. According to the results obtained, the soil is composed of silty clays of low plasticity, confirming that it is a soil that does not meet the minimum requirements for design and construction of pavement required by the design guide AASHTO 93, in order to improve three CBR tests with different dosages recommended by the professional in charge of advising on the use of the CONSOLID stabilizer, obtaining favorable results of increment of CBR 5.9% to 40.8 seven times more than the initial CBR, with this the optimal dosage was obtained for stabilization 50 cm floor with CBR of 45% equivalent to a Mr of 10394.09 psi complying with the one requiring ASSHTO. The design is finally the structure of the pavement in the following way; stabilize 0.50 meters of the foundation soil with the CONSOLID additive, 10 cm thick granular sub-base of a material A-2-b with 30% CBR, the granular base will be 15 cm thick of a material type A- 1-a with 100% CBR and 10 cm hot asphalt folder.

Keywords: Improvement, stabilization, waterproofing, compaction, AASHTO 93 guide.

I. INTRODUCCIÓN

En el departamento de Lima se considera a Carabayllo un distrito como una gran extensión, se localiza al norte de Lima, conforma gran área que se ha visualizado un elevado crecimiento en su poblacional como también un elevado crecimiento vehicular en la última década, gracias a ello se verifica de forma ascendente nuevas viviendas año tras año. Siendo ello el área de ingreso a Carabayllo, logrando un nivel importante financieramente. Carece de una adecuada infraestructura de vías ya que es un distrito céntrico entre la conexión de la panamericana norte y el acceso hacia los demás distritos que conforman la parte norte del departamento de Lima metropolitana donde las avenidas existentes se verifica el deterioro y el poco mantenimiento para que pueda durar más las vías existentes a parte de ello el alto tránsito a generado un desgaste abrumador en contra de las avenidas que recorren el distrito de Carabayllo.

Una de las finalidades positivas sería una adecuada transitabilidad tanto vehicular como peatonal siendo ello una mejora a futuro y cambiar la perspectiva presente ya que poseer unas vías en un buen estado abalaría a una enorme mejora y a la vez una fluidez adecuada del tránsito existente en el distrito de tal manera teniendo vías en un buen estado se garantiza la reducción de la contaminación mediante una mitigación. Es ahí donde es muy costoso una reconstrucción o reparación de las avenidas afectadas por el pasar de los años donde se origina un serio problema para funcionarios deben de poner en cartera de proyectos para la atención inmediata de las vías del distrito ya que según la envergadura de los proyectos pueden ser elevados. Es ahí donde se origina la propuesta de implementar nuevas tecnologías en la construcción apoyadas por la ingeniería dando a conocer un nuevo sistema de estabilización de suelos ya que aminorara el presupuesto destinado para dichos proyectos, dando lugar al desarrollo de más metraje por un costo menor siendo una alternativa de solución y a la vez que aportara al mejoramiento de la avenida Los Eucaliptos del distrito de Carabayllo.

Investigaciones anteriores determinaron que el empleo de nuevas tecnologías de mejoramiento del terreno empleado como sub rasante son muy viables que generan soluciones técnicas donde se atribuyen a ser menos costosos en comparación a las soluciones clásicas que se dan como la alteración del suelo para ser

reemplazado con material de préstamo extraída de una cantera siendo un elevado costo que genera al proyecto su empleo de dichas solución como también una inferior perduración de la vida útil siendo menos durables ya que no es un tratamiento permanente genera un incremento en el mantenimiento sujetos a cada tramo de intervención.

En consecuencia, es viable las soluciones de mejoramiento de subrasante mediante nuevas tecnologías en comparación a las tecnologías tradicionales mientras que sea garantizado una adecuada permanencia de los mantenimientos presentes en las vías donde se busca un nivel inferior de inversión del proyecto y una elevada vida útil siendo durable por el pasar de los años.

Es por ello que en la presente investigación se da a conocer el empleo de una nueva tecnología de ingeniería conocida como el sistema Consolid siendo la presente tecnología una moderna solución para poder impermeabilizar, estabilizar y compactar los suelos existentes en cada lugar de intervención siendo el mejoramiento de las propiedades como también el mejoramiento de las respuestas mecánicas del terreno de fundación, de tal manera se logre transformar dicho terreno para luego se proceda a la intervención de la capa de rodadura siendo el terreno apto para recibir dicha capa donde usualmente se colocan las estructuras de los pavimentos en base a material del afirmado se pueda aprovechar en su totalidad el terreno existente donde dichas capas serán anuladas en su totalidades decir que con el mejoramiento se podrá trabajar libremente la capa de rodadura propuesta y así contrarrestar los métodos tradicionales que generan un elevado costo y tiempo en el proceso de la ejecución.

En la investigación se estudiará muy al detalle para así poder obtener los componentes necesarios para poder cumplir con la finalidad de implementar y proponer el Sistema Consolid como una gran alternativa moderna de solución donde el ahorro será muy significativo como también el tiempo de ejecución de dicha partida siendo su aplicación en la avenida Los Eucaliptos del distrito de Carabaylo.

Finalmente, la sub rasante será mejorada los comportamientos mecánicos y sus propiedades del suelo existente siendo a su vez una alternativa de material apto

que remplazará a disposición de materiales granulados en diferentes capas, ver figura 1.

Figura 1 Ubicación de la Av. Los Eucaliptos, Carabayllo



Fuente: Google Earth

La presente investigación está compuesta por 0.4 km que es la longitud de la avenida Los Eucaliptos, comprendida a 2.5 km de la panamericana norte km 30.5 del mismo. El lugar consta con el servicio básico en saneamiento de alcantarillado y agua a su vez cuenta con telefonía y servicio de energía eléctrica.

El estado actual del área de la presente investigación destinado para la vía se verifica que está deteriorado y en pésimo estado, así mismo avenidas colindantes a la avenida Los Eucaliptos no existe un adecuado libre tránsito, esto quiere decir que los moradores de la zona habitada transitan por una avenida en pésimas condiciones de transitabilidad lo cual están inversos a ocasionar accidentes de tránsito con graves consecuencias. ver figura 2.

Figura 2 Estado actual de la Av. Los Eucaliptos, Carabayllo



Fuente: Elaboración propia

El presente trabajo consistirá en aumentar la resistencia de la subrasante dando uso al innovador sistema Consolid que funciona como aditivo que estabiliza y mejora el terreno de la subrasante de tal manera se propondrá con el uso del sistema una mejora en la transitabilidad y condiciones necesarias de la avenida Los Eucaliptos, distrito de Carabayllo.

Problema general: ¿Cómo mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019?

Problemas específicos. ¿Cómo determinar una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019?

¿Cuál es la óptima dosificación usando el sistema Consolid para mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019?

¿De qué manera se puede proponer espesor de capas óptimas para la estructura del pavimento que genere una adecuada performance durante todo el tiempo de servicio de la vía en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019?

Justificación de la investigación: El proyecto de investigación planteada aplica a una solución de mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida Los Eucaliptos distrito de Carabayllo por lo tanto consta de las siguientes justificaciones, **Justificación Metodológica**, Sáenz, Gorjon, Gonzalo y Díaz (2012, p.20) Cuando una investigación por ejecutar plantea un método de tal manera genera conocimiento confiable como también viable se estaría hablando de una justificación metodológica. El presente proyecto de investigación consta de una inmensa importancia puesto que se determinará usando instrumentos de medición según el tipo de ensayo de tal manera será de gran utilidad por lo cual nos ayudaran a dar solución al problema planteado y por consiguiente cumplir con los objetivos del presente proyecto, de tal manera dar respuesta a las interrogantes que se realizó. Es por ello que se planteó 02 variables los cuales fueron clasificados como variable 01, capacidad de soporte por consiguiente la variable 02, sistema consolid. Las presentes variables especificadas anteriormente estarán sujetas a juicios de los expertos para la identificación de un posible error y posteriormente proceder al levantamiento de la observación que corresponda para su validez como también confiabilidad, **Justificación Teórica**, Sáenz, Gorjon, Gonzalo y Díaz (2012, p.20) Cuando una investigación contiene una finalidad de estudio es decir genera un debate y reflexión académica en cuanto es al conocimiento que existe por lo tanto se estaría hablando de una justificación teórica. El presente proyecto de investigación se ejecutará mediante datos obtenidos por el manual del MTC como también normas tales como AASHTO en conjunto con el ASTM para proceder a respectivos ensayos por consiguiente se plantea el uso del sistema consolid el cual se comprobará resultados que ello ofrece en el mejoramiento de la capacidad de soporte.

Justificación Práctica, Mendez (2011, p.196) Cuando una investigación consta de una manifestación en el interés del investigador en ampliar sus conocimientos por tanto adicionar a una solución de los problemas definidos por lo tanto se estaría hablando de una justificación teórica. El resultado de la presente investigación será muy útil, de tal manera ayudará a solucionar la baja capacidad de soporte existente de las distintas zonas a estudiar a futuro mediante el mejoramiento con el sistema consolid es por ello que la utilización del mismo puesta en práctica se convertirá como una gran alternativa para posteriores obras a proyectarse desde la elaboración del expediente técnico hasta su posterior ejecución de la obra en toda zona que contenga baja capacidad de soporte, **Justificación de Relevancia**, El estudio de la presente investigación permitirá economizar el desarrollo de la ejecución siendo mejoradas las propiedades mecánicas y físicas del suelo de fundación en la Av. Los Eucaliptos distrito de Carabayllo siendo estabilizada con el sistema consolid. En consecuencia, para obras futuras desde la viabilidad del proyecto plasmado en el ante proyecto para luego pasar al estudio definitivo en el expediente técnico para su posterior ejecución de la obra el presente sistema sería la propuesta técnica más adecuada.

Objetivo general: Mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.

Objetivos específicos: Determinar una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.

Calcular la óptima dosificación usando el sistema Consolid para mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.

Proponer espesor de capas óptimas para la estructura del pavimento que genere una adecuada performance durante todo el tiempo de servicio de la vía en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.

Hipótesis general: Es posible mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.

Hipótesis específica: Es posible determinar una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.

Es posible calcular la óptima dosificación usando el sistema Consolid para mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.

Es posible proponer espesor de capas óptimas para la estructura del pavimento que genere una adecuada performance durante todo el tiempo de servicio de la vía en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.

II MARCO TEÓRICO

LEIVA, (2017), realizó la tesis titulado ***“Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva Km 0+000 – km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción”***, de la Universidad Nacional del Centro del Perú, el objetivo de la investigación es de poder determinar cuál es la influencia del polietileno en el jr. Arequipa. La investigación presenta una metodología experimental y descriptiva, se ha utilizado a los suelos para poder determinar la población en Arequipa. Concluyéndose que el polietileno tiene influencia porque eleva la resistencia a través del uso del material por ser grumoso, realizándose la de dosificación, se empleó los cálculos para obtener el promedio existente y muy superior en un 8%.

ANGULO Y ROJAS, (2018), realizó la tesis titulado ***“Ensayo de fiabilidad con aditivo Proes para la estabilización del suelo en el AA. HH El Milagro, 2016”***, de la Universidad Científica del Perú, el objetivo de la investigación en realizar la verificación que causa la influencia de la tecnología para poder estabilizar el sobrante en el asentamiento humano. La investigación tiene una metodología aplicada, que permite la descripción y la pre experimentación ante las vías en Loreto, atendiendo las vías como muestras, encontrándose en el kilómetro 22.42 en Iquitos. Concluyéndose que para tener una mejor dosificación se ha pretendido mejorar desde el inicio ante el uso de los materiales por su volumen muy elevado, considerando el valor natural multiplicado por tres en base al empleo aditivo en un 367%.

VELASQUES, (2018), realizó la tesis titulado ***“Influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización del suelo de arcilla de la subrasante de la av. Dinamarca, zona La Molina”***, el objetivo de la investigación ha permitido la evaluación del comportamiento del suelo arcilloso para lo cual se permitió estabilizar a través del cemento de tipo I en la capital de Lima perteneciente al distrito de la Molina. La investigación tiene una metodología aplicada, la población se encuentra conformado por los suelos arcillosos, que se ha obtenido en base a la ubicación por cada calicata en la avenida del distrito de estudio. Concluyéndose que en avenida el suelo se encuentra sub rasante y esto lo demuestra la muestra arcillosa de calicatas, porque no se pueden utilizar estos pueden el uso adecuado

del material subrasante, siendo desfavorable la calicata porque se posee un mayor nivel en la plasticidad.

CORTEZ Y FERNANDEZ, (2015), en su tesis de titulación en Ingeniería Civil, titulada ***“Influencia de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de lima para vías a nivel de afirmado”***, la investigación tiene por objetivo de buscar una solución oportuna en el transporte, adicionando productos químicos que mejoren la resistencia y la reducción de los costos para que no se levante el polvo y no perjudique al peatón. La investigación tiene una metodología descriptiva y explicativa, teniendo una muestra de los suelos de Lima. Concluyéndose que cuentan los suelos se encuentran con una plasticidad de cero, motivo que perjudica el uso adecuado del aditivo, para aglomerar la adherencia de las partículas en la combinación con este biopolímero en comparación a un suelo natural.

PALOMINO, (2016), realizó la tesis titulado ***“Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100”***. El objetivo de la investigación es de poder determinar la evaluación del suelo arcilloso a través de la incorporación del estabilizador ante la capacidad portante. La investigación tiene una metodología experimental, se ha requerido dosis especímenes de suelo que han sido incorporados con el estabilizador y luego de la investigación elaborada concluyó que se verifico que el índice de plasticidad decreció cuando se procedió a la aplicación de un mayor porcentaje del aditivo, dando por resultado: un suelo natural con IP de 19%, incorporando 2% del aditivo se obtuvo un IP de 16%, al agregarle un 4% del aditivo se redujo a un IP de 13%, al emplear un aditivo del 6% se disminuyó en un IP de 10%, a ejecutándose el ensayo que indica la reducción al emplear el aditivo estabilizador correspondientemente a la M.D.S. y al O.C.H.. Con un suelo natural de M.D.S. 1.75 gr/cm³ y un OCH 18.12%, al emplear un 6% del aditivo Maxxseal 100 se redujo a una M.D.S. 1.705 gr/cm³ y un O.C.H. 15.04%.

PICO, (2018), realizó la tesis titulado ***“Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benites Canton San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño del pavimento de la misma”***, para la pavimentación

en base a cloruro de sodio y cal”, el objetivo de la investigación y de poder estabilizar los métodos subrasante para saber cuál es el más efectivo. La investigación tiene una metodología experimental, se utilizó a la población perteneciente a la comunidad en la parroquia San Pedro, teniendo una muestra de tres calicatas a lo largo de la vía que se ha mencionado. Concluyéndose que el ensayo determinó que la estabilización de los materiales deficientes se ha podido encontrar según el tipo de suelo en la villa, que representó la mejora en un 100% a comparación con el valor CBR.

SANCHES, (2016), realizó la tesis titulado **“Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Canton Tosagua provincia de Manabi”**. El objetivo de la investigación es poder determinar la cantidad del cemento y la cal para poder tener mejores resultados en que disminuya el hinchamiento. La investigación tiene por metodología el nivel explicativo y experimental, utilizando a los suelos de expansión, teniendo una muestra de dos calicatas a lo largo de la línea. Concluyéndose que la reducción se dio a través de la cal que no se produjo que el hinchamiento del suelo, a través del uso de estabilizante que los reduce en un 60%.

LAICA, (2017), realizó la tesis titulado **“Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base”**, la investigación tuvo por objetivo de poder determinar cuáles son las propiedades influencia al polímero en la sub base. La investigación tiene una metodología aplicada, que describe el nivel explicativo en base al diseño experimental, obteniendo una muestra contenida en el material a través de sus tres calicatas. Concluyéndose que el CBR cuantifica los soportes sometidos a través de las vías del ensayo, al aumentar la capacidad de soporte con un CBR de 7% a 15%.

HERNANDEZ, (2016), realizó la tesis titulado **“Mejoramiento de la vía entre los sectores de Atahualpa y Payatambo Totorá, en el Km 45 vía Ambato-Guaranda, en la parroquia Pilahuín, Cantón Ambato, provincia de Tungurahua”**, de la Universidad Técnica de Abanto del Ecuador, tuvo como objetivo general verificar un estudio para su mejoramiento de las vías existentes de los sectores. La investigación tiene una metodología aplicada, experimentar y a su vez ha utilizado una muestra de tres calicatas. Concluyéndose que el producto en

el asfalto en base a su espesor, espesor que se encuentra a una sub base de seis pulgadas.

AGUIRRE Y PRADO, (2014), en su tesis de titulación en Ingeniería Civil, titulada ***“Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, utilizando el sistema consolid”***, de la Universidad Católica de Ecuador, tuvo como objetivo general cuantificar y calcular la variación del CBR como el índice plástico, comparando el terreno natural y el terreno empleado con el uso del sistema consolid. La investigación tiene una metodología experimental y tira, 6 kilómetros del lugar de estudio, siendo su muestra 6 calicatas es decir una calicata por kilómetro y luego de la investigación elaborada concluyó que los dos suelos son viables pero la variación se realiza con relación al costo puesto que mediante el empleo del sistema consolid es más económico

(Pope, 2016), in his thesis ***“Comparative analysis of the compaction and humidity of the natural subsoil and subsoil using biodegradable chemicals (TerraSil), of the ecological route of the Boon canton, state of Michigan”***, aimed to determine the Adequate% of the additive for the stabilization of clay silt soil, then to compare the results of the natural soil versus the result of the soil with the TerraSil additive. The design used was experimental, so the samples were manipulated in situ. considering 0.5 liters of terraSil additive for 1 m³ of soil in 7.87 liters of water, concluding that, by adding Terrasil additive to the soil, the CBR increases by 14% after 7 days of the test; At the same time, the% moisture and absorption capacity decreases by 27.86%.

(Quiran, 2015), in his thesis ***“Stabilization of soils with Enzyme products, as an alternative to the lack of material lending banks in the state of Florida”*** had the objective of evaluating the multi-enzymatic additive, based on organic enzymes as an option to the shortage of loan materials for road projects. Where the CBR test was carried out at 95% of the natural soil obtaining 11.2%, immediately after adding sand at 15%, the CBR value increased to 16.7%, finally to this result at 20 adding the enzymatic additive achieved the value of 21.9% at 7 days, 34.4% at 14 days and 40.1% at 21 days. corroborating efficiency when using the new soil stabilization

technique. concluding that, the use of the additive properly minimizes the cost of maintenance and repair, likewise concludes that, this will be possible only in soils that have at least 20% of clay soil.

(Veran, 2014), in his thesis "**Stabilization of expansive soils with lime and cement in the Calcical sector of the Tosagua Canton Province of Manabí**", established the objective of stabilizing expansive soil by applying lime and cement, in order to reduce its expansion potential. Concluding that the classification of the soil according to SUCS corresponds to a highly plastic soil (CH) and according to AASHTO plastic clay (A-7-5), it also states that, with 9% of cement it managed to obtain the lowest value in the IP, deducting 36% from the natural state, increasing the LL by 8% and the LP increasing by 61%. In the same way, he affirms that, with 3% of cement, he managed to reduce the swelling% by 57%, and with 5% of cement he reduced by 74%, and with 7% he achieved a decrease of 87%.

(Brow, 2016), in his thesis "**Alternative study for soil stabilization with existing material on the Boquete - Texas road**". He established the purpose that would evaluate, concluding that the stabilization with cement reaches a high percentage of resistance, compared with lime, because these stabilizers were added to soils with thick texture such as which are SC, SM among others, relegating to this since the witnesses tested with lime obtained less resistance."

(Taylor, 2009), in his research "**Rigidity at low deformation of soil mixture of the Pampas and Portland Cement formation**" aimed to determine the effects on the stabilization of the Pampas deformation soil by incorporating Portland cement in 4, 6, 8, and 10%; The soil used was the Low Plasticity Slime, where it measured the resistance to simple compression, stiffness for low deformations and its progress over time in different cement dosages. Concluding that, for this type of soil the resistance to abrasive wear under periods of freezing and thawing progressed with the cement content and the losses in dry weight after 12 cycles for cement dosing between 6% and 9% were less than 8%. Likewise, it states that the simple compressive strength progressed with the addition of the cement sequentially to the

square root for early ages and an almost linear increase for long periods in curing times.

