



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño del Pavimento Flexible, con el Uso del Aditivo Terrasil, en la
Avenida Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Puchoc Bartolo, Cristhian Elvis (ORCID: 0000-0003-0124-8692)
Saavedra Ynoñan, Felipe Ricardo (ORCID: 0000-0003-0329-4801)

ASESORA:

Dra. Garcia Alvarez, Maria Ysabel (ORCID:0000-0001-8529-878X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

En este trabajo de investigación va dedicada especialmente a mis padres a quienes admiro, valoro y amo mucho.

Agradezco el infinito apoyo y comprensión que me brindaron, lo cual influyo en mí, e hizo que no me desmotivara, por lo cual me esforcé para lograr mis objetivos y metas.

AGRADECIMIENTO

A mis docentes y asesores, por sus enseñanzas, críticas, sugerencias y su apoyo durante este trabajo de investigación.

A la universidad Cesar Vallejo por encaminarme y formarme con una ética profesional con formación humanística, y a todas aquellas personas y amigos que de una u otra forma contribuyeron en este proyecto de investigación, les doy mis más gratos y sinceros agradecimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA	29
3.1 Tipo y diseño de la investigación	30
3.2 Variable, Operacionalización	32
3.3 Población y muestra	32
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.5. Procedimiento	36
3.6 Métodos de Análisis de Datos	59
3.7 Aspectos Éticos	60
IV. RESULTADOS	61
V. DISCUSIÓN	76
VI. CONCLUSIONES	79
VII. RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas del aditivo ISS 2500.....	18
Tabla 2. <i>Dosificación mezclada del ISS 2500</i>	19
Tabla 3. Características físicas del aditivo Terrasil.....	20
Tabla 4 <i>Dosificación mezclada del Terrasil</i>	21
Tabla 5. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad.....	27
Tabla 6. Técnicas e Instrumentos de mi Investigación.....	34
Tabla 7. Rangos y Magnitudes de Validez.....	35
Tabla 8. Coeficiente de Validez por juicios de expertos.	35
Tabla 9. La clasificación de los vehículos según el MTC	44
Tabla 10. Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para pavimentos flexibles.....	47
Tabla 11. Resultado del Índice Medio Diario semanal de la muestra vehicular.	49
Tabla 12. Resultado del índice medio diario anual (IMDa) para cada tipo de vehículo.....	50
Tabla 13. Resultado de las tasas de crecimiento y proyección para el año 2021	51
Tabla 14. Resultado de las tasas de crecimiento y proyección para el año 2041.	51
Tabla 15. <i>Cálculo de ejes equivalentes (ESAL)</i>	52
Tabla 16. Descripción de la muestra sin aditivo	63
Tabla 17. Descripción de la muestra con aditivo.....	63
Tabla 18. Análisis granulométrico por tamizado	64
Tabla 19. Interpretación del resultado según la clasificación de suelos SUCS	66
Tabla 20. Interpretación del resultado según la clasificación de suelos AASHTO	67
Tabla 21. Interpretación del resultado de coeficiente de uniformidad y curvatura según MTC.....	67
Tabla 22. Interpretación del porcentaje de contenido de humedad según moldes.....	68
Tabla 23. Interpretación de los resultados del límite de consistencia del suelo	69
Tabla 24. Interpretación del resultado de compactación del proctor modificado	69
Tabla 25. Interpretación del resultado del ensayo de CBR.....	70
Tabla 26. Resultado del Límite de Consistencia de un suelo + Aditivo.....	71
Tabla 27. Resultado del Ensayo de Compactación Proctor Modificado + aditivo.....	72
Tabla 28. Resultado del Ensayo de (CBR) + Aditivo	73
Tabla 29. Cuadro comparativo del Límite de Consistencia de un suelo	74
Tabla 30. Cuadro comparativo del Ensayo de Compactación Proctor Modificado	74

Tabla 31. Cuadro comparativo del ensayo del CBR.....	75
Tabla 32. <i>Matriz de consistencia</i>.....	92
Tabla 33. Matriz de operacionalizacion de las variables.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del ciclo de vida del pavimento de concreto vs asfalto.	15
Figura 2. Sección transversal - Pavimento flexible	15
Figura 3. Carreteras tratadas con ISS 2500	20
Figura 4. Acción del Terrasil en el suelo	21
Figura 5. Cuadro del tamaño de tamices	24
Figura 6. Numero de golpes en relación a su factor de limite plástico	26
Figura 7. Categorías de la subrasante	28
Figura 8. Clima promedio de Chosica	37
Figura 9. Tramo de la Av. Cajamarquilla	40
Figura 10. Eje simple	42
Figura 11. Eje doble	43
Figura 12. Eje triple	43
Figura 13. Tabla de factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño	45
Figura 14. Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño	53
Figura 15. Valores de confiabilidad según rango de Tráfico	54
Figura 16. Desviación estándar normal según el nivel de confiabilidad y el Rango de Tráfico	55
Figura 17. Serviciabilidad inicial según el tráfico	56
Figura 18. Serviciabilidad final según el tráfico	56
Figura 19. Coeficientes Estructurales de las Capas de rodadura	57
Figura 20. Inicio de la excavación para la calicata	59
Figura 21. Calicata N° 01	62
Figura 22. Excavación de la calicata	62
Figura 23. Curva granulométrica	65
Figura 24. Relación de humedad vs densidad	68
Figura 25. Vista panorámica de la Av. Cajamarquilla	111
Figura 26. Reconocimiento del lugar	112
Figura 27. Reconocimiento del tipo de suelo de forma visual	113
Figura 28. Excavación de la calicata C-01	114
Figura 29. Llenado de la muestra del suelo	115
Figura 30. Obtención de la muestra	116
Figura 31. Transporte listo para el llevado de la muestra	117
Figura 32. Llegada al laboratorio de suelos	118
Figura 33. Instrumentos del laboratorio de suelos	118
Figura 34. Cuarteo de la muestra extraída de la calicata	119
Figura 35. Inicio del ensayo granulométrico	120
Figura 36. Preparativo de la muestra previo al ensayo de compactación proctor modificado	121
Figura 37. Preparación del molde para la compactación de la muestra	121
Figura 38. Realizando el ensayo de compactación proctor modificado	122

RESUMEN

En esta investigación titulada “Diseño del pavimento flexible, con el uso de aditivo Terrasil Av. Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima en 2018”.

El tipo de investigación es aplicada; según su prolongación de tiempo es transversal, por su carácter es cuantitativo, y por su nivel de investigación es explicativo y el diseño es de muestreo no experimental y no probabilístico.

El objetivo de esta investigación, es determinar la influencia del aditivo en el pavimento flexible, en la Av. Cajamarquilla, con este aditivo obtendremos un suelo con mayor capacidad portante, mejor compactado, impermeable, por lo cual prolongaremos la vida útil del camino, ya que es de vital importancia tratar el suelo malo, ya que en muchos lugares del Perú existen carreteras en pésimas condiciones, por ende, nos vemos en la necesidad de usar aditivos para estabilizar los suelos.

En esta investigación mostraremos los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio, como el aumento de la densidad máxima del suelo y el contenido mínimo de humedad y una disminución notable de la expansión del suelo y un incremento del índice CBR.

Este aditivo fue adquirido por la empresa BREM ENVIRONMENTAL SOLUTIONS S.A.C.

Palabra clave: compactación, impermeable, máxima densidad, humedad, aditivo Terrasil.

ABSTRACT

The research project is titled "Flexible pavement design, with the use of Terrasil additive Av. Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima in 2018".

The type of research is cross-sectional, according to its duration, its character is quantitative, and its level of research is explanatory and the design is non-experimental and non-probabilistic sampling.

The objective of the research project is to determine the influence of the Terrasil additive on the flexible pavement, in Av. Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, with this additive we will obtain a soil with greater bearing capacity, better compacted, waterproof, for which we will prolong the useful life of the road, since it is vitally important to treat bad soil, since in many places in Peru there are roads in terrible condition, therefore we find ourselves in the need to use additives to stabilize the soils. Which will guarantee us a road in good condition.

In this investigation we will show the results obtained from laboratory tests, such as the increase in the maximum density of the soil and the minimum or no moisture content and a notable decrease in the expansion of the soil and an increase in the CBR index.

This Terrasil additive was acquired by the company BREM ENVIRONMENTAL SOLUTIONS S.A.C.

Keywords: compaction, waterproof, maximum density, moisture, Terrasil additiv.

I. INTRODUCCIÓN

En Perú, como en el resto del mundo, también tienen este problema, que es el costo elevado en el momento de construir los pavimentos en suelos de baja capacidad portante, en consecuencia, en su ejecución requiere mayores espesores de capas.

Al no cumplir con las especificaciones requeridas, nos conlleva a tener pavimentos en mal estado, ya sea por un mal diseño o una mala compactación del suelo, como también por un deficiente mantenimiento de los pavimentos, lo que provoca los tipos de fallas como: ahuellamiento, desgastes, fisuras y grietas por fatigamiento, etc. Por ende, estas estructuras en mal estado generan malestar en los transportistas y pobladores, todo esto ocasionando enfermedades por el exceso de polvo que los vehículos ocasionan.

Por otra parte, limita el acceso a bienes y servicios básicos, por lo cual, incide negativamente en la economía.

Recientemente, las personas han desarrollado diferentes métodos innovadores para estabilizar el suelo y prolongar la vida útil del pavimento, muchos de los cuales son muy costosos, por lo que en este proyecto de investigación demostraremos que utilizando el (TERRASIL) como agente estabilizador contaremos con una estructura definitiva con mínimas conservaciones periódicas y garantizará que nuestro costo sea significativamente más bajo que las construcciones y soluciones tradicionales, porque permite el uso de materiales del terreno sin la necesidad de reemplazar pisos inferiores, protegiendo así el medio ambiente.

Razón por la cual, en este trabajo de investigación, proponemos aportar nuevas tecnologías respecto a los pavimentos, aplicando el aditivo TERRASIL en el material de la base con el propósito u objetivo de examinar en qué grado aumentará la capacidad de soporte (CBR). Para así obtener pavimentos óptimos a un bajo costo de construcción.

La realidad problemática de las vías, del distrito Lurigancho-Chosica, en la Av. Cajamarquilla se encuentra en un pésimo estado, debido al deterioro de su carpeta de rodadura, ocasionado por los vehículos pesados; por consiguiente, los transportistas no pueden ni transitarlo.

El constante paso de vehículos de carga pesada en esta región ha hecho que la situación de la carretera se agrave, por ende, es de vital interés preservar el Camino en un óptimo estado, ya que esta carretera los enlaza con el mercado económico de dicho distrito.

La economía del poblado, depende primordialmente de las labores como la agricultura, pero principalmente la ganadería, por ende, refleja la necesidad de construir la carretera, como alternativa, para poder transportar sin dificultades los productos derivados de las actividades ganaderas e insumos hacia los principales mercados de los distritos de Lima y otras ciudades del interior del país, por lo cual, al no contar con un camino apropiado genera gastos elevados de movilización, tanto para la obtención de sus productos como la venta de sus bienes (ganadería).

Ya que, si la condición de la carretera persiste en un deplorable estado, afectaría negativamente a la salud de los pobladores, como también generaría pérdidas económicas, ya que depende básicamente de las actividades ganaderas.

Por ello, el objetivo de esta investigación, es construir una vía vecinal que nos permita trasladar y comercializar los productos obtenidos de la ganadería al mercado de Lima y otras ciudades del interior del país.

Por esta razón proponemos el uso del aditivo TERRASIL que es una alternativa muy rápida, ya que Permite el uso de los caminos en forma inmediata después del proceso de estabilización, eficaz y simple en la ejecución de los procesos constructivos que nos garantizara un pavimento en buen estado, por tanto, permitirá el paso de vehículos y peatones de forma permanente, reducirá el tiempo de desplazamiento, reducirá el riesgo de desplazamientos y accidentes, mejorará la protección del material rodante (autobuses, camiones, etc.) y reducirá la contaminación por levantamiento de polvo y otros.

En consecuencia, damos a conocer nuestra formulación del problema general planteado de la siguiente manera. ¿De qué manera el aditivo Terrasil favorecerá al diseño del pavimento flexible en la Av. Cajamarquilla en el distrito de Lurigancho - Chosica en el año 2018?

Este problema general nos conduce a disgregar y plantear otros sub problemas, pero estos problemas son aún más específicos.

- ✓ ¿Qué efectos produce el aditivo Terrasil al aplicarse a la capa de subrasante?
- ✓ ¿Cuáles son los resultados luego de la aplicación del aditivo Terrasil en relación al índice de CBR?
- ✓ ¿En qué medida el aditivo Terrasil reducirá los costos de un pavimento?

La presente Justificación teórica tiene como objetivo contribuir al conocimiento científico, por lo cual los resultados y la información obtenida servirán de base para este proyecto de investigación y otras investigaciones, y contribuirán a la ingeniería de transporte utilizando este aditivo Terrasil.

Valenzuela (2017) afirmó que:

Los aditivos pueden ser utilizados en el suelo para agregar productos a la calzada, subbase, y Para cimientos o carpetas rodantes, se deben considerar las especificaciones requeridas. El Manual Vial (2013) establece que “este tipo de estabilización generalmente se realiza en suelos de subrasante insuficientes o pobres” (p. 107).

Por ende, en este proyecto de investigación usaremos: MTC y el manual de carreteras, porque son esenciales para la corroboración de los resultados obtenidos.

Según Juárez (2013) Declaro que:

En la actualidad, por razones técnicas, han aparecido diferentes productos. Estos productos se pueden utilizar en las condiciones más desfavorables. Por ejemplo, hay suelos con baja capacidad portante, como arcillas y limos. Cuando se utilizan aditivos, se incrementará el valor relativo de soporte -VRS-; sin embargo, actualmente no existe ningún producto que pueda asegurar un mantenimiento de carreteras o aceras durante toda su vida útil.

Justificación económica según Juárez (2013) Dijo que:

Cuando se utiliza este aditivo, incurrirá en un menor costo, debido a que los propios materiales naturales se utilizan en el sitio, por lo que el aporte de materiales clasificados es innecesario para la construcción de caminos de terracería o agregados para capas de pavimento. Todo esto conlleva a reducir costos, porque el mantenimiento es mínimo, si hay algún problema o deformación, el suelo se aflojará, agregar agua sin agregar aditivos y recomprimir la superficie.

En mi opinión este proyecto de investigación servirá como base, para nuevas tesis o nuevos estudios relacionados al aditivo Terrasil o al aditivo ISS 2500, ya que al ser aditivos de fácil empleo y a su vez económico y se puede estabilizar el propio terreno sin importar lo malo que sea este suelo, evitando gastos innecesarios, y que se pueda trabajar en zonas donde no haya canteras, ya que no se necesita de estas.

En consecuencia, hemos planteado nuestro objetivo general de la siguiente manera: “Evaluar el impacto del uso del aditivo Terrasil en el pavimento flexible Av. Cajamarquilla en el distrito Lurigancho-Chosica en 2018”.

Por lo tanto, para poder llegar a cumplir con nuestro objetivo, hemos propuesto objetivos mucho más específicos, estos objetivos específicos son los siguientes:

- ✓ Determinar qué efectos produce el aditivo Terrasil al aplicarse a la capa de subrasante.
- ✓ Explicar la relación entre los resultados de la aplicación de aditivos Terrasil y el índice CBR.
- ✓ Describir en qué medida el aditivo Terrasil reducirá los costos de un pavimento.

La siguiente hipótesis que planteamos, según las informaciones recopiladas es que: “Reduciría el uso de materiales para la construcción del pavimento, ya que permite el uso de suelos marginales otorgándole un área de trabajo mejor compactado”.

Aun contando con una hipótesis generalizada, de esta hacemos énfasis para obtener hipótesis más explícitas con el objetivo de tener una orientación estable, por lo cual podremos resolver nuestra investigación, de las cuales son:

- ✓ Al estabilizar con el aditivo Terrasil obtenemos como resultados suelos estables, impermeables, eliminando la absorción de agua y reduciendo la expansividad de arcillas.
- ✓ Los resultados serían óptimos, ya que nos daría un suelo con un índice de CBR muy bueno, por lo tanto, obviaremos una capa, como también reduciríamos los espesores de capas.
- ✓ Los costos se reducirían en gran medida, ya que no sería necesario traer un material bueno para mejorar el suelo, como también reduciríamos los mantenimientos periódicos.

II. MARCO TEÓRICO

La aplicación de productos químicos (estabilizadores), mecánicos, físicos en los suelos se emplea desde hace siglos anteriores en muchos lugares por distintas razones, entre las cuales tenemos: disminuir en gran medida la necesidad de mantenimiento y rehabilitación de caminos lo cual conduce a un ahorro significativo, como también reduce drásticamente la propagación de polvo por el tránsito vehicular, lo cual todo es nos con lleva a obtener un camino agradable para los distintos pobladores.

La estabilización química de los diferentes tipos de suelos es una técnica que trata al suelo natural dando como resultado en una base impermeable, resistente y flexible, no obstante, la técnica de estabilización exige estudios del suelo a tratar, dichos aditivos pueden ser de consistencia líquidos o sólidos o ambos.

En los últimos siglos en nuestro país se admitieron diferentes reglamentos respecto a las estabilizaciones de suelos conocidos como pavimentos económicos.

Citamos algunos antecedentes internacionales que mantienen semejanza con nuestro proyecto de investigación.

Según Fuentes (2013) de Concepción, Chile, en su investigación titulada "Estabilización de suelos en calzadas de Concepción con la sustancia química GT-24X", propuso un estudio experimental diseñado para determinar la aplicación de GT-24X en calzadas ordinarias tierra.

Para lograr estos objetivos, se preparó un conjunto de configuraciones mixtas entre suelo y GT-24X, y estas configuraciones se probaron para cada requisito para determinar el valor de CBR. Los resultados muestran que en los suelos tipo arcilla-arena que existen en este estudio, sus valores de CBR aumentan. Por el contrario, la función de los aditivos no se nota en el limo, porque no hay evidencia de que el valor CBR aumente.

Según Jurado y Clavijo de Quito (2016) en un estudio titulado "Estabilización de Suelos con Cemento Tipo MH para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del material de Subsuelo de la zona de talleres y cocheras de la PLMQ, sector Quitumbé", el autor concluyó en su investigación experimental que, para lograr la estabilización de la subrasante, se busca que sea con su propio material del

terreno, pero muchas veces esto se ve afectada por la presencia de suelos de baja capacidad portante, por lo que estos necesitan ser mejorados.

Por consiguiente, el autor opto por la estabilización con cemento tipo MH para la estabilización de suelos aplicando cemento al suelo natural, una de sus muchas ventajas en la aplicación de este producto es su bajo costo y su simplicidad en la ejecución.

Según Hurtado (2014) en la ciudad de México en su investigación titulada "Mejoramiento de suelos expansivos mediante inclusiones de Fibra" su investigación fue de tipo experimental, la cual tuvo como objetivo mejorar los suelos expansivos mediante la aplicación de fibras de polipropileno, la cual se aplicó de manera homogénea en todo el terreno a trabajar obteniéndose una masa la cual estabilizara el suelo, para esto se obtuvieron distintas muestras del terreno, lo cual se llevó al laboratorio para los distintos ensayos, como la compactación del tipo Proctor estándar y otros ensayos más, de los cuales los resultados de las ensayos fueron optimas , ya que se verifico que las fibras de polipropileno acrecentaron las propiedades físicos y mecánicos del suelo, como también se incrementó el valor del CBR y origina un excelente comportamiento, lo que le hace más dúctil frente a distintas ensayos en comparación a un terreno o suelo sin el polipropileno.

Según Rodríguez (2016) de la ciudad de Ambato, Ecuador, en su estudio titulado "Análisis comparativo de la compactación y humedad de lecho natural y lecho de la carretera utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil)", provincia de Cantón Quevedo Eco Road Los Ríos" su trabajo fue experimental, por lo tanto, realizaron calicatas cada 500 metros, de la cual obtuvieron diferentes muestras de suelo, a la cual se le adiciono diferentes porcentajes de aditivo.

Concluyeron que usar un buen pedido de una cantera para aumentar o estabilizar el material del suelo o el suelo es más costoso que usar aditivos estabilizadores porque elimina el transporte o acarreo de materiales.

A nivel nacional también hemos localizado trabajos de investigación que tenían como objetivo encontrar solución a nuestra realidad problemática, por lo cual nos interesó conocer estos resultados finales de sus investigaciones, por lo cual nos menciona:

De acuerdo con De la Cruz y Salcedo (2016) de Palian-Huancayo-Junín, en su estudio titulado "Uso de Eco-Road Aditivo 2000 para Estabilizar Suelos Cohesivos por Pavimentación", el tipo de estudio es explicativo. El nivel de investigación es descriptivo, analítica y experimental. La conclusión es que la aplicación del estabilizador Eco Road 2000 al suelo in-situ provocó cambios en la parte física y mecánica esto es gracias al aditivo que aumenta en gran medida la fase de dilatación y retracción para poder conseguir una estructura más firme.

En cuanto a las pruebas del CBR al aplicar el aditivo en las distintas muestras se llegó a tener suelos con más del 40% de CBR, también suelos con un CBR de 38.55%, 36.10%, 21.70%, en resumen, en comparación con la ausencia de aditivos, el uso de aditivos reduce el costo.

Según O' Diana (2016) de Lima, Perú, en un estudio titulado "Evaluación de Pavimentos con Suelo Estabilizado, Utilizando Aditivos Químicos, en la Zona de la Selva Baja", explicó que esta es una investigación de tipo experimental, lo cual el autor utilizó 3 tipos diferentes de aditivos los cuales fueron (Terrasil, con Aid y Sistema Consolid).

La aplicación de estos aditivos en el suelo da un aporte referente al costo aceptable, ya que minimiza en gran medida el costo de la inversión inicial para su construcción, para obtener este objetivo se han estabilizado mezclas de material de aporte (Cantera Tumba) y material de la sub rasante con aditivos químicos, logrando resultados de CBR óptimos.

Según Ríos (2017) en Tarapoto, Perú, en un estudio titulado "Uso de aditivos de emulsión de copolímeros para el diseño de pavimentos en la carretera Saposoa-Intiyacu", se concluyó que es necesario utilizar este aditivo como estabilizador de pisos, aunque incurrir en costos adicionales, por lo que la aplicación del aditivo Emulsión de Copolímeros incrementara o aumentara el costo de la ejecución del pavimento, pero al evaluarla con la duración que esta tendrá con un buena conservación periódica, nos permitirá incrementar la vida útil del pavimento de la carretera de Intiyacu.

Por otro lado, la utilización de este aditivo ayuda a cuidar el medio ambiente y protege la salud de los lugareños del caserío.

Según Sagastegui (2016) en su estudio titulado "La eficiencia de la protección vial, utilizando aditivos químicos en la superficie de rodadura de caminos sin pavimentar: Ascope-Contumazá", su investigación fue de tipo aplicada, porque realizaron pruebas de laboratorio y pruebas de campo. , de la cual se concluye que el aditivo Bischoffita se utiliza como estabilizador químico para carreteras sin asfaltar, ha tenido resultados significativos permitiéndonos obtener una carpeta de rodadura firme, como también disminuyendo la aparición de baches, propagación o levantamiento de polvo. Por ende, definió que este aditivo es eficaz estabilizando capas granulares, no obstante, hace una comparación carretera no pavimentadas añadida este aditivo con una carreta pavimentada y asegura que en cuanto calidad son muy parecidas.

Según un estudio de Leiva (2016) en la ciudad de Huancayo en su investigación titulada "Uso de bolsas de polietileno para mejorar el suelo de la calzada en Jr. Arequipa, km 0 + 000-km 0 + 100 progresivo, distrito de Orcotuna, Concepción" Cuando su investigación experimental determinó que el polietileno mejora la subrasante, por lo cual se realizaron diferentes pruebas y el aumento de CBR fue superior a lo aceptable, lo que este aditivo hace es optimalizar las características física y mecánicas, ya que se verifico que las muestras obtenidas del tramo contenían en gran medida arcilla.

Esto se debe a que la calzada es un piso de plástico, por lo que el autor decidió utilizar una bolsa de polietileno fundido para hacer que el suelo cambiara sus propiedades y obtuviera una mayor fricción, todo lo cual condujo a un aumento significativo de CBR.