Modulo resiliencia

Según (Herrera, 2014). El módulo resiliente es el parámetro utilizado con el fin de representar las propiedades de los suelos de la subrasante en el diseño de pavimentos flexibles.

Para determinarlo, la guía recomienda realizar el ensayo AASHTO T274 sobre una muestra representativa, la cual estará sometida a una carga de duración definida bajo determinadas condiciones de esfuerzo y humedad. Normalmente resulta complicado realizar el ensayo de módulo resiliente puesto que se requiere de un equipo de laboratorio especial, el cual está constituido por una cámara triaxial. En este sentido, la “Guía de diseño AASTHO 93” ha propuesto correlaciones que determinan el mantenimiento rutinario (MR) a partir de ensayos de CBR.

Expresión general en la “Guía AASHTO 2002”, ver tabla 1.

Tabla 1. Ecuación del módulo de resiliencia

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

Fuente: “Guía AASHTO 1993

Resistencia mecánica: Según Maxil y Salina (2015), los pavimentos se forman a través del factor que determina a través de las propiedades, por su compactación que estabiliza el suelo y otros aditivos químicos, siendo materia de estudio de la investigación, para tener una mejor resistencia entre empleo:

- Compacto
- Vibracion-flota
- Estabiliza la mezcla suelo
- El cemento es estabilizado químicamente en base a los aditivos.

En aquellos suelos que se cultiva productos orgánicos ocurre esta falta de resistencia en el suelo, lo cual se requiere la presencia del material para la estabilización.

Según Pazos (2006, p. 107) nos indica que: “Las propiedades mecánicas están vinculadas con la respuesta del material a la aplicación de esfuerzos mecánicos, y el término propiedad mecánica se determina como la capacidad que tiene un material para soportar esfuerzos mecánicos.”

Por otro lado, Pazos (2006, p. 107) nos indica: “Las principales propiedades mecánicas son: elasticidad, resistencia, ductilidad, dureza y tenacidad.”

Además, Barroso e Ibáñez nos indican que:

Las propiedades mecánicas de un material reflejan su reacción frente a la aplicación de esfuerzos externos. Las propiedades mecánicas, como la ductilidad, tenacidad, rigidez o resistencia, pueden medirse por medio de diversos parámetros, como el *alargamiento*, *estricción*, *límite elástico*, etc. Estos parámetros se obtienen a partir de los denominados ensayos mecánicos, mediante los cuales el material es sometido a diversos tipos de esfuerzos, como por ejemplo de compresión, tracción, *flexión*, *impacto*, *torsión* o fatiga. (2014, p. 73).

Las propiedades mecánicas que se mejoraron en este proyecto de investigación serán el aumento de la resistencia con el ensayo CBR y disminuir el índice de plasticidad con los ensayos de límite líquido y plástico, todos estos ensayos fueron aplicados a un suelo arcilloso, empleando el aditivo Consolid.

Resistencia al corte: la resistencia se mide cuando se realice el corte y a su vez determina el soporte del suelo para saber su capacidad, teniendo un esfuerzo constante, para poder tener la base de pavimentos y controlar la densidad y su humedad (Reyes, 2005, p.143).

Según Pazos nos define resistencia:

[...] se define como el esfuerzo que opone el material al cambio de forma y tamaño cuando se le aplica un esfuerzo. Esta propiedad se denota con la letra griega σ . [...] La resistencia del material puede ser tensil o a la compresión dependiendo del esfuerzo aplicado. La resistencia tensil es generalmente proporcional a la dureza. (2006, p.108).

Por otro lado, Addleson nos indica que la resistencia:

[...] de un material es su capacidad para soportar cargas sin deformarse o romperse. Esta capacidad depende de dos factores principales relacionados entre sí: uno es la resistencia inherente del propio material, que se mide por sus propiedades mecánicas; el otro tiene en cuenta como se aprovecha esta propiedad según la forma y el tamaño del material y el sistema de carga, es decir la aplicación de la fuerza o fuerzas. (2001, 91).

Por último, Anusavice indica que:

La resistencia de un material, nos referimos a la tensión máxima que se necesita para provocar una deformación. Ambos comportamientos pueden explicarse según las propiedades de resistencia, aunque deberíamos aplicar términos adecuados para diferenciar la tensión que causa la deformación permanente y la necesaria para provocar una ruptura. (2004, p. 85)

Según lo mencionado por los autores, la resistencia es una propiedad la cual concierne en soporta esfuerzos o fuerzas empleadas hacia un material u objeto, lo cual se medirá mediante su deformación, el cambio de tamaño y la forma de cómo se presentan grietas o rajaduras.

En la presente investigación se midió la resistencia del suelo mediante diferentes tipos de ensayos, la cual se le agrego el aditivo PROES y CONSOLID al suelo natural obteniendo un mejor resultado con respecto a la resistencia.

Densidad máxima :Se realiza el ensayo para poder determinar si el suelo es compacto para la aplicación del contenido ante la humedad: De acuerdo a la norma del ensayo estándar, ha modificado los cuerpos a diferencia de lo que se radica en la distinta energía que se ha utilizado por el peso del pisón o la altura mayor de la caída. (Reyes, 2006, p.134).

Aplicación del sistema consolid en pavimento flexible:Se ha podido observar que no se requiere de maquinaria o equipos especiales para la aplicación, se necesitan equipos antiguos para poder lograr la aplicación en las carreteras para su estabilización, como por ejemplo mezcladora, recicladoras y estabilizadores de suelo. (Aguirre y Prado, 2016). Este producto ha permitido que se consolide el polvo granulado con el líquido viscoso entre solidry y consolid. (Lizárraga y Sáez, 2017).

Se explica los productos aplicados:

Se aglomera la partícula fina para poder disminuir la superficie del suelo, eliminando las partículas que se adhiere para poder activar la función compacta con el suelo.

El tratamiento posterior genera que se establezca un el requerimiento en donde se realizó la construcción.

Característica técnica sistema consolid

Consolid 444 concentrado: El líquido semi viscoso se forma por los catalizadores y la mezcla monómero que permiten la aceleración de la dimensión, ver tabla 2.

Tabla 2. caracteriza la técnica Consolid 444

Características	UM	Valor Nominal
Aspecto	-	líquido
Color	-	amarillo
Olor	-	característico
Punto de inflamación	°C	41
Presión de vapor a 20 °C	hPa	23
Densidad	g/cm ³	0,98-1,00
Solubilidad en agua	-	completa
ValorpH(100g/l)a20°C	-	4,5-5

Fuente: Herrera, 2016, p. 13

Beneficios económicos del sistema consolid :Se aplica en la construcción como propuesta, no se requiere equipos especiales para proceso, mejorando el comportamiento y el trabajo de los materiales locales, que permite el ahorro del transporte y la utilización del material en un 42% más barato que el sistema tradicional. (Maxíl y Salina, 2015).

Ahorro de costos en materiales:La comparación ante otros sistemas ha proporcionado que se aproveche el suelo en un 88%, indica que no se necesita materiales de las canteras por ciento más cómodo por el sistema tradicional y porque genera una mayor estabilidad y a su vez disminución de la profundidad en base a su envergadura de la base. (Aguirre y Prado, 2013).

Estabilidad de suelo: La propiedad física y mecánica del suelo es de poder estabilizar mejor sus propiedades en base al proceso físico y mecánico.

El suelo se estabiliza a través de la aplicación del sistema que pretende emplea el total del material para poder eliminar una mayor disminución de la vibración del suelo, porque son más sensibles algunos suelos por la presencia de la ubicó ablandando y destruyendo aquel suelo arcilloso, se necesita tener un mejor control de la sensibilidad del suelo. (Perez, M., 1995, p.43).

Ahorro de costos en mantenimiento: Por ser resistente, generan una mayor densidad e impermeabilidad, se tiene suelos estables y durable que garantiza un mayor tiempo de vida útil ante otros convencionales.

Reducción del tiempo de ejecución: La aplicación será en un menor tiempo, por la sencillez y aprovechamiento en la pavimentación de los suelos existentes, ante otros métodos tradicionales, que utiliza el transporte y los materiales de las canteras, demandando un alto costo económico y tiempo. (Aguirre & Prado, 2012).

Producto ecológico

Porque contribuye a la protección del medio ambiente a través de:

- No permite la utilización de los vertederos.
- No utiliza canteras.
- No es utilizado para reacciones químicas.
- El suelo se vuelve a compactar para su reciclaje.

Permite que se mejore los caminos agrícolas, rural, también los lugares donde no se requiere el aumento del nivel rasante del suelo.

Diseño de la pavimentación

Estudio de suelo: El suelo es estudiado a través de la exploración y ejecución del campo en base al manual como una profundidad de su superficie en 2 m aproximados, para las esto se necesite el ensayo de la densidad de campo para determinar el nivel compacto de cada calicata.

Para poder realizar un proyecto se debe tener las propiedades y características del suelo, demostrado en la composición de las capas que lo integra.

Se requiere el análisis en el laboratorio a través de los siguientes aspectos:

- Se analiza el granulado métrico Análisis Granulométrico por Tamizado
- Límite de Atterberg
- Proctor que ha sido modificado
- California Beareng Ratío

Se ha realizado en base a las normas los ensayos respectivos, dando como resultado que el suelo se encuentre verificado a través de sus características de cada.

Existen varios tipos de suelos las cuales se caracterizan por qué se diferencian por su composición, textura, color, propiedades mecánicas y físicas, por otro lado, también se identifican por el tamaño de partículas, ver tabla 3.

Tabla 3. Tamaño de Partícula

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: MTC, 2013.

- **Gravas**

Según Crespo nos indica que:

Las gravas son partículas sueltas de rocas que tienen más de dos milímetros de diámetro. Tiene como procedencia, que cuando provienen de las aguas son acarreadas y sufre desgaste arista y redondeo. Estas partículas tienen a varias su tamaño los cuales son de 7.62 cm (3”) hasta 2.0 mm. (2004, p. 21).

Por lo tanto, la grava también puede denominarse como piedra, proveniente de rocas las cuales se pueden encontrar en los ríos obteniendo diferentes tipos de

formas que se pueden utilizar como agregado grueso por el tamaño de sus partículas. Cuando un suelo está compuesto por grava es considerado un suelo granular, los suelos granulares se caracterizan por tener una mayor resistencia y además que son considerados con una plasticidad menor.

- **Arena**

Se sostiene al respecto sobre la arena que: La arena tiene como composición los granos finos que son originarios de la descomposición de las rocas o de su trituración artificial, lo cual sus partículas tienen a variar entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. (Crespo, 2005, p. 22).

- **Limo**

Según Crespo nos define que:

Los limos están compuestos por granos finos que tienen poca o ninguna plasticidad, diferenciándose entre limo inorgánico como el resultado en canteras, o limo orgánico como el que se encuentran cerca de los ríos, siendo este último el cual tiene la propiedad de ser plástica. Su diámetro varía entre 0.05 mm hasta 0.005 mm. (2004, p. 21).

El tipo de suelo limo lo podemos encontrar como orgánico e inorgánico, los cuales tienen por composición grava, arena y lodo que son partículas pequeñas, que han sido sedimentadas. El limo pertenece al grupo denominado suelo cohesivos, es un suelo que normalmente tiene una plasticidad media.

- **Arcilla**

Según Crespo nos indica que:

La arcilla está compuesta por partículas sólidas con diámetro menor a 0.005 mm y tiene la propiedad de volverse plástica al ser combinada con agua, usualmente la arcilla suele ser dura cuando está seca. El cual se estima aquellas partículas por considerarse menos para poder hidratado el sindicato de alúmina. (2004, p. 21).

La arcilla tiene las partículas muy pequeñas, las podemos encontrar a veces en bloques duros que se encuentran deshidratados por el sol, pero cuando se satura se vuelve plástico y puede generar un lodo, el suelo que esté compuesto por arcilla

esta denominado como un suelo cohesivo, que además suele ser presentar una plasticidad alta.

Clasificación de Suelos

Existen 2 tipos de clasificación que se emplean, la clasificación (SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y (AAHSTO, en su significado en español Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).

Clasificación de suelos (SUCS)

Según Crespo (2004, p.88) nos dice que: “Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en 1942 para aeropuertos.”

Para la mecánica del suelo se utiliza el sistema de clasificación SUCS:

Se utiliza para la mecánica del suelo en su mayoría de veces.

En base al ensayo en el laboratorio no permite obtener resultados del plástico, los límites en el líquido y los gránulos métricos, que permitirá agrupar las propiedades características del suelo, ver tabla 4.

Tabla 4. Clasificación del suelo según SUCS

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA GRADUADA BIEN
		GP		GRAVA GRADUADA MAL
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA GRADUADA BIEN
		SP		ARENA GRADUADA MAL
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD

Fuente: Crespo , 2004.

Sistema de clasificación (AASHTO)

Según Bowles (1982, p. 88-89) no dice que el sistema de clasificación (AASHTO): Se clasifica los suelos de ocho grupos, desde A-1 hasta A-8, y originalmente requiere de los siguientes datos, ver tabla 5:

1. Análisis granulométrico
2. Limite líquido y plástico e Índice de Plasticidad
3. Límite de contracción

Tabla 5. Clasificación del suelo según AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35 % o menos pasa la No. 200)							Materiales limo-arcillosos (Más de 35 % pasa la No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5; A-7-6
Análisis de cernido: Porcentaje que pasa: No. 10 No. 40 No. 200	50 max. 30 max. 15 max.	50 max. 25 max.	51 min. 10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa la No. 40: Límite líquido: Índice de plasticidad	6 max.		N.P.	40 max. 10 max.	41 min. 10 max.	40 max. 11 min.	41 min. 11 min.	40 max. 10 max.	41 min. 10 max.	40 max. 11 min.	41 min. 11 min.
Índice de grupo	0		0	0		4 max.		8 max.	12 max.	16 max.	20 max.
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedras, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación general como sub-base	Excelente a buena							Regular a pobre			

Fuente: BOWLES Joseph, 1982.

Como podemos observar en la tabla no encontramos el grupo A-8, la cual es turba o vegetal y la podemos clasificar en base a una descripción visual.

Sistema de clasificación AASHTO y SUCS

A continuación, se muestra las dos clasificaciones de los suelos, ver tabla 6.

Tabla 6. Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM -D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: MTC, 2013.

Superficie de rodadura :Según (Montejó E., 2013 p. 248) definió a la superficie a través de los ensayos que han sido evaluado, superficie de rodado que sobre la capa estabilizada atenúa el efecto nulo del coeficiente y se le considera como aporte ante la condición funcional en la construcción del pavimento.

Ensayos de Campo

La clasificación del tipo de ensayo será a través de la ejecución del proyecto.

Calicatas (ASTM D-2488)

Según Porte, Lopez y Pochs (2015, p. 133) indicó:

Aquella excavación que se realiza manualmente en una calicata ha permitido la examinación del estudio de los suelos en base a su relación y horizonte. La calicata tiene un area para poder realizar los trabajos cómodamente.

El tamaño y profundidad de las calicatas van a variar dependiendo de que se busca analizar, según la Norma E0.50 existen diferentes tipos de exploración, con fines de cimentaciones y con fines de viales. En el proyecto de investigación, se realizó una calicata de 1.50m por estar analizando una red vial.

Las muestras son realizadas cuando se realiza la Calicatas según el estrato del suelo y la identificación posterior de las bolsas de polietileno que se han llevado a cabo en la realización del ensayo correspondiente en el laboratorio.

Ensayos de Laboratorio

Los ensayos en el laboratorio permitirán conocer el tipo de suelo.

Ensayos de Caracterización de Suelos

Análisis Granulométrico (ASTM D422): Nos permite tener el porcentaje y el tamaño de la partícula que se ha empleado en la malla según su abertura. Esta diferencia ocurre en aquellas muestras finas ante las muestras pobres por las mallas que han sido recibidas. Este dato obtenido permite conocer el contenido y tamaño de la partícula que ha sido analizada según su clasificación.

Contenido de Humedad (ASTM D2216): Permite obtener el contenido de la unidad, se realiza la extracción de una muestra en el terreno, para poder determinar la diferencia entre el suelo seco y la humedad, sacándose en un horno.

Límite Líquido y Límite Plástico (ASTM D4318) : Se expresa el límite del líquido contenido en omega en donde se realiza el trabajo para luego tener los límites ante un cierto número de golpes, siendo el empleo de la muestra de 100 gr.

Este contenido de humedad es aquí suelo que se comienza a agrietarse mediante la formación de barritas con un diámetro de 4mm.

Índice de Plasticidad: Crespo (2006, p.69) el índice de plasticidad ocurre en la diferencia entre el plástico y límite de líquido, señalando un margen de la que se encuentra en el estado de plástico y es determinado en el ensayo.

A continuación, nos indica los rangos de plasticidad según el tipo de suelo. En el caso del proyecto de investigación se tiene como característica un suelo arcilloso, con una plasticidad de Baja-Media, ver tabla 7.

Tabla 7. Rangos de Índice de Plasticidad

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

Fuente: MTC, 2013.

Ensayos de Resistencia del Suelo

Proctor Modificado (ASTM D-1557): La modificación se calcula por la relación óptima del contenido húmedo y la densidad se relación a la curva de compactación. Este procedimiento de compactación se elabora en el laboratorio de suelos, y es empleado para saber cuánto % de agua debe tener el suelo para que se obtenga una óptima compactación. En este ensayo se emplea un pisón de 44,5 N (10 lbf), lo cual caerá de una altura aproximadamente de 18 pulgadas (45.7 cm) sobre los moldes que estarán llenados por el material a ensayar, los moldes varían 4 o 6 pulgadas; esto dependerá del tipo de Método que se emplee.

Antes de proceder a este tipo de ensayo se tiene que realizar el análisis granulométrico, en la cual obtendremos el % de pasante de las mallas y % de retenidos; la cual es un dato muy importante para saber los tipos de tamaños de partículas que predominan del suelo a estudiar. Ya que existen 3 métodos en el Proctor Modificado: Método "A", Método "B" y Método "C", de acuerdo a ello se empleará el molde adecuado para cada método.

CBR (California Bearing Ratio) (ASTM D-1883) : El ensayo CBR nos permite calcular y conocer la capacidad de carga o soporte de un suelo, ya sea granular o cohesivo. Es decir, saber cuál es la capacidad del suelo en soportar la carga bajo las ruedas.

Por otro lado, el ensayo CBR se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad, para realizar este ensayo tendremos que primeramente realizar nuestro ensayo de Proctor

Modificado para conocer cuánto % de agua debe tener el suelo para que se obtenga una óptima compactación. Este índice que nos arroja el ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado, ver tabla 8.

Tabla 8. Categorías de Subrasante según el ensayo CBR

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

Fuente: MTC, 2013

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Método: Científico

(Valderrama, 2015, p.75), se define como el conjunto de pasos sistematizados que guían el proceso de búsqueda del conocimiento mediante la formulación y contrastación de hipótesis, de tal manera que al aplicar lógica razonable se valide o no, dicha hipótesis.

Considerando lo antes mencionado, esta investigación seguirá el **método científico**, puesto que, para dar una respuesta al problema, se planteará una hipótesis que mediante ensayos de laboratorio permitirá validar y establecer una posible solución.

Tipo de investigación: Aplicada

(Carrasco Dias, 2006, pág. 43), se caracteriza por su aplicación práctica e inmediata a la solución de un problema latente a la realidad, limitándose a generar nuevas teorías.

Bajo esta consideración la investigación corresponde al **tipo aplicada**, puesto que lo que se pretende es mejorar la capacidad del soporte del suelo de fundación, mediante la aplicación del sistema consolid.

Diseño de investigación: Experimental

(Behar, 2008, p.47), sostiene que el investigador manipula una variable deliberadamente, con la intención de evaluar los efectos derivados producto de tal modificación.

Dada esta consideración la presente investigación corresponde a un **diseño experimental**, debido que se realizara la manipulación en la dosificación del sistema consolid, para ver los cambios que produce en la capacidad de soporte del suelo de fundación.

Nivel de investigación: Explicativa

(Ñaupas, y otros, 2013), expresan que la investigación explicativa es rigurosa ya que se basa en establecer la relación de causa - efecto producidas entre variables,

mediante la verificación de la hipótesis y posteriormente a la interpretación de la misma.

En consecuencia, según el criterio antes descrito, corresponde al nivel explicativo, debido a que se busca identificar cuáles son efectos del sistema consolid sobre la capacidad de soporte de suelo de fundación.

3.2 Variables, operacionalización

A continuación, se visualiza el cuadro de la matriz de Operacionalización de las Variables., ver tabla 9 y 10.

Tabla 9

Operacionalización de variable dependiente Capacidad de soporte.

TITULO : "MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON EL SISTEMA CONSOLID, EN AVENIDA LOS EUCALIPTOS , CARABAYLLO – 2019."					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE DEPENDIENTE capacidad de soporte	Bowles (1982). La estabilización es normalmente mecánica o química, [...] que la estabilización mecánica incluye la compactación, variadas técnicas patentadas de vibración [...]. La estabilización química incluye la mezcla o la inyección de sustancias químicas al suelo, agregándole agentes químicos. (p. 183).	La capacidad de soporte del terreno es el principal dato donde intervienen las propiedades que determinara la construcción de una pavimentación.	Propiedades mecánicas del suelo	California Bearing Ratio - Cbr (%)	R A Z O N
				Módulo Resilente	
			Propiedades físicas del suelo	Tipo de suelo	
				Plasticidad	
				Granulometría	
Humedad					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Operacionalización de la variable independiente sistema consolid.

TITULO : "MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON EL SISTEMA CONSOLID, EN AVENIDA LOS EUCALIPTOS , CARABAYLLO – 2019."					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema Consolid	(Proestech,2013).Los aditivos son aquellas sustancias químicas que se emplean para obtener un mejor comportamiento y mejorar las propiedades mecánicas de un suelo, o un material.	Se emplea el uso del sistema consolid de tal manera que se pueda dar a conocer las propiedades y ventajas en el que este pueda ofrecer y poder mejorar la capacidad de soporte del suelo a trabajar.	Dosificación	Consolid (ml)	R A Z O N
			Espesores de capa	Sub-rasante (cm)	
				Sub-base (cm)	
Base (cm)					

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo.

Población, (Artiles, Otero, y Barrios, 2008, p. 191), Está compuesto por la totalidad de elementos con características representativas, susceptibles a ser analizados.

Para el presente trabajo de investigación la población está constituido por una vía de 1.1 km que son la totalidad de la avenida Los Eucaliptos del distrito de Carabayllo.

Muestra, (Palella, 2006, p.116) Manifiesta que la muestra, es un extracto que representa al conjunto o población, el cual mantiene las cualidades y características ejemplares posibles del grupo.

En este proyecto la muestra está constituido por 0.4 km en el tramo comprendido desde el 0+400 al 0+800 de la avenida Los Eucaliptos del distrito de Carabayllo.

3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos

Técnica: Observación Directa, (Artiles, Otero, y Barrios, 2008, p. 227) sostiene que permite tener información a través de la observación del fenómeno durante la materialización del experimento y entender el comportamiento del objeto.

La técnica a considerar en la presente investigación es la **observación directa**, puesto que nos basaremos en la observación minuciosa y luego el análisis de los cambios en la capacidad de soporte producto de la incorporación del sistema consolid.

Instrumento: Ficha de recopilación de datos, (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, pág. 198): Una ficha de recopilación de datos es un instrumento que permite lograr los objetivos perseguidos, según al método y tipo de investigación.

En la investigación presente, se utilizará la ficha de recopilación de datos.

3.5 Procedimientos

Reconocimiento de campo: Para acceder al área de estudio se toma como referencia el km 30.5 de la panamericana norte, siendo este el paradero ovalo Puente Piedra luego se va por la avenida San Juan de Dios que recae perpendicular a la panamericana norte. Se recorre dicha avenida por 2.5km del mismo, hasta llegar a la avenida Los Eucaliptos que se sitúa transversal a ello, de tal manera se llega al área de estudio. Ver figura 3-4.

Figura 3: Ubicación de la Av. San Juan de Dios



Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Ubicación de la Av. Los Eucaliptos



Fuente: Elaboración propia

Ubicación de Calicatas: Se procedió a realizar el trabajo de exploración con el objetivo de identificar la zona de estudio, de tal manera determinar los puntos donde posteriormente se extrajo las muestras pertenecientes a la avenida Los Eucaliptos, distrito de Carabayllo. Ver figura 5.

Figura 5: Ubicación de calicatas



Fuente: Elaboración propia

Extracción de muestras: Se procedió a la excavación manual a tajo abierto a cada 100 metros de separación localizado a lo largo de la avenida Los Eucaliptos, siendo un total de 4 calicatas con profundidad de 1.50 metros donde se codifico con la nomenclatura de C-1, C-2, C-3, C-4. Ubicadas entre las progresivas 0+400 – 0+500 – 0+600 – 0+700 de la avenida en estudio. Ver figura 6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17.

Figura 6: Vista panorámica de la Calicata C-1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7-8: Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: Vista panorámica de la Calicata C-2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10-11: Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-2.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12: Vista panorámica de la Calicata C-3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13-14: Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15: Vista panorámica de la Calicata C-4.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16-17: Vista del perfil estratigráfico de la Calicata C-4.



Fuente: Elaboración propia.

3.6 Método de análisis de datos: (Valderrama, 2015, p. 229) “indica que después de obtener los datos se procede a ejecutar el análisis de tal manera emitir una respuesta a la interrogante inicial por tal motivo corresponde denegar o aceptar la hipótesis planteada en el estudio”.

En la presente investigación, los datos obtenidos serán comparados mediante gráficos de barras y tablas a fin de verificar las diferencias entre el grupo de control con respecto al grupo experimental.

3.7 Aspectos éticos: Se toma en consideración el aspecto ético puesto que se emplea el principio de la ética profesional, Para el proyecto de investigación se ha tomado extractos de las informaciones plasmados en varias tesis guardando una relación con la variable de estudio de tal manera obtener un mejor entendimiento en el empleo del sistema Consolid. De tal manera todas las fuentes empleadas para dar como producto el proyecto de investigación fueron citadas según Apa como también las referencias bibliográficas trabajadas con el sistema Iso 690.

En consecuencia, se tiene en cuenta la veracidad de los resultados más adelante.

Respeto:

Siendo el respeto el valor macro que hace alusión a los demás valores existentes. A su vez se emplea la veracidad de todos los datos obtenidos siendo citadas dando crédito al verdadero autor de la referencia empleada en el presente proyecto.

Honestidad:

Valor muy importante donde los empleos de las tesis anteriores cumplen un papel fundamental puesto que es ahí donde se da a conocer las verdaderas fuentes revisadas por otros autores manteniendo el legado de cada investigador.

IV. RESULTADOS

Trabajos en Laboratorio:

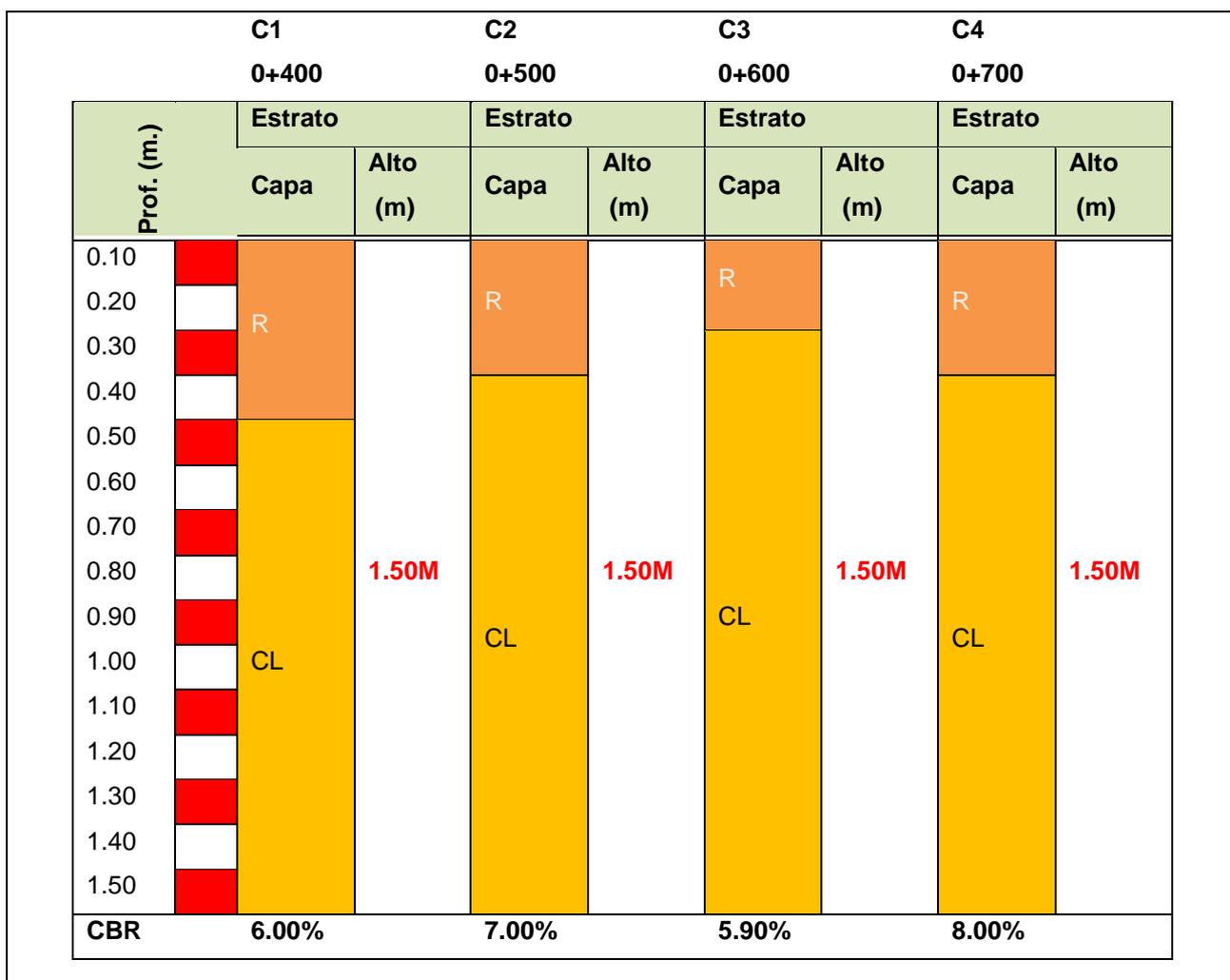
Los siguientes ensayos que se procedió a ejecutar para hallar las características del terreno de fundación fueron los siguientes: Limite Líquido (L.L), Limite Plástico (L.P) por último el ensayo de contenido de humedad, dichos ensayos nos darán a conocer la clasificación de suelo en el presente proyecto de investigación. Luego de ello, se realizó los ensayos de resistencia los cuales están comprendidos por el: Proctor Modificado y CBR (California Bearing Ratio). Estos ensayos nos permiten conocer la capacidad de soporte del suelo, la cual se realizaron estos ensayos para cada muestra predominante extraída de cada Calicata. Luego de realizar estos tipos de ensayos y conocer la resistencia del suelo natural (patrón), se emplea el aditivo estabilizador del sistema CONSOLID con distinta dosificación para posteriormente también medir su resistencia con estos ensayos.

El proyecto de investigación se emplea el aditivo estabilizador del sistema CONSOLID para el mejoramiento de la capacidad de soporte en la avenida Los Eucaliptos distrito de Caraballo, ya que el suelo natural existente como analizando es de material arcilloso obteniendo como resultado una baja resistencia, es por ello el empleo del aditivo estabilizador de suelo con el sistema CONSOLID y que han sido utilizados en suelos similares para dar a conocer en cuanto supera la mejoría del suelo de fundación.

Los presentes ensayos de laboratorio fueron realizados por cada variación estratigráfica en conformidad con el “Manual de Ensayos de Laboratorio (EM-2000)”.

El trabajo de campo fue muy necesario para así procesar un correcto uso de los datos que muestran los resultados de laboratorio donde permitieron determinar las propiedades del suelo en concordancia con los ensayos físicos y mecánicos de las perforaciones provenientes de cada recolección de muestras.

Gráfico 1: Perfil estratigráfico Avenida Los Eucaliptos – Carabaylo.



Fuente: Elaboración propia.

En cada una excavación a taja abierto de la calicata se describieron las características del material que conforman el suelo de fundación de la vía siendo ello los tipos de suelo, humedad, plasticidad, compacidad, color, forma, etc. Todo ello se realizó en concordancia con la nomenclatura establecida en la norma ASTM D 2488 - 06 "Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)".

Perfil estratigráfico de Calicatas: a continuación, se presenta una tabla con los registros de perforación de cada calicata donde se observa la profundidad de

1.50m, como también la descripción del suelo además se determinará la clasificación de suelos según SUCCS. Ver tabla 11-12-13-14.

Tabla 11: Perfil estratigráfico de Calicata C-1

NUMERO DE CALICATA		DESCRIPCION	C1	
PROGRESIVA EN ESTUDIO			0+400	
Prof. (m.)			Estrato	
		Capa	Alto (m)	
0.10		El estrado esta compuesto integramente por un material de relleno no controlado, con grava arena y limo. Se observa material inorganico proveniente de basura y/o desmonte.El material tiene un contraste de color marron.	R	1.50M
0.20				
0.30				
0.40				
0.50		El estrado esta compuesto por una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marron de concistencia suave	CL	
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Perfil estratigráfico de Calicata C-2

NUMERO DE CALICATA		C2	
PROGRESIVA EN ESTUDIO		0+500	
Prof. (m.)	DESCRIPCION	Estrato	
		Capa	Alto (m)
0.10	El estrado esta compuesto integramente por un material de relleno no controlado, con grava arena y limo. Se observa material inorganico proveniente de basura y/o desmonte.El material tiene un contraste de color marron.	R	1.50M
0.20			
0.30	El estrado esta compuesto por una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marron de concistencia suave	CL	
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Perfil estratigráfico de Calicata C-3

NUMERO DE CALICATA		C3	
PROGRESIVA EN ESTUDIO		0+600	
Prof. (m.)	DESCRIPCION	Estrato	
		Capa	Alto (m)
0.10	El estrado esta compuesto integramente por un material de relleno no controlado, con grava arena y limo. Se observa material inorganico proveniente de basura y/o desmonte.El material tiene un contraste de color marron.	R	1.50M
0.20			
0.30	El estrado esta compuesto por una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marron de concistencia suave	CL	
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			

Fuente: Elaboración propia

En la presente calicata denominada C-3 se sustrajeron 3 muestras (M-1; M-2; M-3) siendo ello la calicata más crítica en capacidad de soporte donde se realiza los

ensayos de CBR (California Bearing Ratio) empleando el uso con el aditivo estabilizador del sistema Consolid ,esperando incrementar el CBR patrón, ya que en la presente progresiva y perforación se halló un CBR de 5.9% donde la clasificación según Sucs el material está compuesto por Limos orgánicos (CL),según el resultado del ensayo de la muestra patrón.

Tabla 14: Perfil estratigráfico de Calicata C-4

NUMERO DE CALICATA		DESCRIPCION	C4	
PROGRESIVA EN ESTUDIO			0+700	
Prof. (m.)			Estrato	
		Capa	Alto (m)	
0.10		El estrado esta compuesto integramente por un material de relleno no controlado, con grava arena y limo. Se observa material inorganico proveniente de basura y/o desmonte.El material tiene un contraste de color marron.	R	1.50M
0.20				
0.30		El estrado esta compuesto por una Arcilla arenosa de baja plasticidad de color marron de concistencia suave	CL	
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				

Fuente: Elaboración propia

Las perforaciones fueron realizadas a tajo abierto para la ejecución de los ensayos de laboratorio requeridas para hallar las características del terreno de fundación y así mismo ejecutar a los demás ensayos en la presente tesis. De igual manera existen registros fotográficos considerados en el procedimiento de la presente tesis donde dicha información se recolecto en campo con formatos de trabajos internos para cumplir la finalidad del mismo.

Ensayos de Límites de Atterberg

Calculo del LL (limite liquido)

Para obtener el valor del límite líquido de una muestra de suelo se realiza el ensayo de Casagrande, Cuando la humedad del suelo sea tal, que se junten ambas mitades de la muestra en un largo de 1/2" después de 25 golpes, se habrá obtenido el límite líquido.

Calculo del LP (limite plástico)

Para el cálculo del límite plástico se tomó una muestra del suelo y agua, en específico una muestra de la mezcla resultante del ensayo de determinación del límite líquido. Tal muestra se amasa y se hacen tubos, de un diámetro cercano a los 3mm sobre una capa de vidrio.

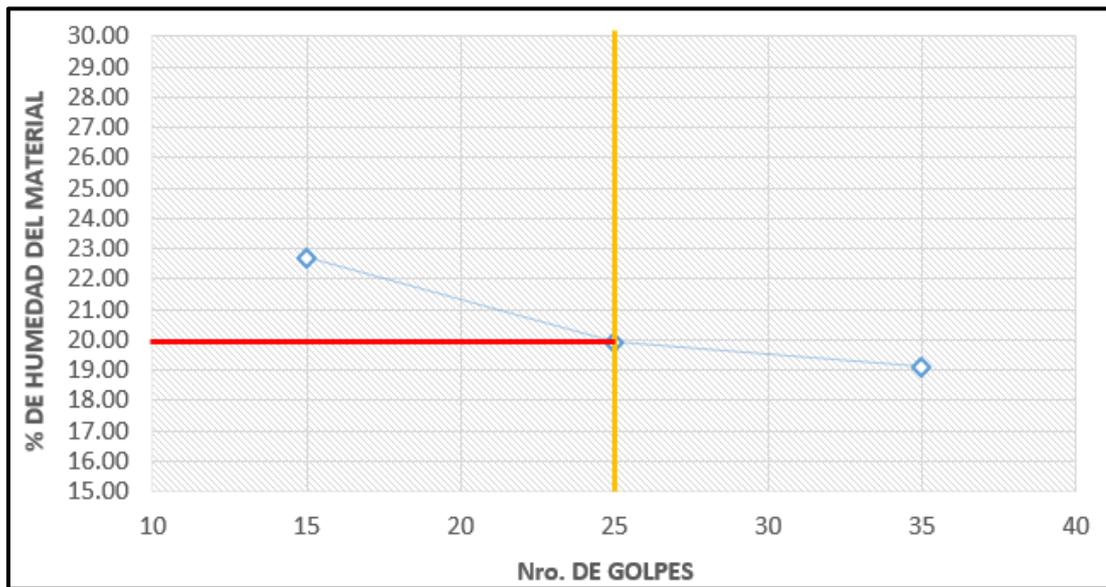
Calculo de limite liquido(LL) de C – 1:

Tabla 15: Calculo del Limite Liquido Calicata C-1

	LIMITE LIQUIDO (LL)		
TARA	1	2	3
Nro. DE GOLPES	15	25	35
PESO TARA	21.36	20.93	20.95
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	27.9	28.7	27
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	26.69	27.41	26.03
PESO DEL AGUA	1.21	1.29	0.97
PESO SUELO SECO	5.33	6.48	5.08
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22.70	19.91	19.09

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: % de humedad del material v/s número de golpes ensayo Casagrande
Calicata C-1



Fuente: Elaboración propia

LIMITE LIQUIDO: LL	20	%
--------------------	----	---

Calculo de limite Plástico (LP) de C – 1:

Tabla 15: Calculo del Limite Plastico Calicata C-1

	LIMITE PLASTICO (LP)			
TARA	4	5		
Nro. DE GOLPES	---	---		I 14.11
PESO TARA	20.85	21.11		II 11.95
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	27.4	28.7		III -----
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	26.59	27.89		-----
PESO DEL AGUA	0.81	0.81		= 13.03
PESO SUELO SECO	5.74	6.78		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.11	11.95		