Según Pinedo (2016) de Tarapoto, su investigación fue experimental y aplicada en su investigación titulada "Diseño de capas asfálticas modificadas con polímeros de polietileno para mejorar caminos en la nueva comunidad de Shupishiña Morales". la cual el autor determino que el valor de su CBR aumento, dando lugar a notorios cambios en sus propiedades y características del suelo, como son su resistencia y dando una mejor compactación.

Por lo que afirma que todos los impactos o daños que pueden afectar al pavimento, van a reducirse en gran medida gracias a la aplicación del polímero polietileno.

El autor hace una comparación de una carpeta asfáltica con polímero polietileno y superficie asfáltica tradicional, por lo que nos garantiza que la superficie asfáltica con polímero polietileno constará con propiedades que le otorgará mayor durabilidad y que se extenderá su vida útil notoriamente.

Según Salas (2017) de Juliaca-Perú en su título "Mejorar la cimentación de Puno-Tiquillaca desde el Km 11 + 000 hasta el Km 9 + 000 carretera-Mañazo mediante la adición de cemento y aditivos Terrasil para estabilizar el suelo", su tipo de investigación fue aplicada, este autor realizo diferentes ensayos de laboratorio que son capaces de determinar las diferentes propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Los resultados que obtuvieron fueron favorables, ya que incrementaron los valores del índice del CBR, incrementaron también la densidad del suelo, realizando la aplicación de distintas cantidades y porcentajes de aditivo, concluyeron que este aditivo es apto para todo tipo de suelos.

Según un estudio de Cristóbal (2015) de Lima, Perú, titulado "Estabilización iónica de suelos utilizando Terrasil en contratos de mantenimiento y protección

vial”, su objetivo de su investigación fue dar a conocer las ventajas técnicas, económicas y ambientales del aditivo químico Terrasil, para ello realizaron ensayos como Compactación Proctor modificado, CBR entre otros, los resultados fueron beneficiosos ya que garantizaron el uso del aditivo Terrasil como una forma no convencional de construcción de pavimentos.

A continuación, tenemos las teorías y enfoques que están vinculados a nuestro trabajo de investigación.

Según Sánchez (2016), menciono que:

La capa de subrasante es el factor más importante en la especificación del espesor de la capa de pavimento, por lo que la resistencia de la capa de subrasante a las cargas del tráfico se verá afectado por el tipo de suelo, densidad y humedad, durante su ejecución y durante su servicio.

Según Alicaresp (2019), en cuanto a la subrasante explico que:

Dependiendo de la calidad de esta capa, varia el espesor del pavimento, tanto rígido como flexible; dicha capa está sujeta a soportar o resistir las deformaciones causadas por las cargas de tránsito.

Por otro lado, nos recomienda tener en cuenta los efectos que podría producir la humedad al suelo, ya que esto genera cambios de volumen (hinchamiento - retracción), la cual producen grandes daños a las estructuras que se encuentren encima de estas, por tanto, al pavimentar el camino en este tipo de suelo, debemos limitar la expansión y la contracción del suelo, para ello debemos utilizar los aditivos para estabilizar el suelo.

La calzada según las normas AASHTO, (1993) lo define como:

Un soporte natural, preparado y compactado en el que se construirá el pavimento. El objetivo principal de la calzada es proporcionar un soporte estable.

Según el manual de carreteras (2013) nos indica que:

La subrasante es un suelo que debería ser reforzado, ya que esta puede verse perjudicada por la carga causada por el tránsito, por ende, ese suelo tiene que ser su $\text{CBR} \geq 6\%$. En caso que su CBR es menor se le considera subrasante pobre o subrasante inadecuada, por lo que el suelo deberá estabilizarse.

Ayala (2014), define el pavimento flexible como:

Una composición de subbase preparadas y compactadas a una densidad específica, subbase que se puede omitir según la calidad de la subrasante. Las capas de asfalto se forman sobre las bases y se forman por una mezcla de materiales bituminosos y agregados.”. (p. 2)

Norma Técnica de Edificaciones (2021)., afirmó que:

Todos los pavimentos flexibles constan de una capa de asfalto en la superficie portante, que permiten pequeñas deformaciones de la capa inferior sin dañar su estructura, así mismo menciona que el pavimento de concreto asfáltico está construido directamente sobre la sub rasante.

Ayala (2014), Dijo que:

El pavimento flexible es más económico en la implementación inicial, y su vida útil es de 10 a 15 años, por lo que necesita un mantenimiento continuo para lograr su vida útil.

La Norma Técnica de Edificaciones (2021), menciona:

Que la capacidad de la vía es la máxima cantidad de vehículos que esta debe soportar, por lo cual deberá ser diseñada geométricamente.

Según la Norma Técnica de Edificaciones (2021), indica que:

El agente estabilizador es el producto que se le añade al suelo con el objetivo de mejorar sus propiedades físicos – mecánicas

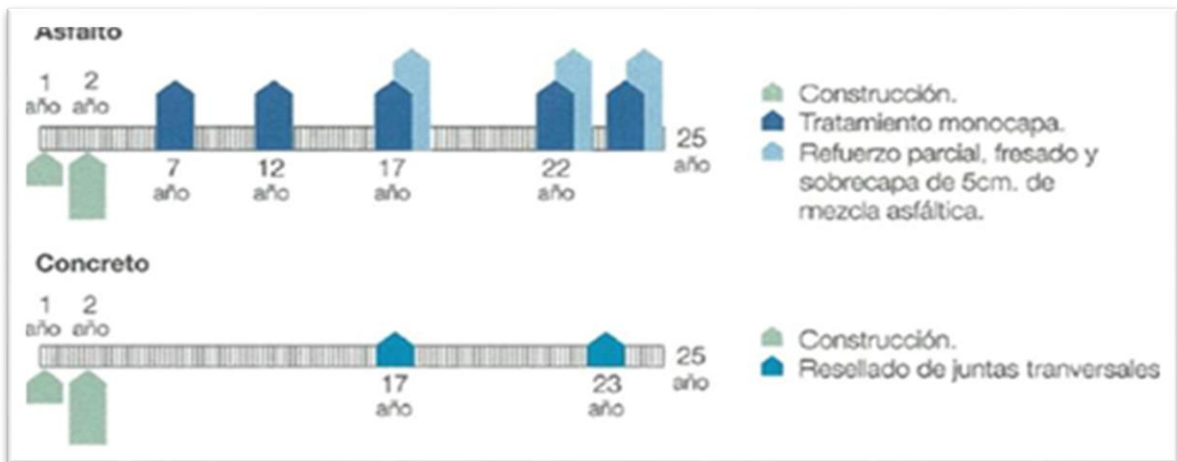


Figura 1. Esquema del ciclo de vida del pavimento de concreto vs asfalto.

Fuente: Duravia, (2011)

Según el Manual de carreteras (2013) explico que:

Un pavimento consta de varias capas, compuesto generalmente por la banda de rodadura, la capa de base y la capa de subbase construida en el lecho de la carretera, estas capas tienen como función soportar y repartir los esfuerzos causados por los vehículos.



Figura 2. Sección transversal - Pavimento flexible

Fuente: Bañón, (2000)

Según el Manual de carreteras (2013) explico que:

Un pavimento consta de varias capas, compuesto generalmente por la banda de rodadura, la capa de base y la capa de subbase construida en el lecho de la carretera, estas capas tienen como función soportar y repartir los esfuerzos causados por los vehículos.

Según el Manual de Carreteras (2013) nos dicen que:

La carpeta de rodadura o carpeta de desplazamiento se encuentra en la parte superior de la acera y que esta acera puede ser flexible o de hormigón de cemento Portland (rígido) o de adoquín, y su finalidad es soportar el tráfico.

Según el manual de carreteras, geología de suelos, geotécnica y pavimentos (2013), nos define claramente sobre la capa llamada base como:

La capa debajo de la carpeta rodante, que soporta, distribuye y transmite la carga causada por el tráfico. se indica que (CBR > 80%) o será tratado con asfalto, cal o cemento.

Según el manual de carreteras, geología de suelos, geotécnica y pavimentos (2013), nos define a la sub base como:

La capa soporta la capa base y la capa intermedia. Esta capa se utiliza como capa de drenaje y capa de control de la acción capilar del agua. se indica (CBR > 40%) o tratamiento de asfalto, cal o cemento.

El índice de CBR es una prueba de penetración que se utiliza para determinar la capacidad de carga del suelo, como la base y la subbase.

Por otro lado, el índice CBR también se define como el porcentaje de presión que ejerce el pistón sobre el suelo.

El costo de un pavimento, es el gasto producido por la construcción de la estructura de un pavimento. Este costo varía según el tipo de pavimento, por la calidad de materiales, y por el tipo de suelo, entre otros.

La impermeabilidad del suelo es cuando tiene los poros excesivamente diminutos, lo cual no permite que el agua pase por ahí.

El aditivo en este caso, el producto químico o mineral que cambia o altera las propiedades del material es el suelo.

Según el manual de carreteras, geología de suelos, geotécnica y pavimentos (2013), nos explica el objetivo de estabilizar el suelo:

Es incrementar las propiedades físicas de un suelo a través de la aplicación de diferentes aditivos químicos, naturales o sintéticos, todo esto se realiza, por lo general se ejecutan en subrasante inadecuado o pobre.

Sánchez (2016), nos indica que:

Hay muchas formas de mejorar los suelos, ya sea de tipo mecánico que es compactando el suelo, o reemplazando un material malo por uno bueno, como también mezclado dos materiales, con el propósito de conseguir propiedades deseables.

ISSUU (2016), Indica que:

La estabilización química, pueden ser de productos naturales o sintéticos, todo esto se ejecutan en suelos de subrasante inadecuado o pobre.

Escaip (2012), Explique que:

El uso de estabilizadores iónicos para estabilizar químicamente el suelo se basa en la aplicación de aditivos químicos inocuos. Estos aditivos cambian la estructura molecular de la película de agua adherida a los elementos que forman el suelo, generando electricidad para hacer que las partículas se junten, por lo que obtenemos un suelo más denso con mayor capacidad de carga sin deformación.

RMS Chile (s.f.) indico que:

Este estabilizador Iónico de Suelos (ISS 2500) puede emplearse en suelos de baja capacidad portante e índices de plasticidad, al aplicarse al suelo produce una máxima compactación generando un aumento del CBR, por lo que esto impide la reabsorción del agua en el terreno, evitando la formación de barro, baches, calaminas y otras patologías, así reduciendo costos de mantenimiento y generando ahorros económicos significativos, este aditivo también conserva y cuida el medio ambiente.

Sotelo y Bravo (sf) describe ISS 2500 como:

Un estabilizador que puede mejorar significativamente las propiedades del suelo en términos de compactación, resistencia y absorción de agua.

DSG SAC (2017) indicó que:

El estabilizador ISS 2500 se aplica al suelo existente (in-situ), así evitando reemplazar el suelo, por lo que esto origina un ahorro económico de hasta 75% en comparación a los métodos tradicionales de construcción y conservación de caminos, este aditivo también se emplea en la infraestructura y supraestructura.

Características físicas del aditivo ISS 2500

Tabla 1. *Características físicas del aditivo ISS 2500.*

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ADITIVO ISS 2500	
Forma	Aceitoso
Color	Oscuro
Punto de inflamación	No inflamable
PH	<2
Propiedad explosiva	No explosivo
Densidad	1.14 g/ml
Temperatura de almacenamiento	5-60°C

Fuente: Propio del Autor

Tabla 2. *Dosificación mezclada del ISS 2500*

DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA	
Agua	ISS 2500
Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación	0,03 Lt/M2 (dosis estándar) 0,04 Lt/M2 (suelos de alta plasticidad)

Fuente: Propio del Autor

Sotelo y Bravo (s.f.) explico sobre el uso correcto del aditivo ISS 2500:

1. Primero se hace el rpiado o escarificado, para esto utilizaremos una moto niveladora para preparar el área o suelo que será estabilizada, para ello se excava el terreno hasta una profundidad de 15-20 cm.
2. Luego se añade el ISS 2500 mezclada con agua, para lograr una óptima humedad para obtener una buena compactación.
3. Enseguida se dispersa el material y se va mezclando con la ayuda de un disco de arado hasta lograr un contenido de humedad igual en todo el terreno.
4. Después Compactar el área para obtener la densidad especificada, se recomienda que sea con un compactador vibratorio, de 10 toneladas como mínimo; puede emplearse agua para conservar la superficie húmeda.
5. Por último, una vez acabada la construcción de camino echar agua levemente 2 veces diarias, en un lapso de 2 o 3 días después de finalizar la obra.