Fuente: Elaboración propia

LIMITE PLASTICO: LP	13.03	%
---------------------	-------	---

Calculo del índice de plasticidad (IP) de C – 1:

Tabla 16: Calculo del Índice de Plasticidad Calicata C-1

LIMITE LIQUIDO: LL	20	%
LIMITE PLASTICO: LP	13.03	%
IP = LL - LP	20.00%	13.03%
INDICE DE PLASTICIDAD :	6.97	%

Fuente: Elaboración propia

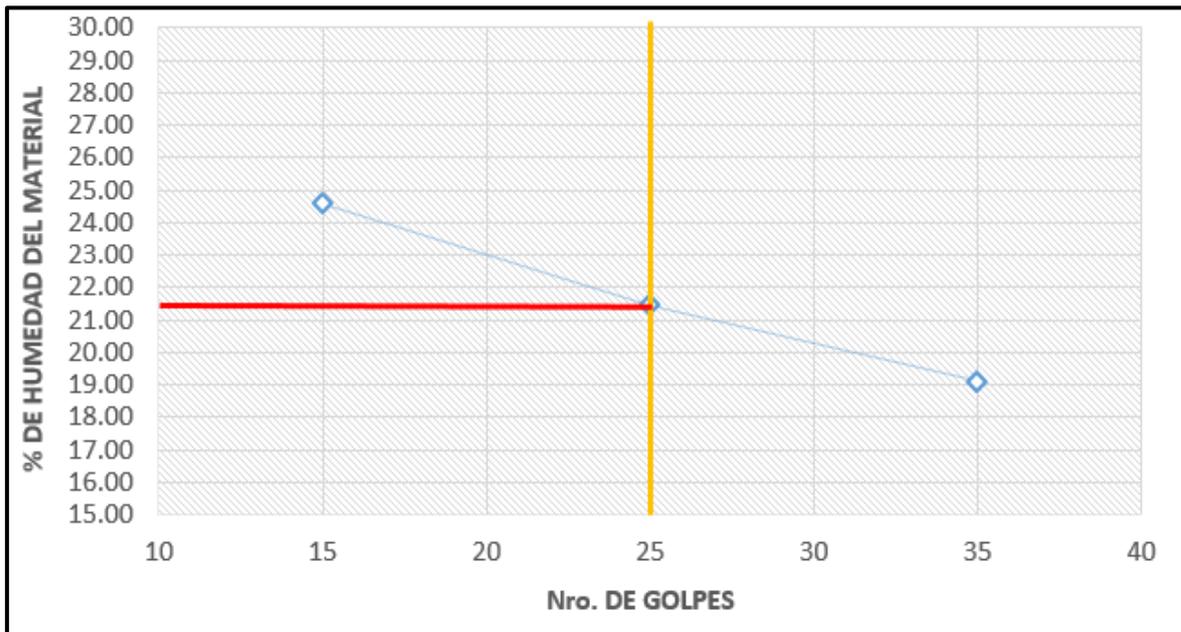
Calculo de limite liquido(LL) de C – 2

Tabla 17: Calculo del Limite Liquido Calicata C-2

	LIMITE LIQUIDO (LL)			
	1	2	3	
TARA	1	2	3	
Nro. DE GOLPES	15	25	35	
PESO TARA	21.36	20.93	20.95	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	28	28.8	27	
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	26.69	27.41	26.03	
PESO DEL AGUA	1.31	1.39	0.97	
PESO SUELO SECO	5.33	6.48	5.08	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24.58	21.45	19.09	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: % de humedad del material v/s número de golpes ensayo Casagrande
Calicata C-2



Fuente: Elaboración propia

LIMITE LIQUIDO: LL	21.50	%
--------------------	-------	---

Calculo de limite Plástico (LP) de C – 2:

Tabla 18: Calculo del Limite Plastico Calicata C-2

	LIMITE PLASTICO (LP)			
	4	5		
TARA	4	5		
Nro. DE GOLPES	---	---		I 15.85
PESO TARA	20.85	21.11		II 13.42
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	27.5	28.8		III -----
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	26.59	27.89		_____
PESO DEL AGUA	0.91	0.91		= 14.64
PESO SUELO SECO	5.74	6.78		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.85	13.42		

Fuente: Elaboración propia

LIMITE PLASTICO: LL	14.64	%
---------------------	-------	---

Cálculo del índice de plasticidad (IP) de C – 2:

Tabla 19: Cálculo del Índice de Plasticidad Calicata C-2

LIMITE LIQUIDO: LL	21.50	%
LIMITE PLASTICO: LP	14.64	%
IP = LL - LP	21.50%	14.64%
INDICE DE PLASTICIDAD :	6.86	%

Fuente: Elaboración propia

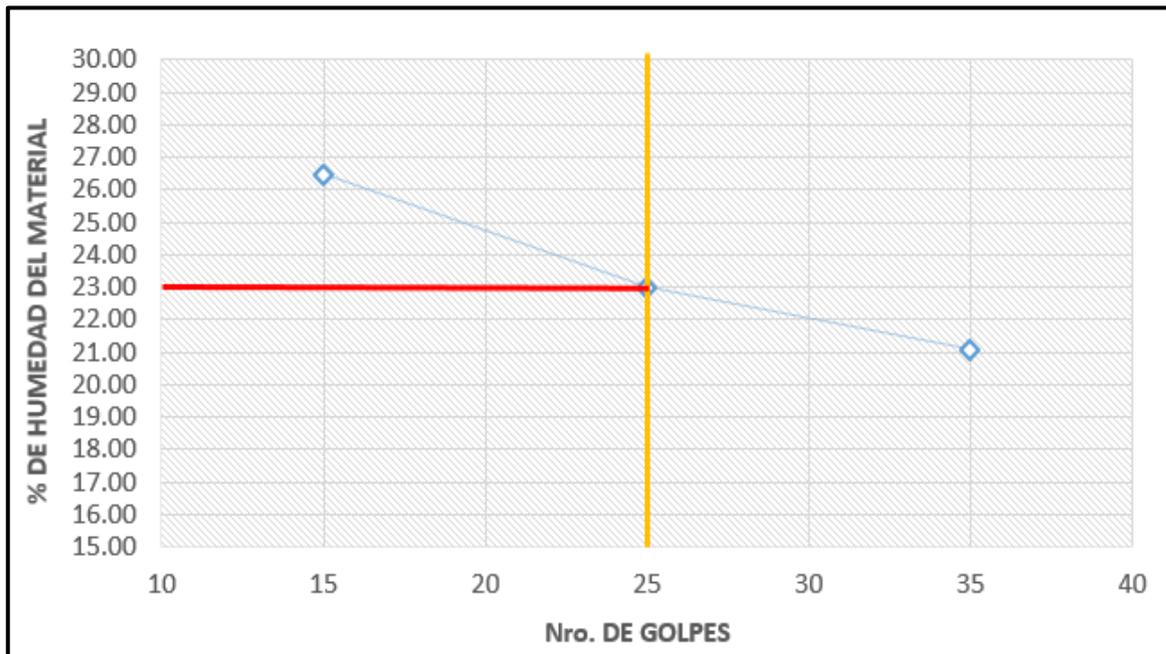
Calculo de limite liquido(LL) de C – 3

Tabla 20: Calculo del Limite Liquido Calicata C-3

	LIMITE LIQUIDO (LL)			
TARA	1	2	3	
Nro. DE GOLPES	15	25	35	
PESO TARA	21.36	20.93	20.95	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	28.1	28.9	27.1	
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	26.69	27.41	26.03	
PESO DEL AGUA	1.41	1.49	1.07	
PESO SUELO SECO	5.33	6.48	5.08	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26.45	22.99	21.06	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: % de humedad del material v/s número de golpes ensayo Casagrande
Calicata C-3



Fuente: Elaboración propia

LIMITE LIQUIDO: LL	23.00	%
--------------------	-------	---

Calculo de limite Plástico (LP) de C – 3:

Tabla 21: Calculo del Limite Plástico Calicata C-3

	LIMITE PLASTICO (LP)			
	4	5		
TARA	4	5		
Nro. DE GOLPES	---	---		I 5.40
PESO TARA	20.85	21.11		II 3.10
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	26.9	28.1		III -----
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	26.59	27.89		-----
PESO DEL AGUA	0.31	0.21		= 4.25
PESO SUELO SECO	5.74	6.78		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.40	3.10		

Fuente: Elaboración propia

LIMITE PLASTICO: LL	4.25	%
---------------------	------	---

Cálculo del índice de plasticidad (IP) de C – 3:

Tabla 22: Cálculo del Índice de Plasticidad Calicata C-3

LIMITE LIQUIDO: LL	23.00	%
LIMITE PLASTICO: LP	4.25	%
IP = LL - LP	23.00%	4.25%
INDICE DE PLASTICIDAD :	18.75	%

Fuente: Elaboración propia

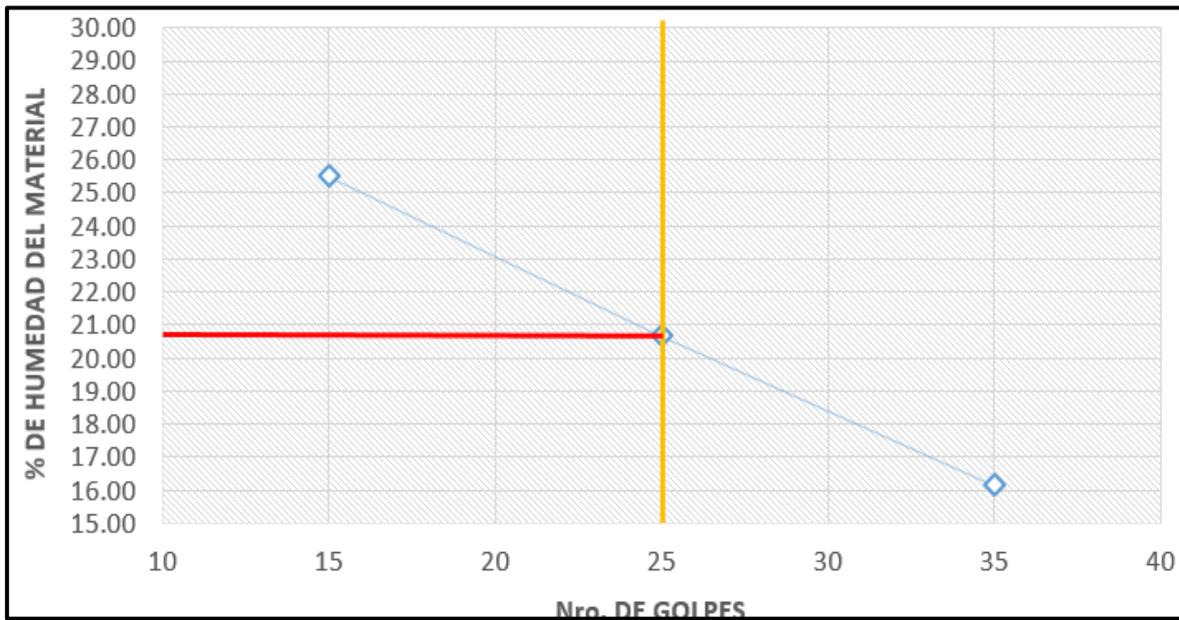
Calculo de limite liquido(LL) de C – 4

Tabla 23: Calculo del Limite Liquido Calicata C-4

	LIMITE LIQUIDO (LL)		
TARA	1	2	3
Nro. DE GOLPES	15	25	35
PESO TARA	21.36	20.93	20.95
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	28.05	28.75	26.85
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	26.69	27.41	26.03
PESO DEL AGUA	1.36	1.34	0.82
PESO SUELO SECO	5.33	6.48	5.08
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.52	20.68	16.14

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: % de humedad del material v/s número de golpes ensayo Casagrande
Calicata C-4



Fuente: Elaboración propia

LIMITE LIQUIDO: LL	20.70	%
--------------------	-------	---

Calculo de limite Plástico (LP) de C – 4:

Tabla 24: Calculo del Limite Plástico Calicata C-4

	LIMITE PLASTICO (LP)			
TARA	4	5		
Nro. DE GOLPES	---	---	I	9.23
PESO TARA	20.85	21.11	II	14.16
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	27.12	28.85	III	-----
PESO TARA + MUESTRA SECA (gr)	26.59	27.89		-----
PESO DEL AGUA	0.53	0.96	=	11.70
PESO SUELO SECO	5.74	6.78		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.23	14.16		

Fuente: Elaboración propia

LIMITE PLASTICO: LL	11.70	%
---------------------	-------	---

Cálculo del índice de plasticidad (IP) de C – 4:

Tabla 25: Cálculo del Índice de Plasticidad Calicata C-4

LIMITE LIQUIDO: LL	20.70	%
LIMITE PLASTICO: LP	11.70	%
IP = LL - LP	20.70%	11.70%
INDICE DE PLASTICIDAD :	9.00	%

Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se visualiza un resumen de los ensayos de límites de atterberg que fueron analizadas las muestras extraídas de las calicatas C-1; C-2; C-3; C-4, donde se verifican en el cálculo de las mismas dan como resultado a un suelo con una humedad elevada que abarca entre los rangos de 20.00% hasta un 23.00%, donde el límite plástico del suelo se encuentre en rangos de 4.25% hasta un 14.64, adicional a ello mediante la ecuación para hallar el índice de plasticidad $IP=LL-LP$, se obtiene resultados en rango de 6.86% hasta un 18.75%. Ver tabla 26.

Tabla 26: Resumen de los ensayos de los límites de atterberg

N° de Calicata	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4
Profundidad	1.50m	1.50m	1.50	1.50
Ubicación	0+400.0 0	0+500.0 0	0+600.0 0	0+700.0 0
Limite Líquido (LL)	20.00%	21.50%	23.00%	20.70%
Limite Plástico (LP)	13.03%	14.64%	4.25%	11.70%
Índice de Plasticidad (IP)	6.97%	6.86%	18.75%	9.00%

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Granulometría

Mediante el ensayo granulométrico de las muestras obtenidas en la excavación insitu a tajo abierto siendo las calicatas C-1, C-2, C-3, C4 del área de estudio de la avenida los Eucaliptos, distrito de Carabayllo con la finalidad de clasificar el suelo según AASHTO o SUCS se halla el tamaño de las partículas.

Siendo el siguiente procedimiento:

Pesar la tara empleada

Adicionar la muestra en el interior de la tara para proceder a pesar donde luego se dejará en el horno por un tiempo de 24 horas.

Se retiró la muestra del horno y se dejó enfriar al aire libre, luego pesamos la muestra para determinar el contenido de humedad del material

De la muestra lavada ya extraída del horno, pesamos 500g para el tamizado.

Figura 18: Peso de tara en Laboratorio



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un cuadro de resumen con los resultados de la determinación del contenido de humedad para las 04 muestras extraídas en la Av. Los Eucaliptos, distrito de Carabayllo. Ver tabla 27.

Tabla 27: Cuadro resumen del resultado de contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216					
Nº	CARABAYLLO- LIMA	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4
	MUESTRA				
1	Peso recipiente + suelo húmedo	988	787	899	955
2	Peso recipiente + suelo seco	931	755	851	906
3	Peso recipiente	427	445	445	445
4	Peso agua (1-2)	57	32	48	49
5	Peso Suelos seco (2-3)	504	310	406	461
6	Humedad (4/5) * 100	11.31	10.32	11.82	10.63

Fuente: Elaboración propia

Análisis granulométrico por tamizado

Tabla 28: Análisis granulométrico por tamizado C-1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C - 1				
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
Nº 4	4.750			100.00
Nº 10	2.000	3.67	2.69	97.31
Nº 20	0.840	13.50	9.91	87.40
Nº 40	0.425	5.27	3.87	83.53
Nº 60	0.250	8.15	5.98	77.55
Nº 140	0.106	4.55	3.34	74.21
Nº 200	0.075	3.01	2.21	72.00
Fondo	-	0.10		
Peso suelo Seco Total (gr)			136.27	
Peso suelo seco lavado y secado al horno (gr)			38.15	
Calicata: C - 1, Profundidad: 150 metros				

Fuente: Elaboración propia

Para este primer análisis granulométrico de perforación C-1 Concluimos que el material presenta un porcentaje de finos de 77.55 % y un contenido de humedad de 11.31%

Tabla 29: Análisis granulométrico por tamizado C-2

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C - 2				
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
Nº 4	4.750			100.00
Nº 10	2.000	2.71	1.92	98.08
Nº 20	0.840	8.37	5.93	92.15
Nº 40	0.425	18.20	12.89	79.26
Nº 60	0.250	10.12	7.17	72.09
Nº 140	0.106	6.23	4.41	67.68
Nº 200	0.075	3.76	2.66	65.02
Fondo	-	0.10		

Peso suelo Seco Total (gr)	141.19
Peso suelo seco lavado y secado al horno (gr)	49.49
Calicata: C - 2, Profundidad: 1.50 metros	

Fuente: Elaboración propia

Para este segundo análisis granulométrico de perforación C-2 Concluimos que el material presenta un porcentaje de finos de 72.09 % y un contenido de humedad de 10.32%

Tabla 30: Análisis granulométrico por tamizado C-3

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C - 3				
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
Nº 4	4.750			100.00
Nº 10	2.000	3.10	1.00	99.00
Nº 20	0.840	8.37	9.00	90.00
Nº 40	0.425	17.00	13.00	77.00
Nº 60	0.250	9.00	7.00	70.00
Nº 140	0.106	6.23	4.00	66.00
Nº 200	0.075	3.54	2.00	64.00
Fondo	-	0.10		
Peso suelo Seco Total (gr)			134.54	
Peso suelo seco lavado y secado al horno (gr)			47.34	
Calicata: C - 2, Profundidad: 1.50 metros				

Fuente: Elaboración propia

Para este tercer análisis granulométrico de perforación C-3 Concluimos que el material presenta un porcentaje de finos de 70.00 % y un contenido de humedad de 11.82%.

Tabla 31: Análisis granulométrico por tamizado C-4

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO C - 4				
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
Nº 4	4.750			100.00
Nº 10	2.000	3.41	1.00	99.00
Nº 20	0.840	7.23	12.00	87.00
Nº 40	0.425	18.20	16.00	71.00
Nº 60	0.250	10.12	7.00	64.00
Nº 140	0.106	5.58	5.00	59.00
Nº 200	0.075	3.32	2.00	57.00
Fondo	-	0.10		
Peso suelo Seco Total (gr)			151.28	
Peso suelo seco lavado y secado al horno (gr)			47.96	
Calicata: C - 2, Profundidad: 1.50 metros				

Fuente: Elaboración propia

Para este cuarto análisis granulométrico de perforación C-4 Concluimos que el material presenta un porcentaje de finos de 64.00 % y un contenido de humedad de 10.63%

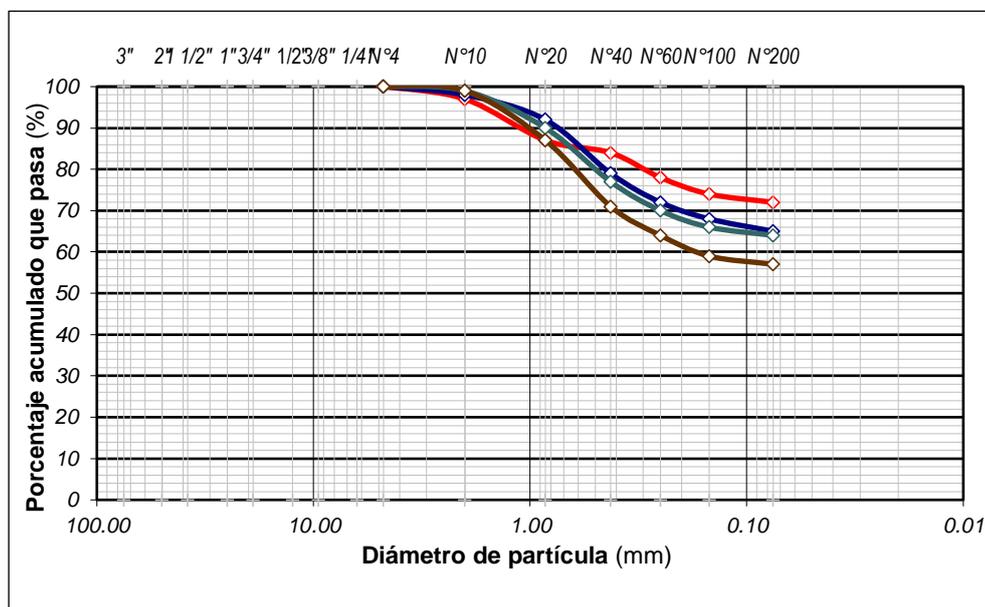
Culminando con el análisis granulométrico por secado para todas las muestras extraídas (C-1, C-2, C-3 y C-4) en la Av. Los Eucaliptos, distrito de Carabaylo. Se presenta el cuadro de resumen y la gráfica con los con muestras analizados en el laboratorio.