Figura 3. Carreteras tratadas con ISS 2500

Fuente: DSG SAC, (2017)

Según Optimasoil (2016), explica la descripción del producto TERRASIL como: El aditivo que interactúa muy bien con todo tipo de suelo, y su propósito es impermeabilizar o repeler el agua, eliminando así la hinchazón, para poder evitar los problemas ocasionados cuando estamos frente a la acción del agua.

La permeabilidad es cuando un suelo permite el paso del agua a través de su capilaridad, por lo cual, este aditivo nos permite transformarnos de suelo inestable a suelo estable de determinada manera, por lo que no produce pérdida de porosidad, por el contrario, aumenta CBR, mejora la adherencia del polímero, y elimina Arcilla Hinchable, todo lo cual nos permite reducir el espesor de la capa, minimizando así el costo.

Tabla 3. *Características físicas del aditivo Terrasil*

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ADITIVO TERRASIL	
Forma	Líquida
Color	Rojizo pálido
Punto de inflamación	>90 °C
Punto de ebullición	200 °C
Propiedad explosiva	No explosivo
Densidad	1.04 g/ml
Viscosidad (25°C)	100 – 500 cps

Fuente: Propio del Autor

Tabla 4 Dosificación mezclada del Terrasil

DOSIFICACIÓN MEZCLADA	
Agua	Terrasil
Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación	0,2-1 kg/m ³

Fuente: Propio del Autor

Según BREM S.A.C (2018), nos indica el procedimiento de cómo aplicar el aditivo TERRASIL:

1. Este aditivo impermeabilizante se tiene que mezclar con agua según la dosificación indicada
2. Luego presionamos la tierra existente, y luego regamos la solución 1: 300. 3L / m² se divide en dos etapas. Riego-Secado-Riego
3. Luego verificamos la impermeabilidad, así como los datos de humedad y las características del material a estabilizar.
4. Luego mezclamos Terrasil con el agua necesaria para lograr la mejor humedad de compactación.
5. Para finalizar hacemos su nivelación, bombeos y pendientes, y luego compactamos al 100%, y por último el riego de sellado 1:300 de Terrasil, Luego verificamos su impermeabilidad.

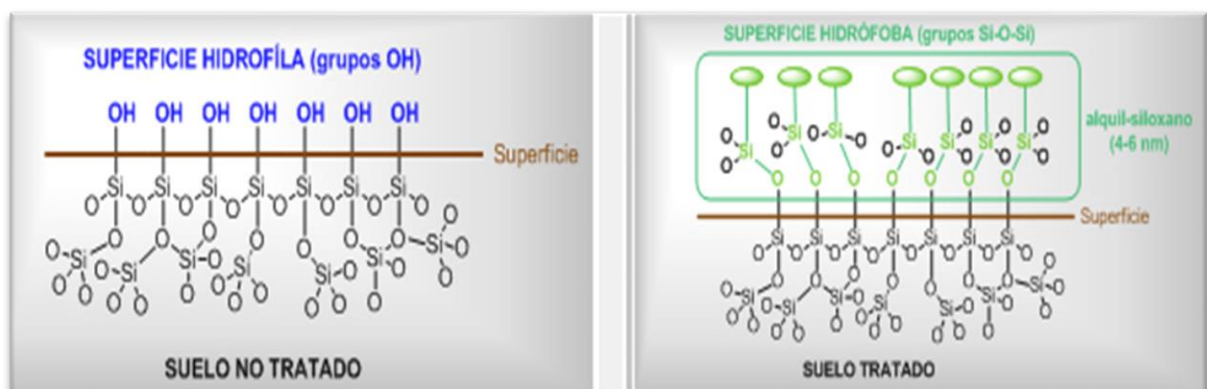


Figura 4. Acción del Terrasil en el suelo

Fuente: BREM S.A.C

A continuación, daremos a conocer algunas Ventajas Técnicas al utilizar el aditivo TERRASIL

1. Este aditivo incrementa el índice de CBR, que nos muestra que la capacidad de carga del suelo depende de su estado, densidad y humedad, Por tanto, al aplicar aditivos estabilizadores, obtendremos suelo sin humedad, por lo que el roce entre partículas de suelo es la más alta, por tanto, se optimizan las propiedades mecánicas del suelo, lo cual está relacionado con la compresión.

El objetivo principal de la compactación es eliminar los espacios vacíos, incrementando su capacidad de soporte.

2. BREM SAC, (2018), menciona que este aditivo incrementa la densidad del suelo indica el grado de compactación, por lo que si intentamos aumentar la densidad aumentaremos la resistencia superficial del terreno donde se construirán caminos o proyectos.

El suelo tratado con Terrasil tiene mayor densidad y menor energía de compactación.

3. El aditivo evita la absorción de agua, lo cual genera que el suelo sea repelente al agua, eliminando la absorción por capilaridad, por lo tanto, garantiza que el suelo se mantenga seco.

4. Este aditivo mantiene la transpirabilidad, por lo que no obstaculizarán la porosidad del suelo, ya que esta es de vital importancia, por lo que su finalidad es permitir que los suelos sostengan la transpirabilidad, por lo que permitirá que el agua se elimine evaporándose, por otro lado, rechaza la entrada de agua.

5. Este aditivo disminuye el efecto de hielo-deshielo, por lo tanto, garantiza que el suelo tiene un comportamiento estable en ausencia de agua, por lo que el suelo sin humedad no se verá afectado por la expansión y contracción del

ciclo de congelación-descongelación, pues esto afectará la pérdida de densidad del suelo, lo que provocará fallas superiores.

6. El aditivo TERRASIL disminuye la expansión del suelo. La capacidad de hinchamiento del suelo depende en gran medida de sus propiedades; si la arcilla cambia el contenido de agua, el cambio de volumen puede ser grande. Por lo tanto, este aditivo Terrasil evita que el agregado se moje, dando como resultado un suelo con un hinchamiento mínimo o inexistente.

A continuación, daremos a conocer algunas Ventajas Económicas al utilizar el aditivo TERRASIL

1. Una de las ventajas es el costo, en comparación de una estabilización con cemento y mucho más barato que el costo de agregar material de cantera.
2. Reduce los espesores en los diseños, de este modo, se consiguen reducciones de espesores en material importado de hasta un 80% de reducción.
3. Alarga el ciclo de vida / reduce los mantenimientos, al tener una subrasante, subbase o base estabilizados e impermeabilizados con este aditivo, nos asegura que la fatiga se retrasará de forma considerable, por lo tanto los costos de mantenimiento disminuyen.
4. Permite el uso de suelos marginales, cuando existen suelos no aptos para su uso en obra civil, el costo de transporte y reemplazo se multiplica, por esta razón con este aditivo se puede tratar suelos marginales aumentando su CBR, hinchamientos, fatigas, etc.

Enseguida mostraremos algunos Ensayos básicos a considerar para un suelo de fundación:

1. Análisis Granulométrico de Suelos por tamizado:

El propósito es obtener el porcentaje de suelo que pasa la serie de diferentes tamices utilizados en la prueba, hasta 0,74 cm (No. 200).

Esta manera de operar no garantiza la seguridad, por lo tanto, es responsabilidad del laboratorista determinar los términos de seguridad y salubridad.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅝"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Figura 5. Cuadro del tamaño de tamices

Fuente: MTC, Manual de Carreteras, (2016)

- Porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200):

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- Porcentaje retenido sobre cada tamiz:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

2. Cálculo del contenido de humedad de un suelo:

Según el MTC (2016) indica que el contenido de humedad de un suelo es el cociente, entre el peso del agua y el peso de las partículas secas, representado en porcentajes.

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Secado al Horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Dónde:

W = es el contenido de humedad (%).

M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo en gramos.

M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno en gramos.

M_c = es el peso del contenedor en gramos.

M_w = es el peso del agua en gramos.

M_s = es el peso de las partículas sólidas en gramos.

3. Determinación del límite líquido de un suelo (LL):

Según MTC (2016), el límite líquido es el contenido máximo de humedad del suelo, expresado como porcentaje.

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \text{o} \quad LL = K \times W^n$$

Dónde:

N = números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

W^n = contenido de humedad del suelo.

K = factor dado en la figura 06.

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Figura 6. Numero de golpes en relación a su factor de limite plástico

Fuente: MTC, Manual de ensayos de materiales, (2016)

4. Determinación del límite plástico de un suelo (LP) e índice de plasticidad (IP)

Según el MTC (2016) denomina al límite plástico como la capacidad para poder formar barras rodando el suelo entre las manos, y el producto será una barrita de una medida de 0.32 cm de diámetro, sin que dichas barritas se rompan.

✓ **Determinación del límite plástico:**

$$\text{LÍMITE PLÁSTICO} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Secado al Horno}} \times 100$$

✓ **Cálculos de índice de plasticidad (IP):**

$$I.P = L.L - L.P$$

Dónde:

L.L = Limite plástico

P.L = Limite plástico

L.L y L.P; son números enteros

Tabla 5. *Clasificación de suelos según el índice de plasticidad.*

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
7 < IP < 20	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Propio del Autor

5. California Bearing Ratio (CBR):

Esta prueba se utiliza para determinar la resistencia potencial de los lechos de las carreteras, la subbase y los materiales base, incluidas muestras penetrantes para verificar las propiedades mecánicas del suelo.

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 Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Figura 7. Categorías de la subrasante

Fuente: MTC, Manual de ensayos de materia

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Según Hernández, R. (2016), nos dijo que:

El propósito básico del diseño de investigación es realizar tres funciones principales, tales como, proporcionar las tácticas idóneas para hacer frente a las formulaciones de los problemas.

También aceptar la comprobación del cumplimiento de los objetivos y por ultimo admite la comprobación de la verdad o falsedad de las hipótesis, por ende, la mayoría de los investigadores concluyeron que:

El verdadero descubrimiento de la investigación surgió cuando Fisher ideó los 2 diseños factoriales.

- El primero es una variable independiente que puede ser manejada de modo experimental de acuerdo a la situación que se encuentre el experimentador, teniendo en cuenta que esta variable influenciara ala variable dependiente.
- Segundo que estas variables independientes se pueden manipular de modo independiente, y si se desea se puede evaluar sus efectos aislado y combinados.

Entonces, el método utilizado en este proyecto de investigación es el método científico.

Tipo de investigación:

Según Hernández, R. (2016), Nos menciona sobre el tipo de investigación:

La investigación aplicada busca saber qué hacer en general, incluye todo lo relacionado con el campo socio-técnico, y su propósito es inducir y / o planificar cambios para resolver problemas o tomar medidas sobre algún aspecto de la realidad social.

En nuestro proyecto de investigación, el tipo de investigación será aplicada, porque intentará resolver problemas reales, será transversal, porque ocurrirá en un tiempo corto y definido; y cuantitativo, porque puede cuantificar las ganancias del resultado.

Según Hernández, R. (2016), define al nivel de estudio como:

El grado de intensidad, este estudia algunos hechos de la realidad. En este proyecto, **el nivel de investigación será explicativo** porque intentaremos explicar cómo una variable afecta a otra variable.

Diseño de investigación

Según Hernández, R. (2016), define a la investigación no experimental como:

Aquella que se da sin operar intencionadamente las variables. Su objetivo principal es observar fenómenos que ocurren en la realidad para que puedan ser estudiados posteriormente.

En este proyecto, el diseño de la investigación será no experimental y transversal, ya que la recolección de datos se lleva a cabo en un momento específico y único.

3.2 Variable, Operacionalización

Variables

Baena, P. (2014), explica acerca de las variables dependiente e independiente que son:

Elementos que pueden darse entre individuos, Por lo que la determinación de la variable significa tomar en cuenta los aspectos, características, propiedades de una causa que puede asumir distintos valores, en consecuencia, para operativizar las variables, tenemos que saber precisar valores, como también considerar su definición nominal, real y operativa.

Clasificación de la variable:

Variable independiente: esta variable manifiesta los principios básicos del fenómeno.

Variable dependiente: esta variable manifiesta las consecuencias de los fenómenos.

Operacionalización de la variable:

En cuanto al desarrollo de mi proyecto de investigación, mis variables son:

- ✓ Variable dependiente: Diseño del pavimento flexible.
- ✓ Variable independiente: Aditivo Terrasil.

3.3 Población y muestra

Población:

Según Hernández, R. (2016) nos dice que:

La población es necesaria a la hora de establecer objetivos de investigación, es primordial partir de la identificación de la población que se va estudiar, Lo cual puede ser todo aquel elemento, como por ejemplo (persona, animal, objetos, sucesos, fenómeno etc.).

Para este proyecto de investigación **la población esta simbolizado por todas las avenidas del sector de Cajamarquilla en el distrito de Lurigancho – Chosica.**

Muestra

Según Hernández, R. (2016) nos dice que:

La muestra es una porción representativa de una cantidad en base a una población ya determinada.

Para este proyecto de investigación la muestra será el tramo más crucial, reconocido de la Av. Cajamarquilla en el distrito de Lurigancho – Chosica.

Los criterios de selección fueron:

- mayor ocurrencia de baches.
- Mayor transitabilidad.

Muestreo

Según Hernández, R. (2016) explica que:

El muestreo no probabilístico es la forma que permite escoger una muestra con una clara intención o por un criterio preestablecido, con la cual determinaremos la representación de una población.

Para nuestro proyecto de investigación el muestreo es no probabilístico, ya que se seleccionó intencionalmente a la población de estudio.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Hernández (2016), nos explica que:

A partir de nuestras preguntas e hipótesis de investigación, determinamos que las técnicas y herramientas para la recolección de datos serán diferentes en cada caso, por lo que La forma de recolectar los datos no llevan a elaborar

un plan detallado de procesos, por lo cual obtendremos reunir todos los datos necesarios para nuestro propósito específico.

Los datos pueden ser sacados de persona, documentos, archivos y base de datos, toda esta información se puede extraer de observaciones.

Dicha información obtenida tiene que garantizar los procedimientos que haremos, el método utilizado debe de ser confiables y válidos.

En resumen, las técnicas y herramientas de recopilación de datos que usaremos en el documento son las siguientes:

Técnicas de Recolección de Datos:

En este proyecto de investigación se utiliza tecnología de observación directa, la cual se realizó visitas al lugar con el objetivo de identificar la zona más crucial o afectada de la Av. Cajamarquilla y los ensayos de laboratorio.

Instrumentos de investigación:

Según Valderrama, S. (2013), nos manifiesta que:

Un instrumento se define como un mecanismo de anotación que utilizan los investigadores para recoger la información obtenida.

Para este proyecto de investigación, el instrumento es una tarjeta de anotación de datos, así como los resultados de las pruebas de laboratorio.

Tabla 6. *Técnicas e Instrumentos de mi Investigación.*

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	FUENTES
Observación directa	Cedula de anotación de datos	Av. Cajamarquilla en el distrito de Lurigancho – Chosica
Ensayos de laboratorio	Resultados de ensayos de laboratorio	Labor realizado en gabinete con respaldo de la Normativa (NTP–AASHTO)

Fuente: Propia del Autor

- Obtención en laboratorio de muestra representativa (cuarteo manual)
- Contenido de humedad del suelo
- Clasificación y análisis de suelos mediante cribado
- CBR (Tasa de soporte de California) para compactación de suelo en laboratorio.

Validez

Según Hernández (2016), la validez es el grado de confianza relacionado con la confiabilidad o falsedad de una encuesta.

Tabla 7. Rangos y Magnitudes de Validez.

RANGOS	MAGNITUDES
0.81 – 1.00	Muy alta
0.61 – 0.80	Alta
0.41 – 0.60	Moderada
0.21 – 0.40	Baja
0.01 – 0.20	Muy baja

Fuente: Propia del Autor

Tabla 8. Coeficiente de Validez por juicios de expertos.

Validez	Ing. Efraín Vidal Rodríguez Falcón	Ing. Emilio Martín Espino Niño	Ing. Víctor Edwin Escalante Fachin	Promedio
V1: Diseño del pavimento flexible	0.86	0.88	0.91	0.88
V2: Aditivo Terrasil	0.89	0.92	0.90	0.90
Índice de validez				0.89

Fuente: Propia del Autor

Para nuestro proyecto de investigación, el instrumento utilizado fue juzgado por expertos y evaluado por tres ingenieros civiles calificados. El puntaje de verificación

fue de 0.89. Por lo tanto, según el rango de validez y la escala, su calificación es de un nivel muy alto. Instrumento.

Confiabilidad

Valderrama, S. (2013) señaló que:

La confiabilidad de una herramienta se refiere a la puntuación obtenida cuando la herramienta se utiliza por segunda vez en condiciones similares. En nuestro proyecto de investigación, no se realizó ningún estudio de confiabilidad porque nuestros instrumentos son el resultado de pruebas de laboratorio, no cuestionarios.

3.5. Procedimiento

Descripción de la zona de estudio

Informe topográfico

El objetivo de este informe es establecer vértices para una Poligonal de apoyo que sea permanente y duradera, por lo tanto, se debe elaborar fichas descriptivas de cada punto de la poligonal, para su fácil ubicación.

- **Curvas de nivel Principales cada 0.50m.**
- **Curvas de nivel Secundarias cada 1.00m.**

Ubicación Geográfica

Lurigancho Chosica geográficamente está localizado en la parte este del departamento de lima, entre las coordenadas $11^{\circ} 57' 39''$ sur y $76^{\circ} 45' 48''$ oeste, teniendo como límites:

- Por el Norte: con el distrito de San Antonio de Chaclla.
- Por el Este: con el distrito de Santa Eulalia.
- Por el Sur: con los distritos de Chaclacayo y Ate.
- Por el Oeste: con el distrito de San Juan de Lurigancho.

Nuestro proyecto de investigación se ubica en las siguientes coordenadas UTM: 8668955 280453 18L.

Nombre Del Proyecto


Diseño de la subrasante para pavimentos, con el uso del Aditivo Terrasil, en la Av. de Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima 2018.

Ubicación del proyecto

La Av. Cajamarquilla se ubica en el distrito Lurigancho-Chosica a una altitud de 850 metros, con un área territorial de 1018,37 kilómetros cuadrados, una población estimada de 240,814 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional del 5,23%, según el X censo poblacional y V de Vivienda del año 2007.

Clima

La zona de Lurigancho-Chosica tiene un clima soleado casi todo el año, pero por su cercanía a las montañas, a veces llueve.

Parámetros climáticos promedio de Chosica  [ocultar]													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	28.6	29.6	32.5	32.2	31.3	28.8	29.3	28.4	31.2	29.1	27.8	28.2	32.5
Temp. máx. media (°C)	27.1	27.1	28.4	28.7	25.3	24.4	23.9	23.9	26.2	25.6	26.3	26.4	26.1
Temp. mín. media (°C)	18.3	18.2	19.9	19.9	16.2	15.6	14.3	13.9	17	17.7	16.7	17.4	17.1
Temp. mín. abs. (°C)	16.7	17.5	17.3	17.7	13.7	13.4	12.3	12.6	13.4	13.2	15.6	16	12.3
Precipitación total (mm)	-	23.2	8.8	29.2	0	0	0	0	0	1.4	0.6	0.4	63.6

Fuente: Servicio Nacional Meteorológico e Hidrológico¹

Figura 8. Clima promedio de Chosica

Fuente: Plan de gobierno municipal de Lurigancho-Chosica

Topografía y tipo de suelo

El terreno principal del área donde se ubica el proyecto es llano y casi no hay cerros por estar ubicado en una llanura.

El terreno de suave pendiente no es propicio para la evacuación del exceso de agua en caso de fuertes lluvias.

Altura sobre el nivel del mar

La Av. Cajamarquilla, Lurigancho - Chosica, ocupa una superficie de 236.47Km.², y se encuentra a una altitud aproximada de 850 m.m.s.m.

Levantamiento topográfico

Es ejecutado por una brigada de 3 profesionales para levantamientos, monumentación, georreferenciación y soporte.

- 01 Estación Total Trimble 3605 DR (Precisión 5”).
- 01 Nivel Topcon Automático.
- 01 GPS MAP 60 CSX Garmin.
- 02 Miras de aluminio retráctil de 05 M.
- 02 Porta prismas.
- 02 Prismas.
- 01 Wincha metálica 5 m.
- 01 Brújula.
- 05 Radios de Intercomunicadores marca Motorola.

Desarrollo del levantamiento topográfico

El trabajo de topografía se realiza según los objetivos determinados, por lo que se realiza por etapas, que se detallarán a continuación

Traslado

El personal asignado a la fase de monumento y / o referencia y la fase de levantamiento topográfico fueron reubicados por vía terrestre y con recursos propios los días 24, 25 y 26 de noviembre de 2018.

Fase de campo

En esta etapa se recolecta toda la información necesaria obtenida en el lugar, para que los trabajadores asignados cuenten con las herramientas, materiales y equipos adecuados para lograr el mejor desempeño. Trabajaron en el lugar los días 24, 25 y 26 de noviembre de 2018. Fecha de trabajo proyecto de levantamiento topográfico completado.

Finalización de las labores de campo

En la tarde del 26 de julio de 2017, el líder del levantamiento topográfico y el líder del proyecto sostuvieron una reunión de coordinación in situ y reunión de trabajo de cierre; cuestiones relacionadas con la finalización del trabajo de campo encargado y el plazo para la presentación del informe final del levantamiento topográfico de se discutió el proyecto.

Gabinete

Toda la información recogida en el campo ha sido trabajada en la oficina.

Planos:

Para realizar el plan se utilizó el programa Autodesk Civil 3D versión 2014, que nos ayudó a generar curvas de nivel y desarrollar el plan descrito en este informe.

Estudio de tránsito

Para iniciar con la exploración del suelo primero tuvimos que identificar la ubicación del lugar, luego hicimos un recorrido a lo largo del tramo de la Av. Cajamarquilla, identificando así los distintos tipos de suelos que pueda haber, luego identificar los movimientos que se realizan en la zona y comprender el flujo anual promedio diario de cada modelo, a fin de recopilar información para su diseño posterior.



Figura 9. Tramo de la Av. Cajamarquilla

Fuente: Elaboración propia

Tránsito

Aquí, determinaremos la cantidad de vehículos, la cantidad de ejes y el peso, porque estos factores afectarán el diseño de la carretera.

Para el diseño de la superficie de la carretera, debemos determinar el volumen de tráfico, el volumen de tráfico diario promedio, la composición del tráfico y el número de ejes de diferentes pesos que circulan por la carretera durante el período de diseño.

Métodos de conteo

Este método de conteo se puede efectuar de manera manual o automática.

- Método manual: Este método nos otorga datos más reales durante un lapso de tiempo corto, por lo tanto, necesita tener un buen número de personal, el

cual tiene que hacer un conteo manual anotando el paso de cada vehículo por hora, todo esto debe registrarse en hojas.

- Método automático: Este método de conteo puede ser de tipo neumático, cuya finalidad o propósito es que el vehículo al pasar pise un tubo de goma extendido sobre la superficie de rodadura, transmite el pulso a la membrana que cierra el circuito.

Para el desarrollo del proyecto utilizaremos el método manual.

Personal de trabajo

Se trabajó con el siguiente personal:

- 1 entrevistador.
- 1 clasificador.

Punto de control

Puntos Principales: Son puntos en una parte homogénea y representativa, y este control debe realizarse mensual, semanal o diario.

Para realizar el conteo vehicular nos situamos en un punto estratégico de la av. Cajamarquilla, a este punto denominaremos Empalme.

Trabajo de campo

El conteo vehicular se realizó apuntando el paso de cada vehículo por hora durante el día, por un lapso de periodo de 7 días.

Clasificación de vehículos

De acuerdo con la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, los vehículos permitidos en las carreteras peruanas se clasifican como:

- Automóvil y Mototaxis
- Ómnibus
- Camión o Tractor Camión
- Semi-Remolque
- Remolque
- Combinación de Tractor y Semi-Remolque

Pesos de los vehículos

Están considerados los siguientes pesos:

- **Peso Bruto:** Es la suma del peso del vehículo más la carga que transporta.
- **Peso Admisible:** Es la carga máxima por eje permitido para diferentes tipos de carreteras.

Eje de los Vehículos

- **Eje Simple:** El eje delantero de 7 toneladas está compuesto por 2 neumáticos y el eje trasero está compuesto por 4 neumáticos; el peso permitido es de 11 toneladas.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) indica:

Para calcular el peso transportado por cada eje y el número de ejes para cada tipa de camiones pesados, se deberá hacer un estudio de cargas.