Tabla 32: Cuadro de resumen de análisis granulométrico por tamizado

Calicata	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	
Profundidad (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	
Análisis Granulométrico por Tamizado - ASTM D 422					
Tamiz	(mm)	% Acumulado que pasa			
N° 4	4.75	100	100	100	100
N° 10	2	97	98	99	99
N° 20	0.85	87	92	90	87
N° 40	0.425	84	79	77	71
N° 60	0.25	78	72	70	64
N° 100	0.15	74	68	66	59
N° 200	0.075	72	65	64	57
FONDO		72	65	64	57

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 “Cuadro de resumen de los ensayos de laboratorio” se presentan los diferentes ensayos a los que fueron sometidas las muestras obtenidas en los trabajos de campo, describiendo el nombre del ensayo, uso, método de clasificación utilizado y tamaño de muestra utilizada.

Tabla 33: Cuadro de resumen de los ensayos de laboratorio

Calicata		<i>C - 1</i>	<i>C - 2</i>	<i>C - 3</i>	<i>C - 4</i>
Progresiva		<i>0+400</i>	<i>0+500</i>	<i>0+600</i>	<i>0+700</i>
Profundidad (m)		<i>1.50</i>	<i>1.50</i>	<i>1.50</i>	<i>1.50</i>
Análisis Granulométrico por Tamizado - ASTM D 422					
Tamiz	(mm)	% Acumulado que pasa			
N° 4	4.75	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
N° 10	2	<i>97</i>	<i>98</i>	<i>99</i>	<i>99</i>
N° 20	0.85	<i>87</i>	<i>92</i>	<i>90</i>	<i>87</i>
N° 40	0.425	<i>84</i>	<i>79</i>	<i>77</i>	<i>71</i>
N° 60	0.25	<i>78</i>	<i>72</i>	<i>70</i>	<i>64</i>
N° 100	0.15	<i>74</i>	<i>68</i>	<i>66</i>	<i>59</i>
N° 200	0.075	<i>72</i>	<i>65</i>	<i>64</i>	<i>57</i>
FONDO		<i>72</i>	<i>65</i>	<i>64</i>	<i>57</i>
Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad - ASTM D 4318 (95)					
Límite Líquido		<i>20</i>	<i>21.5</i>	<i>23</i>	<i>20.7</i>
Límite Plástico		<i>13.03</i>	<i>14.64</i>	<i>4.25</i>	<i>11.7</i>
Índice de Plasticidad		<i>6.97</i>	<i>6.86</i>	<i>18.75</i>	<i>9.00</i>
Clasificación de Suelos SUCS - ASTM D 2487 (93)					
Clasificación		<i>CL</i>	<i>CL</i>	<i>CL</i>	<i>CL</i>

Fuente: Elaboración propia

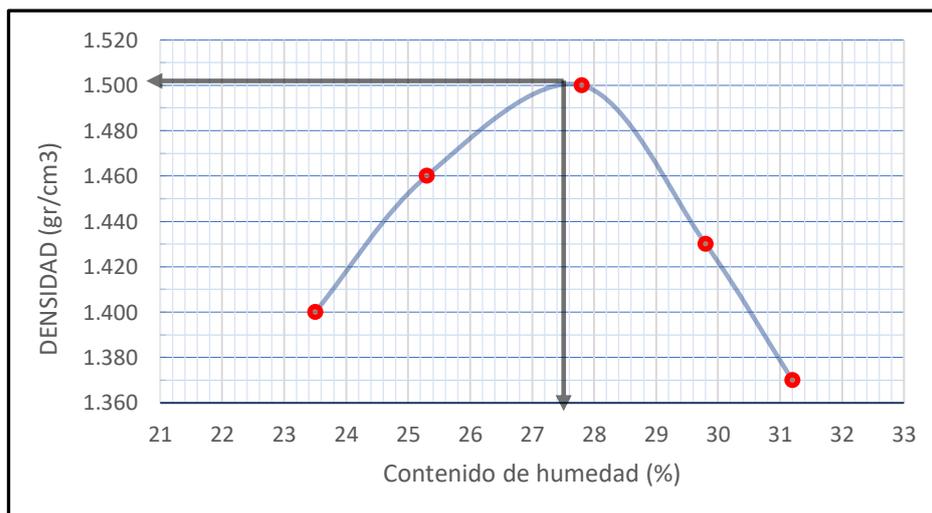
Ensayo de proctor modificado

Este ensayo se realizó en el laboratorio, para lo cual se llevó la muestra de la calicata C-4 para determinar la densidad máxima y humedad óptima para realizar el ensayo de CBR.

Tabla 34: Ensayo de proctor modificado

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180						
VOLUMEN DEL MOLDE :		2105.00 cm^3				
PRUEBA N°		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	11179	11507	11640	11591	11525
Peso molde	gr	6394	6394	6394	6394	6394
Peso suelo húmedo compactado	gr	4785	5113	5246	5197	5131
Peso suelo húmedo + tara	gr	640	639	640	638	640
Peso del suelo seco + tara	gr	624.92	607.21	593.69	581.26	605.15
Tara	gr	40	39	40	38	40
Peso del agua	gr	15.08	31.79	46.31	56.74	34.85
Peso del suelo seco	gr	584.92	568.21	553.69	543.26	565.15
Contenido de agua	(%)	23.50	25.30	27.80	29.80	31.20
Densidad suelo húmedo	gr/cm ³	2.27	2.43	2.49	2.47	2.44
Densidad suelo seco	gr/cm ³	1.40	1.46	1.50	1.43	1.37

Gráfico 6: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia

DENSIDAD MÁXIMA - MDS (gr/cm³)	1.5
HUMEDAD ÓPTIMA - OCH (%)	27.3

Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

Este ensayo se realizó en el laboratorio, para lo cual se llevó la muestra de la calicata C-3 donde presenta un CBR de 5.9% y este tipo de suelo se presenta en gran parte del tramo, lo cual Según AASHTO 93 no se puede diseñar o construir un pavimento si el suelo de fundación presenta un CBR menor 8.5% que equivale a un módulo resiliente (M_r) menores a 10,000 psi ($M_r < 10,000$ psi).

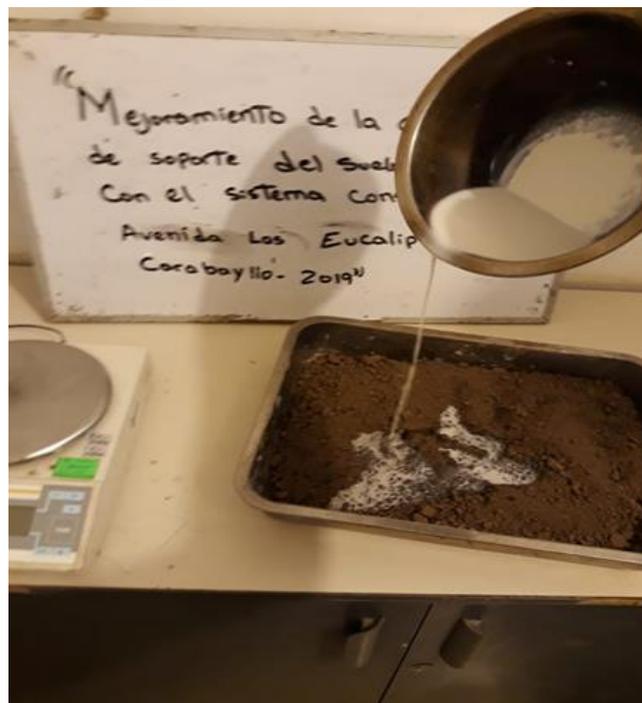
El objetivo es elevar el CBR con la combinación del estabilizador Sistema CONSOLID que según sus anteceden tienen la capacidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación incrementando considerablemente el CBR convirtiéndose apto para el diseño y construcción de pavimento flexible, para ello se extrajeron tres muestras (M-1, M-2 y M-3) de la calicata C-4 de 80 kilos cada muestra que en total son 240 kilos, las muestras se colocaron en tres taras en separado y con tres dosificaciones diferentes recomendadas por la Empresa CONSOLID PRODUCTOS VIALES S.A.C. importadora del producto estabilizador CONSOLID como se muestra en la tabla 3.30 “Dosificación del aditivo CONSOLID recomendada por la Empresa *CONSOLID PRODUCTOS VIALES S.A.C.*” el objetivo es encontrar la dosificación óptima que nos llevara alcanzar la estabilización necesaria del suelo de fundación de la Avenida Los Eucaliptos en el distrito de Carabayllo, y poder diseñar espesores de capas óptimos del pavimento que garanticen una buena performance durante el periodo de servicio de la vía.

Tabla 35: Dosificación del aditivo CONSOLID recomendada por la Empresa *CONSOLID PRODUCTOS VIALES S.A.C.*

MUESTRA (80Kg)	DOSIFICACIÓN
	CONSOLID (ml)
M-1	13.00
M-2	17.00
M-3	20.00

Fuente: Consolid productos viales S.A.C.

Figura 19: Dosificación del aditivo CONSOLID recomendada por la Empresa *CONSOLID PRODUCTOS VIALES S.A.C.*



Fuente: Elaboración propia

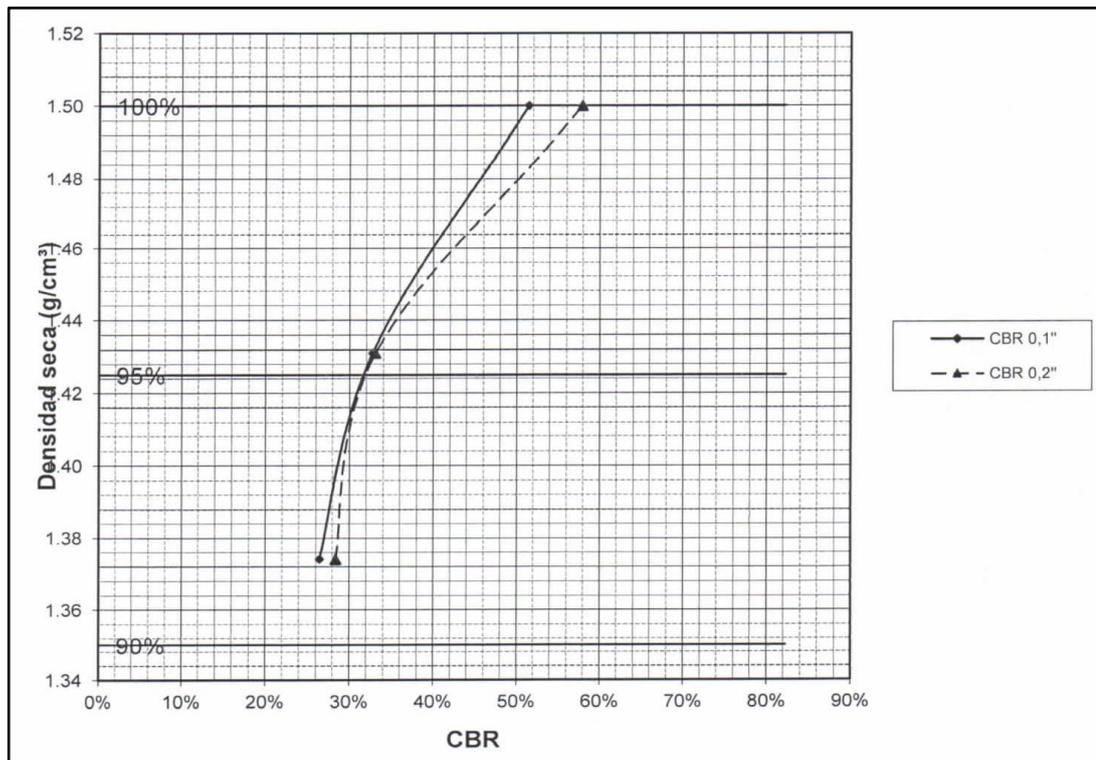
A continuación se presenta el gráfico de los resultados del ensayo de CBR con las tres dosificaciones explicadas en cada tabla.

Tabla 36: Ensayo de CBR para muestra M-1

MUESTRA (80Kg)	DOSIFICACIÓN
	CONSOLID (ml)
M-1	13

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Curva de CBR



Fuente: Ensayo de CBR laboratorio

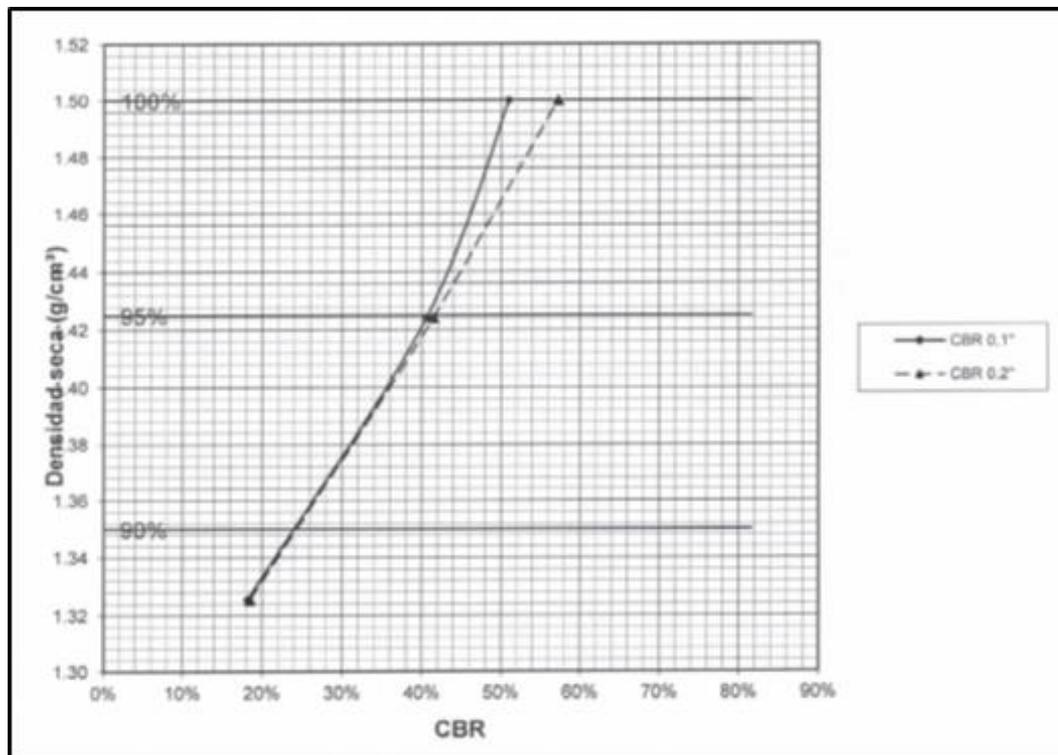
Resultado Ensayo de CBR (ASTM D-1883, NTP 339.145) - M-1		
MUESTRA (80Kg)	DOSIFICACIÓN	CBR (%)
	CONSOLID (ml)	
M-1	13	18.60

Tabla 37: Ensayo de CBR para muestra M-2

MUESTRA (80Kg)	DOSIFICACIÓN CONSOLID (ml)
M-2	17

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Curva de CBR



Fuente: Ensayo de CBR laboratorio

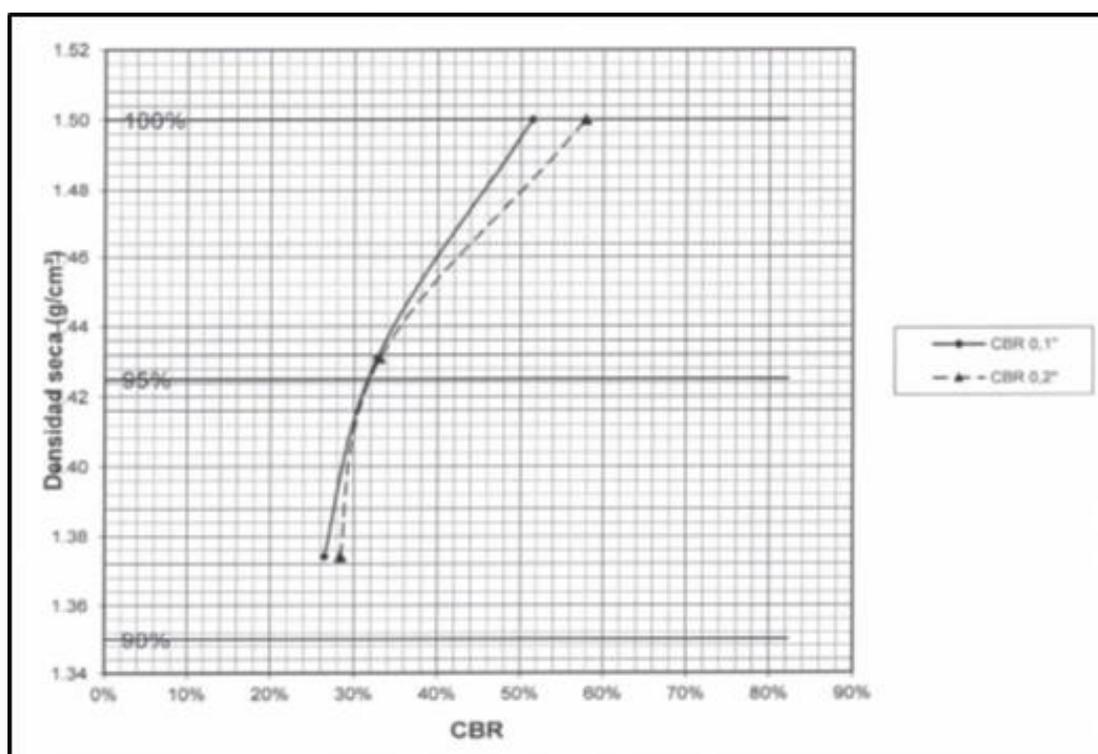
Resultado Ensayo de CBR (ASTM D-1883, NTP 339.145) - M-2		
MUESTRA (80Kg)	DOSIFICACIÓN	CBR (%)
	CONSOLID (ml)	
M-2	17	31.80

Tabla 38: Ensayo de CBR para muestra M-3

MUESTRA (80Kg)	DOSIFICACIÓN
	CONSOLID (ml)
M-3	20

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Curva de CBR



Fuente: Ensayo de CBR laboratorio

Resultado Ensayo de CBR (ASTM D-1883, NTP 339.145) - M-3		
MUESTRA (80Kg)	DOSIFICACIÓN	CBR (%)
	CONSOLID (ml)	
M-3	20	40.80

A continuación, en la tabla 3.34 “Resumen del ensayo CBR para diferentes dosificaciones” se muestra el reporte ultimo con el resumen de los resultados de los tres ensayos de CBR con las diferentes dosificaciones recomendadas por la Empresa CONSOLID PRODUCTOS VIALES S.A.C. importadora del

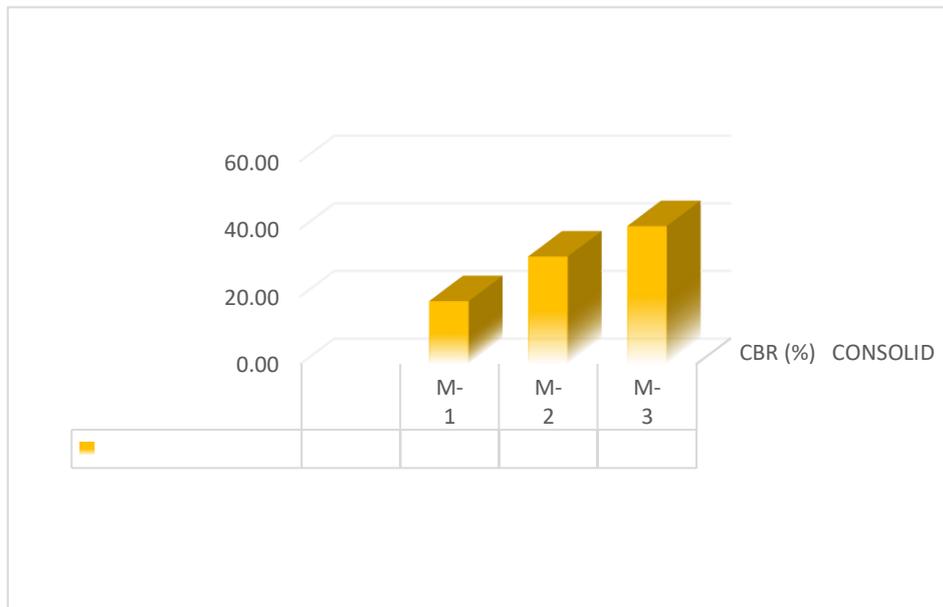
producto estabilizador CONSLID, ensayos que se realizaron en el laboratorio.

Tabla 39: Resumen del ensayo CBR para diferentes dosificaciones

RESULTADOS		
Ensayo de CBR (ASTM D-1883, NTP 339.145)		
MUESTRA (40Kg)	DOSIFICACIÓN	CBR (%)
	CONSOLID (ml)	
M-1	13	18.6
M-2	17	31.8
M-3	20	40.8

Fuente: elaboración propia

Gráfico 10: Resumen del ensayo CBR para diferentes dosificaciones



Fuente: elaboración propia

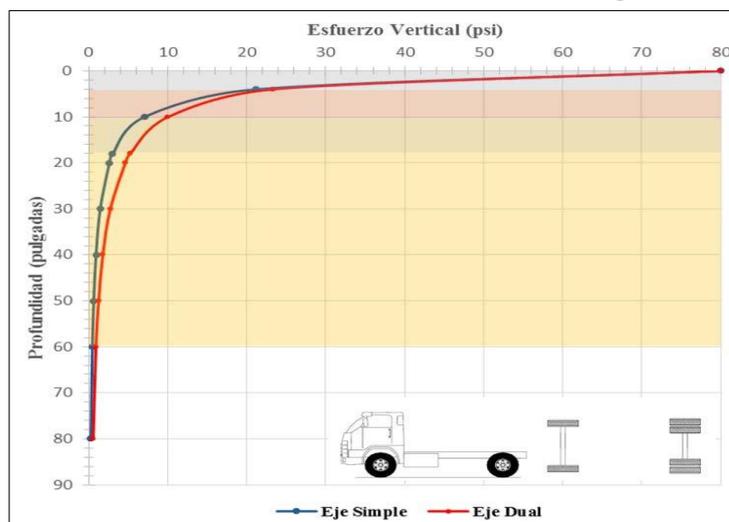
Determinación de la dosificación

Para establecer la dosificación óptima del estabilizador CONSOLID que mejore la capacidad de soporte del suelo de fundación para diseñar espesores de capas óptimos del pavimento que garanticen una buena performance durante el periodo de servicio de la vía, se necesita conocer

la profundidad del suelo de fundación a estabilizar para ello la guía de diseños de pavimentos AASHTO para suelos estratificados se calcula mediante la ecuación de equivalencia.

Se sabe que los esfuerzos generados por las cargas de tránsito son mayores en la parte superior del pavimento y van disminuyendo con la profundidad, en la siguiente grafica se aprecia los esfuerzos verticales originados por cargas de ruedas simples y simples duales que aproximadamente a las 60 pulgadas que equivale a 1.50 metros los esfuerzos tienden a cero.

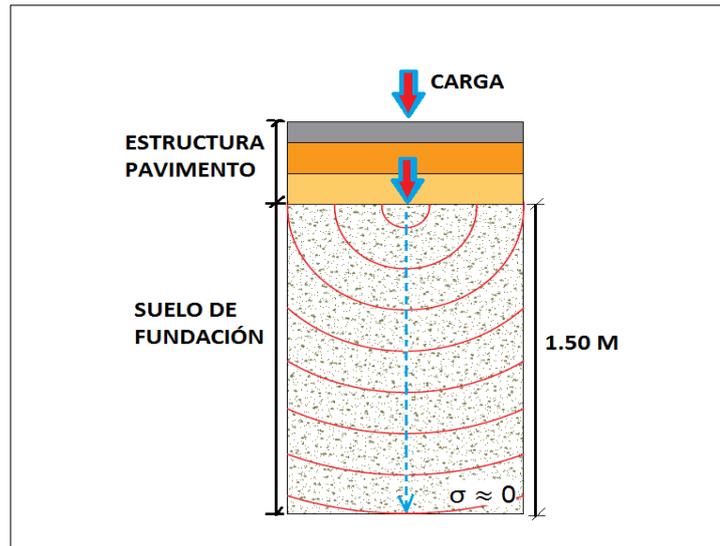
Gráfico 11: Análisis de esfuerzos verticales según Boussinesq



Fuente: Principles of Pavement Design. Yoder&Witczak 1975 [33]

Análisis se podría considerar que la máxima profundidad de excavación y reemplazo de suelos (cuando se trata de una plataforma en corte) debiera ser de 1.50m medidos desde la rasante del pavimento; sin embargo, dependiendo del tipo de suelo de fundación sobre el cual se conforme la subrasante mejorada y el espesor del mejoramiento, los esfuerzos a una profundidad de 1.50 metros sumados a la carga estática del pavimento (capa de mejoramiento + sub base + base granular + carpeta asfáltica) podría producir asentamientos por consolidación, lo que llevaría al pavimento a la falla prematura.

Gráfico 12: Análisis de esfuerzos verticales



Fuente: elaboración propia

Determinación de la profundidad del suelo a estabilizar con CONSOLID

Para determinar la profundidad del suelo a estabilizar se tomó una muestra representativa de los ensayos de CBR donde el suelo presenta un CBR igual a 6% lo cual según AASHTO 93 no se puede diseñar o construir un pavimento si el suelo de fundación tiene módulo resiliente (M_r) menores a 10,000 psi ($M_r < 10,000$ psi), y un $CBR=6\%$ es equivalente a 8042.81 psi de Módulo resiliente, es evidente que no podemos diseñar, para ello realizaremos cálculos en la ecuación de equivalencia para determinar la profundidad del suelo a estabilizar y la dosificación que se requiere para lograr el cumplimiento de los requerimientos mecánicos mínimos del suelo de fundación solicitados por AASHTO y optimizar el dimensionamiento de las capas del pavimento.

Tabla 40: Ecuaciones de correlación entre M_r y CBR

$$MR (psi) = 2555 * CBR^{0.64}$$

Fuente: Guía AASHTO 2002

Calculamos el módulo resiliente equivalente ($MR_{(Equivalente)}$) a partir del valor de CBR del suelo de fundación, utilizando la relación de equivalencia que la guía AASHTO 2008 recomienda.

Ecuación de equivalencia, guía AASHTO 2008

$$MR_{(Equivalente)} = \frac{D_{S1}^3 MR_1 + D_{S2}^3 MR_2}{D_{S1}^3 + D_{S2}^3}$$

Donde:

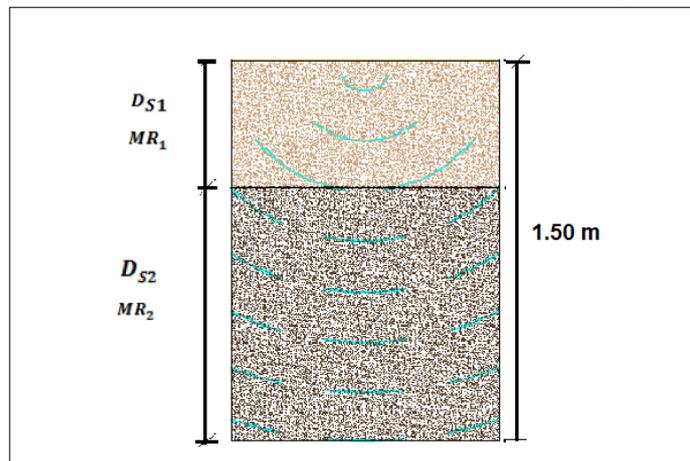
MR_1 : Módulo resiliente requerido del suelo a estabilizar

MR_2 : Módulo resiliente del suelo de fundación

D_{S1} : Espesor o profundidad de suelo a estabilizar con el aditivo CONSOLID

D_{S2} : Espesor comprendido entre la profundidad de influencia de 1.50 m.

Grafico 12: Suelo estratificado, suelo de fundación y estabilizado



Fuente: elaboración propia

Realizando los cálculos reemplazando la ecuación del módulo equivalente buscando encontrar en espesor del suelo a estabilizar y tomando en cuenta que el CBR inicial del suelo de fundación es 6 %. Equivalente a de Modulo resiliente igual 8042.81 psi, el objetivo es llegar al requerimiento mínimo de la guía AASTHO de 10,000 psi de módulo resiliente para diseñar.

Tabla 41: Ecuación de equivalencia, guía AASHTO 2008

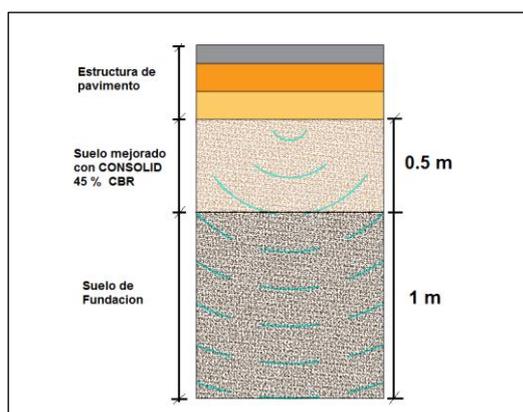
CBR	CBR Min	DS1 (Pulg)	DS2 (Pulg)	MR1 (psi)	MR2	MR (Equiv) PSI
6.00 %	45.00 %	20.00	40.00	29,204.31	8,042.81	10394.09

Fuente: elaboración propia

Profundidad a estabilizar	50 CM - 20"
CBR	45 (%)
MR equiv - MR diseño	10394.09 psi

Después de varios cálculos realizados buscando llegar al requerimiento mínimos que pide la guía AASTHO 2008 para el diseño de pavimento flexible para suelos estratificados Mr equivalente mayor o igual a 10,000 psi ($MR_{equiv} \geq 10,000$ psi). Utilizando la ecuación de equivalencia que se muestra Ecuación de equivalencia” se logró los siguientes resultados. Ver gráfico 13.

Gráfico 13: Descripción grafica del suelo a estabilizar

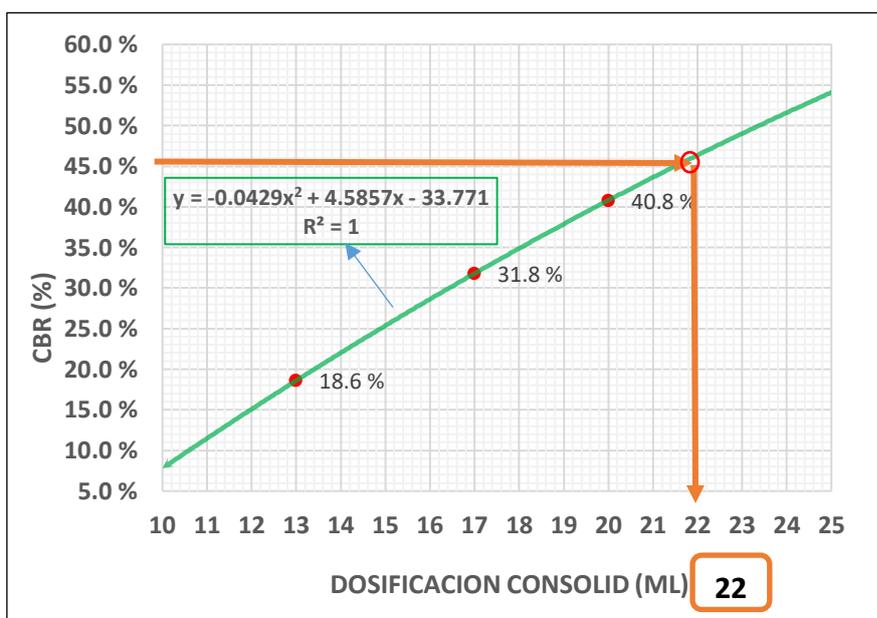


Fuente: elaboración propia

Determinación de la dosificación

Con los datos encontrados ya podemos definir nuestra dosificación que requiere alcanzar un CBR igual a 45% para lo cual se elaboró un cuadro con las diferentes dosificaciones vs el resultado de CBR de laboratorio y uniendo los puntos conseguir una ecuación cuadrada que remplazando el 45% de CBR encontraremos la dosificación requerida.

Grafico 12: Dosificación óptima del CONSOLID



Fuente: elaboración propia

NUEVA DOSIFICACION		
DOSIFICACION	CBR (%)	CBR (%)
CONSOLID (ml)	SUELO NATURAL	CONSOLID
22	5.9	45

Dosificación óptima para un CBR=45% equivalente a $M_r=10394.09$ psi

Diseño de pavimento flexible

El diseño de pavimento flexible se realizará siguiendo el método de diseño AASHTO 93. Este método se diseñó que fue desarrollado a finales de los 50 y ha sufrido varias modificaciones con relación a sus guías de diseño, pero la versión del año 1993 es la que se emplea en la actualidad para el diseño de pavimento. La metodología de diseño es la siguiente.

1. Calculo de tráfico de diseño
2. Determinar de módulo resiliente
3. Calculo del número estructural
4. Calculo de los espesores de diseño

Para realizar el cálculo del número estructural total (SNT) que debe cumplir el pavimento la guía AASTHO nos facilita la ecuación siguiente ecuación o también se puede calcular usando el monograma que se muestra en la Grafico 13 “Nomograma para diseño Guía AASTHO”

Ecuación general cálculo del número estructural ASSHTO

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}_{10}(\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left[\frac{\Delta\text{PSI}}{4.2 - 2.0}\right]}{0.4 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10}(\text{MR}) - 8.07$$

Donde:

W18 : Número de ejes equivalentes

ZR : Desviación estándar normal.

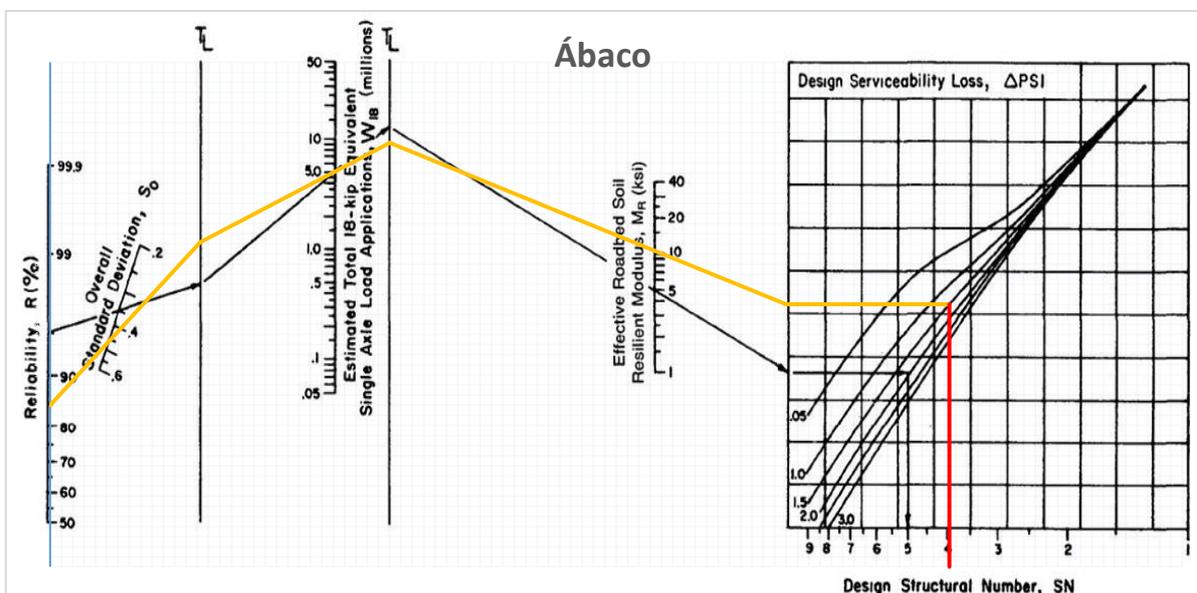
S0 : Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento

ΔPSI : Diferencia entre el índice de Servicio inicial (Po) y el Final (Pt).

MR : Módulo resiliente.

SN : $a_1d_1 + a_2d_2m_2 + a_3d_3m_3$

Grafico 13: Descripción Nomograma para diseño Guía AASTHO



Fuente: AASHTO-93

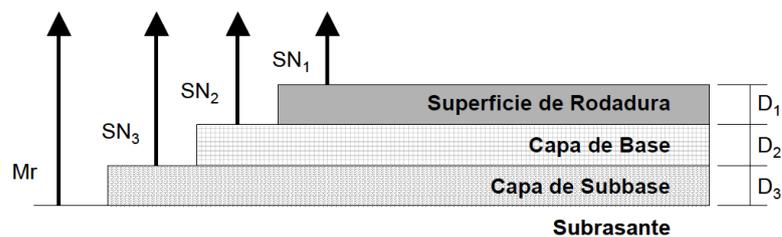
Para la estructuración del pavimento el método proporciona la siguiente expresión que relaciona el número estructural (SN) con los espesores para cada capa.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_1 D_2 + a_3 m_2 D_3$$

Donde:

- SN = Número Estructural Total requerido
- a₁ a₂ a₃ = Coeficientes estructurales de capa
- m₁ m₂ = Coeficientes de drenaje
- D₁ D₂ D₃ = Espesores asumidos de capa

Grafico 14: Procedimiento para determinar el espesor



Fuente: Guía para diseño estructuras de pavimentos. AASHTO, 1993

Para la Guía AASHTO 1993 el Número Estructural (SN) es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento. El SN requerido debe convertirse a espesores de capa superficial, base y subbase, por medio de coeficientes de capa apropiados que representan la resistencia relativa de los materiales de construcción. Los valores promedio

de los coeficientes de capa para los materiales usados en el Experimento de Carreteras de la AASHO son:

Tabla 43: Ecuación Coeficiente estructural de las capas participes en el pavimento

Capa	CBR (%)	Mr (psi)	Coeficiente estructural
Carpeta asfáltica	---	420,000	0.44/pulg
Base granular	100	30,000	0.14/pulg
Sub base granular	30	15,000	0.11/pulg

Para el desarrollo de esta presente investigación realizaremos dos diseños de pavimento para el primer diseño emplearemos los mismos datos del diseño de pavimento del expediente.

Diseño de pavimento flexible AASHTO 93 – Patron

Para este primer diseño de pavimento se realizará siguiendo el método de diseño AASHTO 93.

Tabla 44: Datos de diseño para un periodo de vida útil de 20 años

1. Características de materiales	DATOS
A. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica (ksi)	450
B. Módulo de resiliencia de la base granular (ksi)	30
C. Módulo de resiliencia de la sub-base (ksi)	15
2. Datos de tráfico y propiedades de la subrasante	
A. Numero de ejes equivalentes total (w18)	160000
B. Factor de confiabilidad (r)	95%
Desviación estándar normal (zr)	-1.645
Overall standard deviation (so)	0.45
C. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr, psi)	13483.11
D. Serviciabilidad inicial (pi)	4

E. Serviciabilidad final (pt)	2
F. Periodo de diseño (años)	20
3. Datos para estructuración del refuerzo	
A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto Asfáltico Convencional (a1)	0.44
Base granular (a2)	0.14
Subbase (a3)	0.11
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1
Subbase (m3)	1

Fuente: Datos de suelo patrón

Para calcular el número estructural se utilizó el aplicativo “ecuación AASHTO 93” que se muestra a continuación la determinación del número estructural (SN) para periodo de 0-20 años.