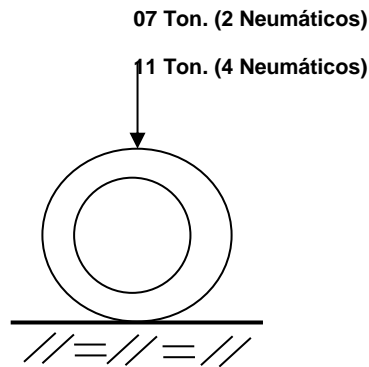


Figura 10. Eje simple

Fuente: Elaboración propia

- **Eje Doble o Tandem:** Es una combinación de dos ejes, donde la distancia entre sus centros es mayor de 1,20 m y menores de 2,40 m. El peso permitido es de 18 toneladas.

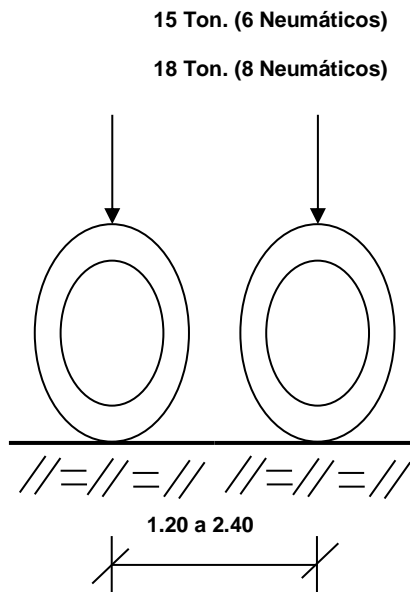


Figura 11. Eje doble

Fuente: Elaboración propia

- *Eje Triple:* es la agrupación de tres ejes en el que la distancia entre centros de los extremos es superior a 2.40 m e inferior a 3.60 m. El peso admisible es de 25 toneladas.

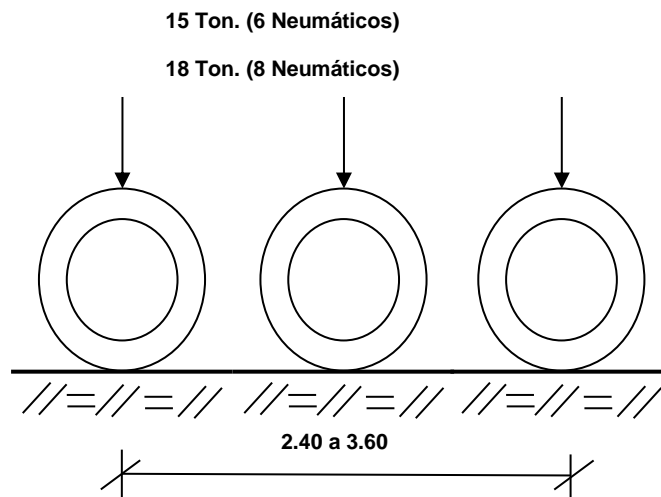


Figura 12. Eje triple

Fuente: Elaboración propia

Simbología de los vehículos

Tabla 9. La clasificación de los vehículos según el MTC

SIMBOLOGÍA	NOMBRE DE VEHÍCULOS
Ap	Automóvil para pasajeros.
Ac	Vehículo pequeño para carga.
B	Ómnibus
B2	Ómnibus de 2 ejes
B3	Ómnibus de 3 ejes
B4	Ómnibus de 4 ejes
BA	Ómnibus Articulado
C	Camión
C2	Camión de 2 ejes
C3	Camión de 3 ejes
C4	Camión de 4 ejes
T	Tractor-Camión o Remolcador
T2	Tractor-Camión o Remolcador de 2 ejes
T3	Tractor Camión o Remolcador de 3 ejes
S	Semi-Remolque
S1	Semi Remolque de 1 eje
S2	Semi Remolque de 2 ejes
S3	Semi Remolque de 3 ejes
R	Remolque
R2	Remolque de 2 ejes
R3	Remolque de 3 ejes
R4	Remolque de 4 ejes
RB	Remolque Balanceado
RB1	Remolque Balanceado de 1 eje
RB2	Remolque Balanceado de 2 ejes
RB3	Remolque Balanceado de 3 ejes

Fuente: Elaboración propia

Factor direccional y factor carril

Según MTC, el tráfico en los carriles de diseño de carreteras se basará en el porcentaje o factor de ponderación aplicado a IMD, teniendo en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles en cada carretera.

Factor direccional y factor carril

Según MTC, el tráfico en los carriles de diseño de carreteras se basará en el porcentaje o factor de ponderación aplicado a IMD, teniendo en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles en cada carretera.

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Figura 13. Tabla de factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013)

Para nuestro diseño de pavimentos tomaremos los valores de 1 calzada en dos sentidos, cada sentido tiene 1 solo carril.

Tasas de crecimiento y proyección

Según MTC, el crecimiento del tráfico se calcula por separado

- Tránsito de vehículos de pasajeros.
- Tránsito de vehículos de carga.

La tasa de crecimiento del tráfico anual está entre el 2% y el 6%.

El pronóstico de crecimiento del tráfico también se puede dividir en dos partes, como se muestra a continuación:

Los automóviles de pasajeros crecen más o menos con la tasa de crecimiento anual de la población, mientras que los camiones crecen más o menos con la tasa de crecimiento económico.

$$T_n = T_o (1+r)^{n-1}$$

Dónde:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día

n = Número de años del período de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE)

Para encontrar el valor de EE, se recomienda implementar el estándar simplificado del método AASHTO y aplicar la siguiente relación a vehículos pesados, autobuses y camiones:

Tabla 10. Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para pavimentos flexibles.

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})	Peso (Tn)
Eje Simple de ruedas simples	$EE_{S1} = [P / 6.6]^4$	7
Eje Simple de ruedas dobles	$EE_{S2} = [P / 8.2]^4$	10
Eje Tándem de ruedas dobles	$EE_{TA} = [P / 15.1]^4$	16
Ejes Tándem de ruedas dobles	$EE_{TR} = [P / 22.9]^4$	21

P = peso real por eje en toneladas

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013)

Módulo de Resiliencia (MR)

Según MTC, nos dice que el módulo de resistencia es el valor de rigidez del suelo de la subrasante.

Confiabilidad (%R)

Según MTC, muestra que representa la forma en que se comporta la estructura durante su diseño, ya que un crecimiento de tráfico mayor al esperado reducirá la vida útil del pavimento.

Un mayor nivel de confiabilidad aumentará el espesor de la estructura del pavimento.

Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Según MTC, significa que la desviación estándar normal (Zr) representa el valor de confiabilidad.

Desviación Estándar Combinada (So)

Es un valor que tiene en cuenta la variabilidad esperada de las previsiones de tráfico y otros factores que afectan el comportamiento de la carretera.

Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Es una representación de la comodidad del flujo de tráfico brindada a los usuarios. Su valor va de 0 a 5.

Numero Estructural Requerido (SNR)

Esto representa el espesor total del pavimento a colocar.

Cálculo para el diseño de pavimento flexible

- Periodo de diseño de 20 años
- Tasa anual de crecimiento 5%

Según el MTC Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%.

Fórmula para el diseño de la estructura del pavimento:

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN}+1) - 0.2 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{log}_{10} (M_R) - 8.07$$

A. Hallando la cantidad de vehículos por día según el tipo (IMDs)

- $\text{IMD}_s = \Sigma V_i / 7$ Estación Principal
- $\text{IMD}_a = \text{FC} \cdot \text{IMD}_s + \text{IMD}_s$

Dónde:

V_i : Volumen Vehículos diarios para cada uno de los 7 días contados.

FC: Factor de Corrección Estacional

IMDa: Índice Medio Diario Anual

IMDs: Índice Medio Diario semanal de la muestra vehicular.

Tabla 11. Resultado del Índice Medio Diario semanal de la muestra vehicular.

TIPO DE VEHÍCULO	L	M	X	J	V	S	D	TOTAL	IMDS
AUTO	101	93	93	92	94	88	51	612	87
PICK UP	110	125	120	124	126	115	62	782	112
COMBI	67	65	66	64	89	90	36	477	68
MICRO	90	90	89	90	44	41	78	522	75
BUS (B2)	45	43	47	44	48	43	36	306	44
BUS (B3)	48	47	48	46	41	33	35	298	43
CAMION (C2)	40	40	41	40	41	33	14	249	36
CAMION (C3)	33	36	35	38	35	30	0	207	30
TOTAL, DE VEHÍCULOS QUE PASAN EN 1 DÍA (Veh/día)								495	

Fuente: Propia del Autor

IMDS_{Nov-2018} = 495 Veh/día

El factor correccional varía entre $10 < Fe < 14$

Vamos a considerar un factor de corrección del 13%

B. Hallando el factor de crecimiento acumulado (Fca)

$$\text{FACTOR Fca} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Dónde:

r= Tasa anual de crecimiento

n= Periodo de diseño

El factor de crecimiento acumulado (Fca.) calculado es Fca.= 33.07

Según MTC, el período de diseño es de 20 años, la tasa de crecimiento anual es del 5% y su factor de crecimiento acumulativo (Fca) será de 33.06.

- Comprobando valores
 Fca= 33.07 (según calculo)
 Fca= 33.06 (según MTC)

Para el diseño de nuestro pavimento se usará el Fca= 33

C. Hallando el índice medio diario anual (IMDa)

Tabla 12. Resultado del índice medio diario anual (IMDa) para cada tipo de vehículo

	AUTO	PICK UP	COMBI	MICRO	BUS 2E	BUS 3E	CAMIÓN 2E	CAMIÓN 3E
IMDS	87	112	68	75	44	43	36	30
FC %	0.13	0.13	0.13	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
IMDa 2018	98.31	126.56	76.84	84.75	49.72	48.59	40.68	33.9

Fuente: Propia del Autor

IMDa₂₀₁₈= 560 Veh/día

D. Hallando las tasas de crecimiento y proyección

- Para IMDa 2021:

Tabla 13. Resultado de las tasas de crecimiento y proyección para el año 2021

	AUTO	PICK UP	COMBI	MICRO	BUS 2E	BUS 3E	CAMIÓN 2E	CAMIÓN 3E
IMDa 2018	106.14	136.64	82.96	91.5	53.68	52.46	43.92	36.6
r= 5%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
n= 3 años	15	15	15	15	15	15	15	15
IMDa 2021	108.39	139.53	84.72	93.44	54.82	53.57	44.85	37.37

Fuente: Propia del Autor

IMDa₂₀₂₁= 617 Veh/día

- Para IMDa 2041:

Tabla 14. Resultado de las tasas de crecimiento y proyección para el año 2041.

	AUTO	PICK UP	COMBI	MICRO	BUS 2E	BUS 3E	CAMIÓN 2E	CAMIÓN 3E
IMDa 2021	108.39	139.53	84.72	93.44	54.82	53.57	44.85	37.37
r= 5%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
n= 20 años	20	20	20	20	20	20	20	20
IMDa 2041	273.90	352.59	214.08	236.12	138.53	135.37	113.33	94.43

Fuente: Propia del Autor

IMDa₂₀₄₁= 1558 Veh/día

E. Hallando los ejes equivalentes (ESAL)

Tabla 15. Cálculo de ejes equivalentes (ESAL)

MTC		CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL)		
TIPO DE VEHÍCULO	IM Da 20 41	CARGA VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 8.2 Tn)	F IMDa
AUTOS, CAMIONETAS Y MICRO	10 76. 00	1	0.000527017	0.57
	10 76. 00	1	0.000527017	0.57
B2	13 9	7	1.265366749	175.33
	13 9	10	2.211793566	307.44
B3	13 5	7	1.265366749	171.29
	13 5	16	1.260585019	170.18
C2	11 3	7	1.265366749	142.99
	11 3	10	2.211793566	249.93
C3	94	7	1.265366749	118.94
	94	16	1.260585019	118.49
SUMATORIA FIMDa				1456

Fuente: Propia del Autor

$$ESAL = F \text{ IMDa} * 365 * f_c * f_d * FC$$

$$ESAL = 1456 * 365 * 1 * 0.5 * 33 = 8,768,760 \text{ EE}$$

ESAL= 8,768,760 EE

Una vez determinado el ESAL podremos determinar los espesores del pavimento flexible, a continuación, pasaremos a calcularlo según el MTC.