Figura 20: Aplicativo para el cálculo del número estructural ASSHTO 93

Con el número estructural total ya calculado (SNT= 2.16) ya se procede a calcular la estructura del pavimento flexible, a determinar los espesores teóricos del cálculo y los espesores finales propuestos de la base, sub-base y capeta asfáltica.

Tabla 45: Datos Estructuración teóricos y propuestos para el pavimento

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	TEORICO	PROPUESTO	ADOPTADO	SN _{FINAL}
Espesor carpeta asfáltica (cm)	9.12	10.00	10.0	1.73
Espesor base granular (cm)	9.07	15.00	15.0	0.83
Espesor sub base granular (cm)	1.85	10.00	10.0	0.43
ESPESOR TOTAL (cm)		35.00		2.99

A continuación, se muestran los espesores mínimos de pavimento en función de los ejes equivalentes, para nuestro caso ESAL igual 160,000 el espesor mínimo para carpeta asfáltica es 6.5 cm y el espesor mínimo de la base granular es 10 cm.

Tabla 46: Espesores mínimos recomendados

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Estructuración final del pavimento flexible para un periodo de vida útil de 20 años, espesores de capas óptimos del pavimento que garantizaran una buena performance durante el periodo de servicio de la vía.

Figura 21: Estructura final de pavimento flexible



Fuente: elaboración propia

Diseño de pavimento flexible AASHTO 93 – Propuesta de tesis

Para este segundo diseño de pavimento se realizará siguiendo el método de diseño AASHTO 93 y se tomarán los datos del cálculo real cumpliendo con los requerimientos mínimos de diseño que exige la guía AASHTO para que el comportamiento del pavimento garantice una buena performance durante el periodo de 20 años de servicio de la vía.

A continuación, se presentan los siguientes parámetros de diseño que se calcularon minuciosamente partiendo desde la determinación del Módulo resiliente sobrepasando el requerimiento mínimo ($M_r = 10394.09$ psi) con el mejoramiento del suelo de fundación con el aditivo CONSOLID

El número de ejes equivalentes ESAL se considerarán el mismo del estudio de tráfico del expediente técnico existente, considerando que la vía es secundaria y de tránsito medio, número de ejes equivalentes total $W_{18} = 160,000$.

La confiabilidad "R" por ser una vía secundaria por donde no transitan vehículos pesados y mayor frecuencia se consideró

Tabla 47: Confiabilidad sugerida para varias clasificaciones funcionales.

Tipo de camino	Zonas urbanas	Zonas rurales
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 – 99	75 – 95
Carreteras secundarias	80 – 95	75 – 95
Caminos vecinales	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Tabla 48: Confiabilidad desviación estándar normal según niveles de confiabilidad

Confiabilidad R (%)	Desviación estándar normal
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751

Para nuestro diseño de considero los siguientes:

- Confiabilidad (R)=80%
- Desviación estándar normal resulta $Z_r = -0.841$

El valor de la Desviación estándar total (S_o) para pavimento flexible su variación de la predicción del comportamiento del pavimento con y sin errores en el tránsito esta entre 0.50 a 0.40, para nuestro diseño de adopta el valor promedio lo cual será $S_o=0.45$.

Tabla 49: Desviación estándar para pavimento flexible

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So)	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.30	0.40
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.45	0.50

Fuente: guía AASHTO 93

Para la servibilidad lo cual es la capacidad de pavimento para servir depende del tipo de tráfico que circulara sobre el mismo. El valor que recomienda AASHTO para vías secundarias como es nuestro caso se considera PSI inicial=4.2 y PSI final = 2.

Tabla 50: Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)

Tipo de vía	Pavimento flexible	
	PSI inicial	PSI final
Vías principales	--	2.5
Vías secundarias	4.2	2
Condición de falla	--	1.5

Fuente: Guía AASHTO 93

Para determinar los espesores de la estructura del pavimento se consideran los siguientes coeficientes estructurales de acuerdo al material que se va emplear.

Tabla 51: Coeficiente estructural de las capas participes en el pavimento

Capa	CBR (%)	Mr (psi)	Coeficiente estructural
Carpeta asfáltica	---	420,000	0.44/pulg
Base granular	100	30,000	0.14/pulg
Sub base granular	30	15,000	0.11/pulg

El diseño se realiza considerando las condiciones de tráfico, clima, materiales y el suelo de fundación existente, con fin de que le pavimento flexible diseñado nos donde la seguridad y la performance durante el período de vida útil.

A continuación se presenta el cuadro con los datos de diseño de pavimento flexible de la Av. Los Eucaliptos distrito de Carabayllo para un período de diseño de 20 años.

Tabla 52: Datos de diseño para un período de vida útil de 20 años

1. Características de materiales	DATOS
A. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica (ksi)	450
B. Módulo de resiliencia de la base granular (ksi)	30
C. Módulo de resiliencia de la sub-base (ksi)	15
2. Datos de tráfico y propiedades de la subrasante	
A. Numero de ejes equivalentes total (w18)	160,000
B. Factor de confiabilidad (r)	80%
Desviación estándar normal (zr)	-0.841
Overall standard deviation (so)	0.45
C. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr, psi)	10394.09
D. Serviciabilidad inicial (pi)	4
E. Serviciabilidad final (pt)	2
F. Período de diseño (años)	20
3. Datos para estructuración del refuerzo	
A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto Asfáltico Convencional (a1)	0.44
Base granular (a2)	0.14
Subbase (a3)	0.11
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1
Subbase (m3)	1

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos de comenzaron a rediseñar el pavimento flexible de la Av. Principal corrigiendo algunos parámetros siguiendo el método de diseño AASHTO 93.

Para el cálculo del número estructural se utilizó el aplicativo “ecuación AASHTO 93” que se muestra a continuación la determinación del número estructural (SN) para periodo de 0-20 años.

Figura 22: Aplicativo para el cálculo del número estructural ASSHTO 93

The screenshot shows a software window titled "Ecuación AASHTO 93". It is divided into several sections for data entry:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for "Pavimento flexible" (selected) and "Pavimento rígido".
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing "80 % Zr=-0.841" and a text box for "So" with the value "0.45".
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for "PSI inicial" (value: 4) and "PSI final" (value: 2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for "Mr" with the value "10394.09 psi".
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for "Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)", "Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)".
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for "Calcular SN" (selected) and "Calcular W18". A text box next to "Calcular SN" shows "W18 = 160000".
- Número Estructural:** A text box showing "SN = 2.08".
- Buttons:** "Calcular" and "Salir" buttons at the bottom.

Con el número estructural total ya calculado (SNT= 2.08) ya se procede a calcular la estructura del pavimento flexible, a determinar los espesores teóricos del cálculo y los espesores finales propuestos de la base, sub-base y capeta asfáltica.

Tabla 53: Datos Estructuración teóricos y propuestos para el pavimento

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	TEÓRICO	PROPUESTO	ADOPTADO	SN _{FINAL}
Espesor carpeta asfáltica (cm)	7.85	8.00	10.0	1.73
Espesor base granular (cm)	8.16	15.00	15.0	0.83
Espesor sub base granular (cm)	6.23	10.00	10.0	0.43
ESPESOR TOTAL (cm)		33.00		2.99

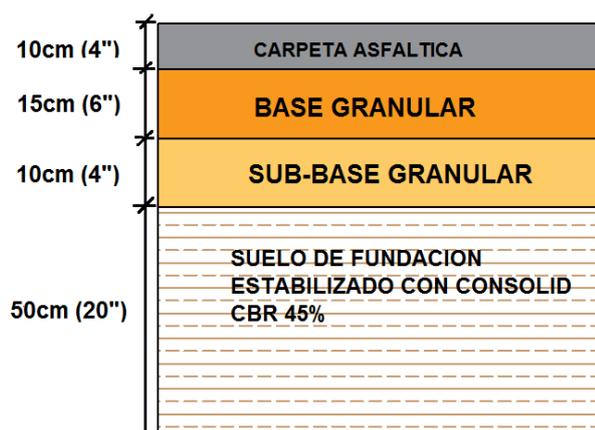
A continuación, se muestran los espesores mínimos de pavimento en función de los ejes equivalentes, para nuestro caso ESAL igual 160,000 el espesor mínimo para carpeta asfáltica es 6.5 cm y el espesor mínimo de la base granular es 10 cm.

Tabla 54: Datos Espesores mínimos recomendados

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Estructuración final del pavimento flexible de la Av. Los Eucaliptos distrito de Carabayllo para un periodo de vida útil de 20 años, con los espesores de capas óptimos que garantizaran una buena performance durante el periodo de servicio de la vía.

Figura 23: Estructura final de pavimento flexible



Fuente: Elaboración propia

Quedando finalmente la estructura del pavimento de la siguiente forma; estabilizar 0.50 metros del suelo de fundación con el aditivo CONSOLID, 10 cm de espesor de sub-base granular de un material A-2-b con CBR 30%, la base granular será de 15 cm de espesor de un tipo de material A-1-a con CBR de 100 % y 10 cm de carpeta asfáltica en caliente.

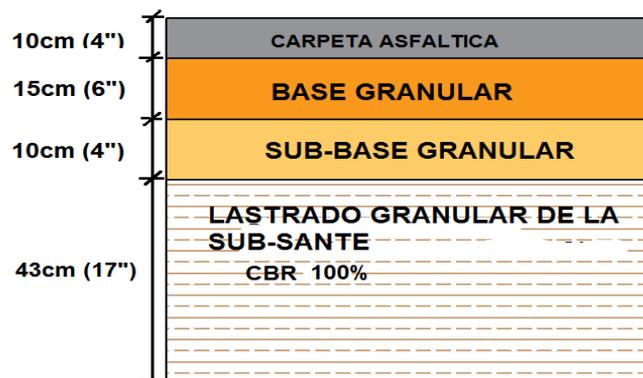
Diseño de pavimento flexible AASHTO 93 – método tradicional

Tabla 55: Datos de diseño para un periodo de vida útil de 20 años

1. Características de materiales	DATOS
A. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica (ksi)	450
B. Módulo de resiliencia de la base granular (ksi)	30
C. Módulo de resiliencia de la sub-base (ksi)	15
2. Datos de tráfico y propiedades de la subrasante	
A. Numero de ejes equivalentes total (w18)	160,000
B. Factor de confiabilidad (r)	80%
Desviación estándar normal (zr)	-0.841
Overall standard desviation (so)	0.45
C. Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr, psi)	10408.04
D. Serviciabilidad inicial (pi)	4
E. Serviciabilidad final (pt)	2
F. Periodo de diseño (años)	20

3. Datos para estructuración del refuerzo	
A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto Asfáltico Convencional (a1)	0.44
Base granular (a2)	0.14
Subbase (a3)	0.11
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1
Subbase (m3)	1

Figura 24: Estructura final de pavimento flexible método tradicional



Fuente: Elaboración propia

Quedando finalmente la estructura del pavimento de la siguiente forma; estabilizar 0.43 metros de lastrado granular, espesor de un tipo de material A-1-a con CBR de 100 %, 10 cm de espesor de sub-base granular de un material A-2-b con CBR 30%, la base granular será de 15 cm de espesor de un tipo de material A-1-a con CBR de 100 % y 10 cm de carpeta asfáltica en caliente.

V. DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados aceptamos la **hipótesis alternativa general** **Es posible mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida Los Eucaliptos, Carabayllo – 2019.** Por medio de los resultados obtenido de los ensayos realizados en el laboratorio se obtuvo el mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo mediante el uso del sistema consolid. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Leiva (2016) en la tesis titulada “*Utilización de Bolsas de Polietileno para el Mejoramiento de Suelo a Nivel de la Subrasante en el Jr. Arequipa, Progresiva Km 0+000 - Km 0+100*” quien indica que si predomina las bolsas de polietileno en el mejoramiento de la subrasante, por medio del uso de bolsas de polietileno fundido en apariencia de grumos, por ello realizo distintas proporciones que son: 2%, 4% ,6% , 8% y 10 % , obteniendo un aumento de CBR en promedio de 7.98 % , superior al permisible

En Función al Hipostasis específico 1: Es posible determinar una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabayllo – 2019, de los resultados obtenidos mediante los ensayos del laboratorio se obtuvo como resultado es factible determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo por medio de la capacidad pórtate ya que influye en su propiedades del suelo CL , el resultado que se llevó a cabo es similar a los resultados de Leiva (2016) quien en su tesis titulada “*Utilización de Bolsas de Polietileno para el Mejoramiento de Suelo a Nivel de la Subrasante en el Jr. Arequipa, Progresiva Km 0+000 - Km 0+100, Distrito de Orcotuna , Concepción*”.

Tabla N°: Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante

ENSAYOS	NORMAS	C-01	C-02	C-03
Contenido de Humedad	MTC EM 108	8.76%	8.41%	7.82%
Límite Líquido	MTC E 110	28.00%	29.00%	30.00%
Límite Plástico	MTC E111	16.99%	17.11%	20.38%
Índice de Plasticidad	MTC E 111	11.01%	11.89%	10.38%
Clasificación SUCS	NTP 339.135	CL	CL	GC
Clasificación AASHTO	NTP 339.134	A-6(0)	A-6(0)	A-2-4(0)
Proctor Modificado M.D.S (grs/cm3), OCH	MTC E115	1.91grs/cm3 , 12.00%	1.91grs/cm3 , 12.06%	2.014grs/cm3 , 9.52%
C.B.R. para el 95% de la M.D.S a 0.1"	MTC E 132	4.51%	3.78%	12.50%
Expansión	MTC E 132	2.21%	2.24%	2.00%

Tabla N°: Capacidad portante de un suelo CL y GC

CBR al 95% de la M.D.S. (CL)	CBR al 95% de la M.D.S. (GC)
4.51%	12.50%
3.78%	12.52%
4.22%	12.61%

Fuente: Elaboración Leiva (2016)

Fuente: Elaboración Leiva (2016).

El resultado presentado de la siguiente tesis manifiesta que existe una diferencia significativa en las medias de los tipos de suelos. Por lo cual se concluye que la capacidad portante depende de sus propiedades de los suelos CL

En Función al Hipotesis específico 2: Es posible calcular la óptima dosificación usando el sistema Consolid para mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabayllo – 2019, Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Leiva (2016) en utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva Km 0+000- km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción, quien señala con el efecto que tiene las bolsas de polietileno fundido incremento el CBR de suelo arcilloso con una dosificación de 6% del peso de suelo arcillosos y además disminuyo porcentualmente la expansión en un 36.58% . además, podemos observar por medio de la curva crece y decrece, incrementando un punto máximo lo cual esto nos indica la dosificación optima al 6% y un CBR al 7.98% al 95 % de la Máxima densidad seca. El resultado encontrado en la presente investigación es acorde con lo que en esta tesis de investigación se investigó.

En función de la Hipótesis 3: Es posible proponer espesor de capas óptimas para la estructura del pavimento que genere una adecuada performance durante todo el tiempo de servicio de la vía en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019. de los resultados obtenidos mediante los ensayos del laboratorio se obtuvo como resultado es factible de proponer espesores de capas óptimas para la estructura del pavimento y realizar ya que depende del tamaño de del espesor del pavimento. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Leiva (2016) en la tesis titulada “Utilización de Bolsas de Polietileno para el Mejoramiento de Suelo a Nivel de la Subrasante en el Jr. Arequipa, Progresiva Km 0+000 - Km 0+100” quien manifiesta que es el diseño estructural del pavimento flexible la calidad de la subrasante obedece en gran medida de los espesores del pavimento existiendo la sub base y carpeta asfáltica que se muestra en la tabla.

CAPAS	SIN MEJORAMIENTO (SUBRASANTE)	CON MEJORAMIENTO (SUBRASANTE MAS ADICIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO FUNDIDO EN FORMA DE GRUMOS)
Sub base	3.5 pulgadas	3 pulgadas
Base	8 pulgadas	8 pulgadas
Carpeta Asfáltica	10 pulgadas	8 pulgadas

VI. CONCLUSIONES

Según el objetivo general Mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019, se concluye que el sistema de consolid si mejora la subrasante, mediante el uso del aditivo de consolid fundido en forma líquido, se desarrolló diferentes proporciones que son: 4% ,6%,10% y 12% logrando un incremento de CBR en promedio de 7.98% sobresaliente al permisible.

Con suma de polímeros reciclados conseguido de sistema consolid de polietileno fundido en forma líquida, se mejora las propiedades física y mecánicas, se verifico en la muestra en la progresivo 0+000- 0+400 se verifica gran presencia de arcilla. el problema es ocasionado en la subrasante es un suelo plástico y tiene una baja capacidad de soporte, es conveniente que el suelo sea bien graduado, con una granulometría continua y no uniforme al añadir el sistema de consolid fundido en forma liquido el suelo.

El CBR del suelo es 4.15% al 95% de la máxima densidad seca y al incrementar bolsas de polietileno fundido al 6% del peso seco del suelo, con una dimensión amorfas pasante el tamiz $\frac{3}{4}$ y retenido $\frac{3}{8}$, incremento el CBR a 7.88% al 95% de la máxima densidad del suelo por el polietileno fundido en forma líquida presenta propiedad flexo compresión y también disminuyo porcentualmente la expansión 36.85% .

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al ministerio de transporte aplicar el sistema consolid en forma de líquido solo para suelos de menor capacidad portante ya que es aplicable hasta un suelo con un CBR mínimo 5.9% al 95% de la máxima densidad seca pero no es recomendable para otra clase de suelos.
2. En necesario realizar un estudio de suelo para poder conocer las propiedad físicas y mecánicas del suelo para poder escoger el tipo de estabilizador recomendado por el ministerio de transporte comunicaciones ya que los suelos arcillosos son un fenómeno de expansión susceptible de soportar cambios volumétricos por la variación de humedad el pavimento pueden mostrar daños por asentamiento y expansión , por ello se recomienda que se utiliza el sistema de consolid en forma de líquido porque en la investigación puedo disminuir la expansión en 36.85%.
3. Se recomienda la utilización del estabilizador sistema CONSOLID con sus dos componentes del sistema Consolid para mejorar suelos de baja capacidad portante no aptos para la construcción de pavimentos según la guía de diseño de pavimentos AASHTO, se acuerdo al resultado del ensayo de CBR del suelo de fundación de la Av. Los Eucaliptos del distrito de Carabaylo que presenta un CBR de laboratorio inicial de 5.9% y estabilizando con el aditivo sistema CONSOLID se incrementó su CBR a 40.8% que es aproximadamente siete veces más.

REFERENCIAS

AASHTO. (2008). Guía de diseño de pavimento empírico-mecanicista: un manual de práctica. Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte, Washington, D.C. PP213

AASHTO. (1993). AASHTO guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993. Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte, Washington, D.C. PP624

AGUIRRE Y PRADO. (2014). Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha-Apuela del Km 32 al Km 38, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, utilizando el sistema consolid. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6424>

ANGULO Y ROJAS. (2016). Ensayo de fiabilidad con aditivo Proes para la estabilización del suelo en el AA. HH El Milagro, 2016. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/142>

CARRASCO DIAZ, S. (2006). Metodología de la investigación científica: Pautas Metodológicas para diseñar y elaborar un proyecto de investigación. Lima: San Marcos.