F. Hallando nuestro tipo de tráfico pesado

Tiempos de repetición acumulados de un eje equivalente a 8,2 t en el carril de diseño.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P5}	$> 1'000,000$ EE $\leq 1'500,000$ EE
T_{P6}	$> 1'500,000$ EE $\leq 3'000,000$ EE
T_{P7}	$> 3'000,000$ EE $\leq 5'000,000$ EE
T_{P8}	$> 5'000,000$ EE $\leq 7'500,000$ EE
T_{P9}	$> 7'500,000$ EE $\leq 10'000,000$ EE
T_{P10}	$> 10'000,000$ EE $\leq 12'500,000$ EE

Figura 14. Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013)

Según los resultados encontrados por ESAL, pertenecemos al tipo de alto tráfico de T_{P9} porque se encuentra entre:

$7,500,000$ EE $> T_{P9} < 10,000,000$ EE

Nuestro tipo de tráfico pesado es: T_{P9}

G. Hallando el módulo de Resiliencia (MR)

$$Mr (\text{psi}) = 2255 \times \text{CBR}^{0.64}$$

$$Mr (\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64} = 2555 * 38.50^{0.64} = 26429.31$$

Mr= 26429.31 (sin aditivo)

Mr= 36989.86 (con aditivo)

H. Hallando la confiabilidad (%R)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%

Figura 15. Valores de confiabilidad según rango de Tráfico

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013)

Según el cuadro tenemos un nivel de confiabilidad del 90 %

R= 90 %

I. Hallando el coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_r)

T_{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
T_{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
T_{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
T_{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
T_{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
T_{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
T_{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645

Figura 16. Desviación estándar normal según el nivel de confiabilidad y el Rango de Tráfico

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013)

Nuestro coeficiente estadístico de desviación estándar normal según el MTC será de -1.282

$$Z_r = -1.282$$

J. Hallando la desviación estándar combinada (S_o)

Según el MTC indica que esta entre estos valores de $0.40 < S_o > 0.50$, para nuestro diseño optaremos por el promedio de estos valores.

$$S_o = 0.45$$

K. Hallando el índice de serviciabilidad presente (PSI)

- Serviciabilidad Inicial (PI)

T_{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
T_{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
T_{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
T_{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
T_{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00

Figura 17. Serviciabilidad inicial según el tráfico

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013)

Según el tipo de tráfico nuestra serviciabilidad inicial será:

PI= 4.00

- Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

T_{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
T_{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
T_{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50

Figura 18. Serviciabilidad final según el tráfico

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013)

Según el tipo de tráfico nuestra serviciabilidad final será:

PT= 2.50

La variación de Serviciabilidad (Δ PSI) es la diferencia de la:

$$\Delta\text{PSI} = \text{PI} - \text{PT} = 1.50$$

$$\Delta\text{PSI} = 1.50$$

L. Hallando el Numero Estructural Requerido (SNR)

$$\text{SN} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 + a_3 \times d_3$$

$$\text{SN} = 0.170 d_1 + 0.052 d_2 + 0.047 d_3$$

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a_1	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen

Figura 19. Coeficientes Estructurales de las Capas de rodadura

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013)

Entonces:

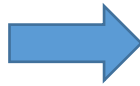
$$a_1 = 0.170 \text{ cm}$$

$$a_2 = 0.052 \text{ cm}$$

$$a_3 = 0.047 \text{ cm}$$

Datos calculados según el MTC:

- ESAL= 8, 768,760 EE
- Mr= 26429.31 (sin aditivo)
- Mr= 36989.86 (con aditivo)
- R= 90 %
- Zr= -1.282
- So= 0.45
- PI= 4.00
- PT= 2.50
- Δ PSI= 1.50



SN= 3.228

$$SN = 0.170 d1 + 0.052 d2 + 0.047d3$$

a) Espesores del pavimento sin aditivo

$$SN = 0.170 d1 + 0.052 d2 + 0.047 d3$$

$$3.228 = 0.170 d1 + 0.052 d2$$

$$d1 = 12 \text{ cm (carpeta asfáltica)}$$

$$d2 = 24 \text{ cm (base)}$$

$$d3 = 0 \text{ cm (subbase)}$$

b) Espesores del pavimento con aditivo

$$2.150 = 0.170 d1 + 0.052 d2$$

$$d1 = 5 \text{ cm (carpeta asfáltica)}$$

$$d2 = 25 \text{ cm (base)}$$

$$d3 = 0 \text{ cm (subbase)}$$

Iniciación de la excavación de calicata

Se realizó la excavación del suelo de forma manual y lo denominamos a la calicata con el prefijo C – N°01.

La muestra obtenida nos servirá para ensayar en el laboratorio para un suelo normal sin aditivo y luego con el suelo mejorado con el aditivo Terrasil.



Figura 20. Inicio de la excavación para la calicata

Fuente: Elaboración propia

3.6 Métodos de Análisis de Datos:

Este proyecto de investigación se llevará acabo de la siguiente manera, primero vamos a evaluar las características y propiedades de la muestra obtenida sin el uso del aditivo TERRASIL, mediante diferentes ensayos de laboratorio, y finalmente evaluaremos las características y propiedades de la muestra aplicando el aditivo

TERRASIL, en consecuencia, obtendremos los resultados producto de los ensayos a realizar.

Para el análisis de los datos obtenidos, se tiene que determinar las técnicas a utilizar, en seguida se pasara al uso del empleo de los instrumentos de recolección de datos, por ende, obtendremos los datos.

Una vez obtenido todos los datos seleccionaremos la información, para dar con el objetivo propuesto en este proyecto de investigación, para luego toda esta información nos dará la base y el sustento para dar las propuestas y conclusiones finales.

Forma de Tratamiento de los Datos:

Toda la información obtenida se procesará con procesador Windows 2010, por lo cual utilizaremos el Word y Tablas de Excel.

Para determinar y poder clasificar los tipos de suelos es necesario el estudio de exploración insitu y observar el tramo más crítico para la extracción de la muestra de tierra, para luego realizar los respectivos ensayos de laboratorio y así obtener los resultados, no obstante, para lograr en mayor medida resultados más confiables, se validará con el MANUAL DE CARRETERAS, SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS.

3.7 Aspectos Éticos:

En este proyecto de investigación se laborará con mucha objetividad, ya que tenemos como finalidad lograr una investigación autentica con datos reales, por lo que se considerará la veracidad de los resultados, la confiabilidad de los datos obtenidos en campo como también en gabinete.

IV. RESULTADOS

Interpretación de los resultados de los ensayos de laboratorio sin aditivo

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Durante esta prueba se tomó una muestra de C-01 con una profundidad de 1.00 m, y luego se llevó la muestra al laboratorio para su análisis posterior.



Figura 21. Calicata N° 01

Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Excavación de la calicata

Fuente: Elaboración propia

Características del suelo sin aditivo

Luego, determine la clasificación del suelo de acuerdo con ASTM D-1843, consulte la tabla a continuación para obtener más detalles.

Tabla 16. Descripción de la muestra sin aditivo

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
PESO TOTAL: 6048 gr
LIMITE LIQUIDO: 21.21 %
LIMITE PLASTICO: 17.16 %
INDICE PLASTICO: 4.05 %
HUM. NATURAL: 5.80 %
CLASIFICACION:
SUCS: SM
AASHTO: A-1-a (0)
HUM. OPTIMA: 11.9 %
DENSIDAD MAX: 1.814 Kg/cm ³
CBR. Al 100 %: 38.50

Fuente: *Elaboración propia*

Características del suelo adicionado el aditivo Terrasil

Tabla 17. Descripción de la muestra con aditivo

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
PESO TOTAL: 6048 gr
LIMITE LIQUIDO: 21.21 %
LIMITE PLASTICO: 17.16 %
INDICE PLASTICO: 4.05 %
HUM. NATURAL: 5.80 %
CLASIFICACION:
SUCS: SM
AASHTO: A-1-a (0)
HUM. OPTIMA: 11.9 %
DENSIDAD MAX: 1.814 Kg/cm ³
CBR. Al 100 %: 65.10

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 18. *Análisis granulométrico por tamizado*

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% Q´ PASA
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	510	8.4	8.4	91.6
3/4"	19.050	475	7.9	16.3	83.7
1/2"	12.700	516	8.5	24.8	75.2
3/8"	9.525	360	6.0	30.8	69.2
1/4"	6.350		0.0	30.8	69.2
Nº 4	4.760	714	11.8	42.6	57.4
Nº 8	2.380		0.0	42.6	57.4
Nº10	2.000	819	13.5	56.1	43.9
Nº16	1.190		0.0	56.1	43.9
Nº20	0.840	649	10.7	66.8	33.2
Nº 30	0.590		0.0	66.8	33.2
Nº 40	0.420	425	7.0	73.9	26.1
Nº 50	0.297		0.0	73.9	26.1
Nº 100	0.149	421	7.0	80.8	19.2
Nº 200	0.074	297	4.9	85.7	14.3
< N° 200		862	14.3	100.0	0.0
TOTAL		6048	100.0		

Fuente: *Elaboración propia*

Para determinar mejor el tamaño de la partícula, se utiliza el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura.

- Coeficiente de uniformidad (cu)

$$Cu = d_{60} / d_{10}$$

- Coeficiente de curvatura (cc)

$$C_c = ((D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}))$$

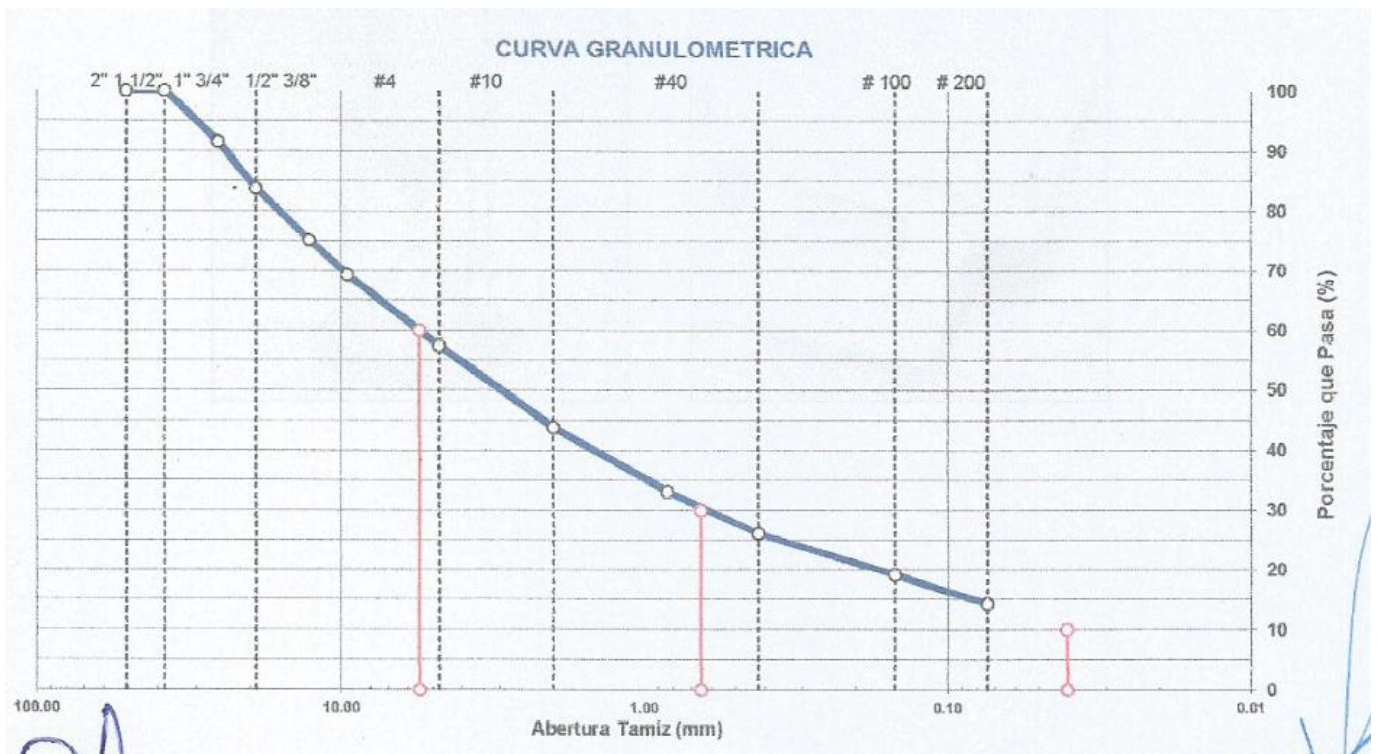


Figura 23. Curva granulométrica

Fuente: *Elaboración propia*

Dónde: según la curva granulométrica

- D60= 6.80
- D30= 0.90
- D10= 0.09

Dónde:

- D60 = diámetro máximo de partículas en la fracción que contiene el 60% más fino del suelo.
- D30 = diámetro máximo de partículas en la fracción que contiene el 30% más fino del suelo.
- D10 = diámetro máximo de partículas en la fracción que contiene el 10% más fino del suelo.