CORTEZ Y FERNADES. (2015). Influencia de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de Lima para vías a nivel de afirmado. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2377>

CONSOLID Productos viales S.A.C. El sistema consolid. Electronic Documents: [en línea]. 2019, [citado Octubre 2019], pp. 1-9. Disponible en Internet: <https://issuu.com/betotapia/docs/attachment>

Eco soil. Sistema Consolid, 2016, [En línea]. [Consultado: 25 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.sistemaconsolid.org/sistema-consolid.html>

HERNANDEZ. (2018). Mejoramiento de la vía entre los sectores de Atahualpa y Payatambo Totorá, en el Km 45 vía Ambato-Guaranda, en la parroquia Pilahuín, Cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23504>

HERMANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA Pilar. Metodología de la investigación. 6ta Ed. Mexico: Punta Santa Fe, 2014. 600 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0

LEIVA. (2017). Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva Km 0+000 – km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1181/Leiva%20Gonzales%20Roly%20Roberth%20-%202016%20-%20Pregrado.pdf?sequence=1&isAllowed=>

LAICA. (2017). Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24440>

LANDEAU, Rebeca. Elaboración de trabajos de investigación científica. Venezuela: Editorial Alfa, 2007. 189 PP. ISBN: 980-354-214-1

PALOMINO. (2016). Capacidad portante (CBR) de un suelo arcillo, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2534>

HERNANDEZ. (2018). Mejoramiento de la vía entre los sectores de Atahualpa y Payatambo Totorá, en el Km 45 vía Ambato-Guaranda, en la parroquia Pilahuín, Cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23504>

HERMANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA Pilar. Metodología de la investigación. 6ta Ed. Mexico: Punta Santa Fe, 2014. 600 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0

LEIVA. (2017). Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva Km 0+000 – km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1181/Leiva%20Gonzales%20Roly%20Roberth%20-%202016%20-%20Pregrado.pdf?sequence=1&isAllowed=>

LAICA. (2017). Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24440>

LANDEAU, Rebeca. Elaboración de trabajos de investigación científica. Venezuela: Editorial Alfa, 2007. 189 PP.
ISBN: 980-354-214-1

PALOMINO. (2016). Capacidad portante (CBR) de un suelo arcillo, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2534>

PICO. (2016). Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benites Canton San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño del pavimento de la misma. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24050>

SANCHES. (2014). Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Canton Tosagua provincia de Manabi. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11180>

VELASQUES. (2018). Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina. Tesis para optar por el título de ingeniería civil [Consulta: Setiembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2534>

MEJÍA, Elías. Técnicas e instrumentos de medición. Lima: Unidad de Post Grado de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005. 246 pp.

ISBN: 9972-834-08-05

MONTEJO, Alfonso . Ingeniería de pavimentos. 3ra. Ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. 2012. 733 pp.

ISBN: 958-96036-2-9

MTC. (2013). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú. PP355

REYES, Fredy. Diseño racional de pavimentos. Bogotá. Editorial: Escuela Colombiana de Ingeniería. Edición: Primera, Ma 2004. 584 páginas

ISBN: 9586836223

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica cuantitativa, cualitativa mixta. Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2015. 495 PP.

ISBN: 9786-1-230-2878-7

ANEXOS

ANEXO 1: Ficha de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARTA DE PRESENTACION

Asunto: Validación de instrumentos a través de Juicio de Expertos.

Ingeniero: Mario Saldaña, Cesar Koelo

Yo, GAMARRA DUEÑAS JASON con DNI: 48344559, estudiante de la carrera de ingeniería civil con código de estudiante N° ... en la Universidad Privada Cesar Vallejo sede Lima Norte. Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y agradecimiento desde ya , por su aporte como experto, así mismo hacer de su conocimiento ,que siendo estudiante de la asignatura de Proyecto de investigación (PI), siguiendo con la metodología de la investigación, se requiere la validación de los instrumentos con los cuales se hará la recolección de datos necesarios para posteriormente proceder con el desarrollo del proyecto de investigación.

El título de proyecto de investigación es "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019", y siendo requisito indispensable contar con la aprobación de profesionales especializados para poder hacer el uso de los instrumentos en mención, se ha considerado conveniente en recurrir a usted ante su connotada experiencia.

Expreso mi sentimiento de respeto y consideración me despido, no sin antes agradecerle por la atención que usted dispone a la presente.

Atentamente

Tesista

CÉSAR KARLO FACILIO SALDAÑA
INGENIERO CIVIL
Nº CP N° 8000

Ingeniero especialista

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Tests: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019"

Responsable: GAMARRA DUEÑAS JASON

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

1) **Recolección de datos:**

PROGRESIVA				
TIPO DE TRANSITO	a) Muy liviano	b) Liviano	c) Pesado	d) Muy pesado
TIPO DE SUPERFICIE	a) Pavimento	b) Asfalto	c) Afirmado	d) Trocha carrozable
ANCHO DE PLATAFORMA				
TIPO DE FALLA	a) Ahuellamiento	b) Drenaje inadecuado	c) Huevo en la vía	d) Sección inadecuada
CAUSAS	a) Mantenimiento inadecuado	b) Material pobre	c) Diseño inadecuado	d) Otros
FOTOGRAFIA				

Validado por:



CÉSAR VALLEJO
INGENIERÍA CIVIL
PROF. J. P. DUEÑAS

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Testis: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019".

Responsable: GAMARRA DUEÑAS JASON

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

II) Datos de entrada:

ENSAYO EN CAMPO	CLASIFICACION DE SUELOS		CAPACIDAD DE SOPORTE		COORDENADAS DEL LUGAR DE ESTUDIO			FOTOGRAFIA			
	CAUCITA	MUESTRA	SUCS	AAASHTO	ICMB3	ESTRUC NATURAL	ESTRUC ARTIFICIAL		LONGITUD (M/CS84)	ALTIMETRIA (M/CS84)	ALTIMUD (M/CS84)
					100%						

Validado por:



CARLOS D. MURO DE PALOMARES
INGENIERO CIVIL



FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Tesis: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019".

Responsable: GAMARRA DUEÑAS JASON

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

III) Resistencia:

ADITIVO	PROCTOR MODIFICADO			CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR)		
	M.D.S (g/cm ³)	O.C.H (%)	M.D.S (g/cm ³)	O.C.H (%)	100%	95%
CONSOLID						
SOLIDRYD						

Validado por:


GAMARRA DUEÑAS JASON
PROFESOR TITULAR
FACULTAD DE INGENIERIA

VALIDACION DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres: Mario Salgado, Casse Karlo
 1.2 Cargo e institución que labora: KEROMISA CONTENTISTAS GOURMET'S SPA
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Posturas de Artes
 1.4 Autor de instrumento: Edgardo Duenas Josen

II. ASPECTO DE VALIDACION

CRITERIO	INDICADORES	INACEPTABLE					MARGINAL					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	esta formulado con lenguaje comprensible															
2. OBJETIVIDAD	esta adscrito a los leyes y principios científicos															
3. ACTUALIDAD	esta adscrito a los objetivos y las necesidades reales de la investigación															
4. ORGANIZACIÓN	esta con organización lógica															
5. SUCESIVA	tiene en cuenta los aspectos metodológicos científicos															
6. INTENCIONALIDAD	esta adscrito para valorar las variables de la hipótesis															
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos teóricos y/o científicos															
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables o															
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicado para lograr probar las															
10. PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su inserción al método científico															

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación. ()
 ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación. ()

IV. PROMEDIO DE VALORACION

(95) ACEPTABLE

Lima ____ de Noviembre del 2019



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 4607060

CIP N° 86609

CARTA DE PRESENTACION

Asunto: Validación de
Instrumentos a través de Juicio de Expertos.

Ingeniero: MADRID SALDANA KENNY PONNY

Yo, GAMARRA DUEÑAS JASON con DNI: 48344559, estudiante de la carrera de ingeniería civil con código de estudiante N° ... en la Universidad Privada Cesar Vallejo sede Lima Norte. Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y agradecimiento desde ya, por su aporte como experto, así mismo hacer de su conocimiento, que siendo estudiante de la asignatura de Proyecto de investigación (PI), siguiendo con la metodología de la investigación, se requiere la validación de los instrumentos con los cuales se hará la recolección de datos necesarios para posteriormente proceder con el desarrollo del proyecto de investigación.

El título de proyecto de investigación es "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019", y siendo requisito indispensable contar con la aprobación de profesionales especializados para poder hacer el uso de los instrumentos en mención, se ha considerado conveniente en recurrir a usted ante su connotada experiencia.

Expreso mi sentimiento de respeto y consideración me despido, no sin antes agradecerle por la atención que usted dispone a la presente.

Atentamente


.....
Tesisista
.....
KENNY PONNY
MADRID SALDANA
INGENIERO CIVIL
Reg. OP N° 173893
.....
Ingeniero especialista

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Tesis: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019".

Responsable: GAMARRA DUEÑAS JASON

instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

l) Recolección de datos:

PROGRESIVA				
TIPO DE TRANSITO	a) Muy liviano	b) Liviano	c) Pesado	d) Muy pesado
TIPO DE SUPERFICIE	a) Pavimento	b) Asfalto	c) Afirmado	d) Trocha carrozable
ANCHO DE PLATAFORMA				
TIPO DE FALLA	a) Ahuellamiento	b) Drenaje inadecuado	c) Huevo en la vía	d) Sección inadecuada
CAUSAS	a) Mantenimiento inadecuado	b) Material pobre	c) Diseño inadecuado	d) Otros
FOTOGRAFIA				

Validado por:



JASON DUEÑAS GAMARRA
INGENIERO CIVIL
REG. CP Nº 17385



FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Tesis: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019".

Responsable: GAMARRA DUEÑAS JASON

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

II) Datos de entrada:

ENSAYO EN CAMPO	CLASIFICACION DE SUELOS		CAPACIDAD DE SOPORTE			COORDENADAS DEL LUGAR DE ESTUDIO			FOTOGRAFIA
	CALICATA	MUESTRA	SUCS	ASIENTO	SCBR	PARTICION SUBTURAL	POIRTE	ALITUD	
					300%	95%	(WGS84)	(WGS84)	

Validado por:



.....
 ANDRÉS BALZARIN
 INGENIERO CIVIL
 N° 107 87 17435



FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Temá: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Cmsolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019".

Responsable: GAMBARRA DUEÑAS JASON

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

III) Resistencia:

ADITIVO	PROCTOR MODIFICADO			CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR)			
	M.D.S (g/cm ³)	O.C.H (%)	M.D.S (g/cm ³)	O.C.H (%)	95%	100%	95%
CONSOLID							
SOLIDIDYD							

Validado por:

PROFESOR INVESTIGADOR
INTEGRANTE DEL C.I.
ING. ESTEBAN VILLALBA



VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres: Tapia Salgado, KEVIN PUNNY
- 1.2 Cargo e institución que labora: GERENTE CONTRATISTAS GUSTAVO SUC
- 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE RESPUESTA DE DATOS
- 1.4 Autor de instrumento: ESTEBAN RIVERA JORDAN

II. ASPECTO DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE		MARGINAL			ACEPTABLE		EXCELENTE					
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	está formulado con lenguaje comprensible													
2. OBJETIVIDAD	está adecuado a los fines y principios científicos													
3. ACTUALIDAD	está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación													
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica													
5. SUPLENENCIA	toma en cuenta los aspectos metodológicos necesarios													
6. INTENCIONALIDAD	está adecuado para valorar las variables de la hipótesis													
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos filosóficos y científicos													
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e													
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las													
10. PERTINENCIA	el instrumento responde la relación entre los componentes de la investigación y su elaboración al método científico													

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación. ()
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación. ()

IV. PROMEDIO DE VALORACION

(95) EXCELENTE


 ESTEBAN RIVERA JORDAN
 INGENIERO
 REG. CIP N° 173899

Lima, de Noviembre del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 47677482
 CIP N° 173899

CARTA DE PRESENTACION

Asunto: Validación de
instrumentos a través de Juicio de Expertos.

Ingeniero: RÍOS SANCHEZ, CARLOS ALBERTO

Yo, GAMARRA DUEÑAS JASON con DNI: 48344359, estudiante de la carrera de ingeniería civil con código de estudiante N° ... en la Universidad Privada Cesar Vallejo sede Lima Norte. Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y agradecimiento desde ya, por su aporte como experto, así mismo hacer de su conocimiento, que siendo estudiante de la asignatura de Proyecto de investigación (PI), siguiendo con la metodología de la investigación, se requiere la validación de los instrumentos con los cuales se hará la recolección de datos necesarios para posteriormente proceder con el desarrollo del proyecto de investigación.

El título de proyecto de investigación es "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019", y siendo requisito indispensable contar con la aprobación de profesionales especializados para poder hacer el uso de los instrumentos en mención, se ha considerado conveniente en recurrir a usted ante su connotada experiencia.

Expreso mi sentimiento de respeto y consideración me despido, no sin antes agradecerle por la atención que usted dispone a la presente.

Atentamente



Tesista



Ingeniero especialista

ING CARLOS RÍOS BANCHEZ
CIP 60941

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Tesis: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla- 2019".

Responsable: GAMARRA DUEÑAS JASON

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

1) **Recolección de datos:**

PROGRESIVA				
TIPO DE TRANSITO	a) Muy liviano	b) Liviano	c) Pesado	d) Muy pesado
TIPO DE SUPERFICIE	a) Pavimento	b) Asfalto	c) Afirmado	d) Trocha carrozable
ANCHO DE PLATAFORMA				
TIPO DE FALLA	a) Ahuellamiento	b) Drenaje inadecuado	c) Hueco en la via	d) Seccion inadecuada
CAUSAS	a) Mantenimiento inadecuado	b) Material pobre	c) Pdiseño inadecuado	d) Otros
FOTOGRAFIA				

Validado por:



NO LIA RÍOS GAVARRÓ
CIP 6024



FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Tesis: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla - 2019".

Responsable: GARRERA DUEÑAS JASON

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

II) Datos de entrada:

ENSAYO EN CAMPO		CLASIFICACION DE SUELOS		CAPACIDAD DE SOPORTE (ICBR)		COORDENADAS DEL LUGAR DE ESTUDIO			FOTOGRAFIA
CALICATA	MUESTRA	SUCS	AGUJTO	PATRON NATURAL		NORTE (WGS84)	ESTE (WGS84)	ALTITUD (WGS84)	
				100%	50%				

Validado por:

ING. CARLOS ROLDAN SANCHEZ
CIVIL-GEOTECH



FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Tesis: "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida la Playa, Ventanilla - 2019".

Responsable: GAMARRA DUEÑAS JASON

Instrucción: Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que en base a su criterio y experiencia profesional valide dicho instrumento para su aplicación.

III) Resistencia:

ADITIVO	PROCTOR MODIFICADO			CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR)				
	M.D.S (g/cm ³)	O.C.H (%)	M.D.S (g/cm ³)	O.C.H (%)	100%	95%	100%	95%
CONSOLID								
SOLIDRYD								

Validado por:


.....ING. CARLOS ROB. SANCHEZ
CIP 6824

VALIDACION DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres: Piós Sánchez Carlos Diberto
 1.2 Cargo e institución que labora: RHE TÉCNICA EIREL - GOMEL
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE VERIFICACIÓN DE ROSTR
 1.4 Autor de instrumento: GARCÍA DÍAZ, JESÚS

II. ASPECTO DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					BASTANTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	está formulado con lenguaje comprensible												X			
2. OBJETIVIDAD	está adecuado a las leyes y principios científicos													X		
3. ACTUALIDAD	está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación													X		
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica													X		
5. SUPLENDA	toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X		
6. INTENCIONALIDAD	está adecuado para validar las variables de la hipótesis													X		
7. CONSISTENCIA	se requiere en fundamentos teóricos y/o científicos												X			
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables o													X		
9. METODOLOGÍA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicable para luego probar las													X		
10. PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su vinculación al método científico													X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación. (X)
 ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación. ()

IV. PROMEDIO DE VALORACION

(95) Aceptable



Lima ¹⁹ de Noviembre del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 0780164

CIP N° 60947

ANEXO 4: Captura de pantalla de originalidad de turnitin

feedback studio Jason Gamarra Dueñas "Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida Los Eucaliptos, Carabaylo - 2019"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE INVESTIGACION

"Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo de fundación con el sistema Consolid, en Avenida Los Eucaliptos, Carabaylo - 2019"

AUTOR:
Gamarra Dueñas, Jason
<https://orcid.org/0000-0002-1521-5704>

ASESOR:
Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio
<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ
2020

Resumen de coincidencias 24 %

Se están viendo fuentes estándar
Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias	Porcentaje
1 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	11 %
2 repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	4 %
3 pirhua.uddep.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
5 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
6 edoc.pub Fuente de Internet	1 %
7 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %

Página: 1 de 56 Número de palabras: 9686 Text-only Report High Resolution Activado

ANEXO 5: Informe de originalidad de turnitin



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Jason Gamarra Dueñas
Título del ejercicio:	DPI 2020 - I
Título de la entrega:	*Mejoramiento de la capacidad de s...
Nombre del archivo:	TESIS_JASON_GAMARRA_DUE_A...
Tamaño del archivo:	7.63M
Total páginas:	56
Total de palabras:	9,686
Total de caracteres:	51,059
Fecha de entrega:	04-jul.-2020 09:37a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	1323693623



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE INVESTIGACIÓN

*Representante de la capacidad de acuerdo al número de palabras por
el sistema Turnitin en Período Los Escritos, Criterio - DFE

AUTOR:
Jason Gamarra Dueñas
[https://orcid.org/0000-0001-9100-0001](#)

ASESOR:
Ing. Francisco Pineda
[https://orcid.org/0000-0001-9100-0001](#)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Ingeniería de Construcción

LÍNEA - DFE:
DPI

ANEXO 6: Matriz de Consistencia

TÍTULO : “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON EL SISTEMA CONSOLID, EN AVENIDA LOS EUCALIPTOS , CARABAYLLO – 2019.”						
FORMULACIÓN DE PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE Capacidad de soporte	Propiedades mecánicas del suelo	California Bearing Ratio - Cbr (%)	
¿Cómo mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo - 2019.?	Mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.	Es posible mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación haciendo uso del sistema consolid en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.			PROBLEMAS ESPECÍFICOS	Propiedades físicas del suelo
¿Cómo determinar una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.?	Determinar una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019	Es posible determinar una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.		OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
¿Cuál es la óptima dosificación usando el sistema Consolid para mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.?	Calcular la óptima dosificación usando el sistema Consolid para mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.	Es posible calcular la óptima dosificación usando el sistema Consolid para mejorar la capacidad de soporte del suelo de fundación en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.			PROBLEMAS ESPECÍFICOS	Espesor de Capas
¿De qué manera se puede proponer espesor de capas óptimas para la estructura del pavimento que genere una adecuada performance durante todo el tiempo de servicio de la vía en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.?	Proponer espesor de capas óptimas para la estructura del pavimento que genere una adecuada performance durante todo el tiempo de servicio de la vía en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.	Es posible proponer espesor de capas óptimas para la estructura del pavimento que genere una adecuada performance durante todo el tiempo de servicio de la vía en la Avenida Los Eucaliptos del Distrito de Carabaylo – 2019.	VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema consolid	Consolid (ml)		
					VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema consolid	Espesor de Capas
			VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema consolid	Espesor de Capas		
					VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema consolid	Espesor de Capas
			VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema consolid	Espesor de Capas		

Fuente: elaboración propio

ANEXO 7: Operacionalidad de Variables

TÍTULO : “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE FUNDACIÓN CON EL SISTEMA CONSOLID, EN AVENIDA LOS EUCALIPTOS , CARABAYLLO – 2019.”					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE capacidad de soporte	Bowles (1982). La estabilización es normalmente mecánica o química, [...] que la estabilización mecánica incluye la compactación, variadas técnicas patentadas de vibración [...]. La estabilización química incluye la mezcla o la inyección de sustancias químicas al suelo, agregándole agentes químicos. (p. 183).	La capacidad de soporte del terreno es el principal dato donde intervienen las propiedades que determinara la construcción de una pavimentación.	Propiedades mecánicas del suelo	California Bearing Ratio - Cbr (%)	R A Z O N
				Módulo Resiliente	
			Propiedades físicas del suelo	Tipo de suelo	
				Plasticidad	
				Granulometría	
Humedad					
VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema Consolid	(Proestech,2013). Los aditivos son aquellas sustancias químicas que se emplean para obtener un mejor comportamiento y mejorar las propiedades mecánicas de un suelo, o un material.	Se emplea el uso del sistema consolid de tal manera que se pueda dar a conocer las propiedades y ventajas en el que este pueda ofrecer y poder mejorar la capacidad de soporte del suelo a trabajar.	Dosificación	Consolid (ml)	R A Z O N
				Espesores de capa	
			Sub-base (cm)		
			Base (cm)		

Fuente: Elaboración propia