Resultados:

Hallando el Coeficiente de uniformidad

$$C_u = D_{60}/D_{10} = 75.6$$

Hallando Coeficiente de curvatura

$$C_c = ((D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60})) = 1.32$$

ANÁLISIS DE RESULTADO:

Tabla 19. Interpretación del resultado según la clasificación de suelos SUCS

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA	SEGÚN SUCS
N° 200	0.074	14.3	% Que pasa > 12%

Fuente: Elaboración propia

- De acuerdo con la clasificación de suelos SUCS, si la arena que pasa por el tamiz No. 200 excede el 12%, se considera arena limosa. (SM).

Tabla 20. Interpretación del resultado según la clasificación de suelos AASHTO

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Que pasa	SEGÚN AASHTO
N° 10	2.000	43.9	% Que pasa < 50%
N° 40	0.425	26.1	% Que pasa < 30%
N° 200	0.075	14.3	% Que pasa < 15%

Fuente: Elaboración propia

- De acuerdo con la clasificación AASHTO, para considerar el tipo de suelo A-1-a, se deben cumplir tres requisitos.
 - El porcentaje que pasa por el tamiz N°10 debe ser menor que el 50%
 - El porcentaje que pasa por el tamiz N°40 debe ser menor que el 30%
 - El porcentaje que pasa por el tamiz N°200 debe ser menor que el 15%

Tabla 21. Interpretación del resultado de coeficiente de uniformidad y curvatura según MTC

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CARACTERÍSTICAS			MTC SUGIERE (CC)
			D10	Cu	Cc	
1	Av. Cajamarquilla	C-01	0.09	75.6	1.32	1-3

Fuente: Elaboración propia

- La abertura obtenida del porcentaje que pasa el 10% (D10) es 0.09 mm, y el valor del coeficiente de curvatura (Cc) es 1.32, por lo cual está dentro de los parámetros que el MTC sugiere.

CONTENIDO DE HUMEDAD

En primer lugar, para el primer molde tomamos una humedad baja y en los siguientes ensayos vamos aumentando la humedad, hasta notar que se dibuja una curva con una densidad máxima.

Tabla 22. Interpretación del porcentaje de contenido de humedad según moldes

MOLDES	Densidad seca gr/cm ³	Humedad %	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	1.722	4	5.80
2	1.762	6	8.90
3	1.814	8	11.90
4	1.733	10	14.20

Fuente: Elaboración propia

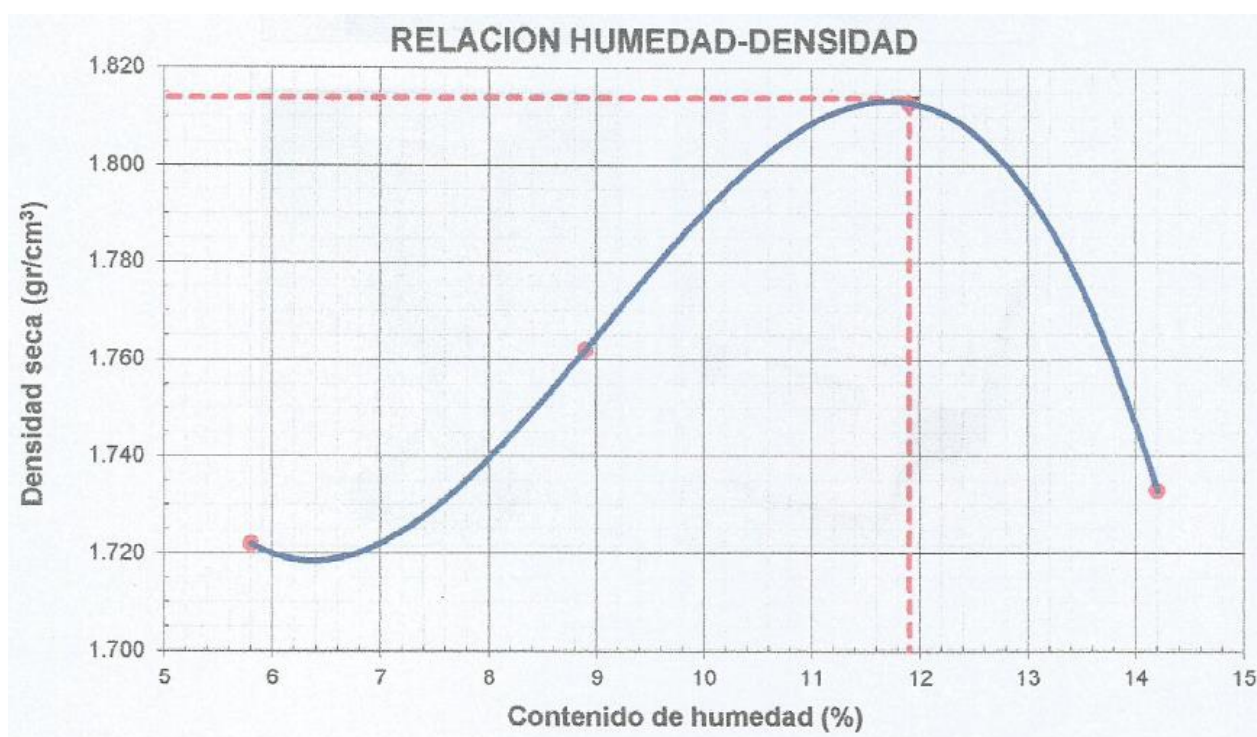


Figura 24. Relación de humedad vs densidad

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- Según la tabla 18. Notamos en el molde “4” que al mezclar la muestra con una humedad al 10%, su densidad seca disminuye en relación a la densidad seca del molde “3”.
- Según el gráfico de la figura 21. Notamos que su densidad máxima es 1.814 gr/cm³ y su humedad óptima es 11.90%.

LÍMITE DE CONSISTENCIA DE UN SUELO

Tabla 23. Interpretación de los resultados del límite de consistencia del suelo

MUESTRA	CALICATA	LL (W%)	LP (W%)	IP (W%)	MTC RECOMIENDA
1	C-01	21.21	17.16	4.05	IP < 7%

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- MTC recomienda que el valor del índice de plasticidad (PI) debe ser inferior al 7%.
- El resultado del índice de plasticidad (IP) de nuestro suelo es 4.05%.
- Por lo tanto, el valor de nuestro índice de plasticidad (IP) está dentro de lo que recomienda el MTC.
- Al clasificar el suelo por el Índice de Plasticidad (IP), se clasifica como arcilla baja porque su IP es <7%.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

Tabla 24. Interpretación del resultado de compactación del proctor modificado

MUESTRA	CALICATA	DENSIDAD MAXIMA (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (W%)	MTC RECOMIENDA
1	C-01	1.814	11.90	Densidad seca > 1.90

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- Como observamos en la tabla N°19 su máxima densidad seca obtenida es 1.814 gr/cm³.
- por lo tanto, no cumple con lo requerido por el MTC, ya que sugiere una densidad seca > 1.90gr/cm³.
- En consecuencia, el tipo de suelo no es recomendable

ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D 1883

Tabla 25. Interpretación del resultado del ensayo de CBR

MUESTRA	CALICATA	CBR (95%)	CBR (100%)	MTC RECOMIENDA
1	C-01	22.10	38.50	CBR (100%) > 50

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- El MTC recomienda que el valor del CBR al 100% sobrepase al 50%.
- El CBR de nuestra muestra de suelo fue 38.50%.
- El CBR al 100% de nuestra muestra está por debajo de los valores que recomienda el MTC.

Opinión de la interpretación de los ensayos realizados sin aditivo:

Lo interpretado anteriormente sobre los resultados de los distintos ensayos realizados como:

- Análisis granulométrico.
- Clasificación de suelos.
- Densidad natural del suelo.
- Límites de consistencia.
- Compactación con proctor modificado.
- CBR.

La explicación obtenida nos ayuda a clasificar el suelo como inadecuado para la construcción de carreteras, por lo que creemos que es necesario mejorar las características del suelo.

Por ello, hemos optado por la estabilización química, en este caso utilizaremos aditivos químicos Terrasil para mejorar o incrementar las propiedades físicas y químicas del suelo a tratar.

Interpretación de los resultados de los ensayos de laboratorio con el aditivo Terrasil

Las pruebas realizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos para mejorar las propiedades mecánicas del suelo son:

- Límites de consistencia.
- Compactación con proctor modificado.
- CBR de suelos.

Límite de Consistencia de un suelo + Aditivo

Para este resultado se ha realizado el ensayo, incorporando 5 gr de Terrasil por cada kilo de muestra.

Tabla 26. Resultado del Límite de Consistencia de un suelo + Aditivo

MUESTRA	CALICATA	MUESTRA SIN ADITIVO (IP)	MUESTRA + 5gr. De TERRASIL (IP)	MTC RECOMIENDA
1	C-01	4.05	-	IP < 7%
2	C-01	-	1.26	IP < 7%

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- El índice de plasticidad (IP) del suelo ha mejorado notoriamente.
- Esta mejora es de 68.88% respecto con el suelo sin aditivo.
- Por lo tanto, al clasificar el suelo según el índice de plasticidad, hemos obtenido un suelo que casi no contiene arcilla, que es apto para la construcción de carreteras.

Ensayo de Compactación Proctor Modificado ASTM D 1557 + Aditivo

Para este resultado se ha realizado el ensayo, incorporando 5 gr de Terrasil por cada kilo de muestra.

Tabla 27. Resultado del Ensayo de Compactación Proctor Modificado + aditivo

MUESTRA	CALICATA	MUESTRA SIN ADITIVO DS (gr/cm ³)	MUESTRA + 5gr. TERRASIL DS (gr/cm ³)	MTC RECOMIENDA DS (gr/cm ³)
1	C-01	1.814	-	Densidad seca > 1.90
2	C-01	-	2.034	Densidad seca > 1.90

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- El MTC recomienda valores menores de 1.90 gr/cm³ para su densidad seca (DS).
- La densidad seca (DS) obtenida de la muestra más el Terrasil fue 2.034 gr/cm³, por lo cual observamos que ha mejorado satisfactoriamente.
- Esta mejora representa un 12.13% respecto a la muestra sin el aditivo Terrasil.
- Por cual incrementamos la densidad seca (DS), y este valor ya está dentro de lo recomendado por el MTC, por ende, este suelo ya puede usarse para fines constructivos.
- Al evaluar los resultados el aditivo terrasil influye dando una mejor capacidad portante del suelo.

Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) ASTM D 1883 + Aditivo

Para este resultado se ha realizado el ensayo, incorporando 5 gr de Terrasil por cada kilo de muestra.

Tabla 28. Resultado del Ensayo de (CBR) + Aditivo

MUESTRA	CALICATA	MUESTRA SIN ADITIVO CBR (100%)	MUESTRA + 5gr. TERRASIL CBR (100%)	MTC RECOMIENDA
1	C-01	38.50	-	CBR (100%) > 50
2	C-01	-	65.10	CBR (100%) > 50

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- El MTC recomienda que el CBR al 100% sea mayor que el 50%.
- El resultado obtenido del CBR al 100% es de 65.10%, lo cual se ha incrementado notoriamente.
- Este incremento respecto a la muestra sin aditivo es del 69.09%.
- Por lo cual este valor ya está dentro de las recomendaciones del MTC, por ende, este suelo ya puede usarse.
- Al evaluar los resultados el aditivo terrasil influye dando un aumento del CBR al suelo.

Resultado comparativo de la muestra natural y la muestra más aditivo

Para esta comparación entre la muestra de suelo natural con la muestra de suelo más aditivo se tomaron los siguientes ensayos:

- Límites de consistencia.
- Compactación con proctor modificado.
- CBR de suelos.

Comparación del Límite de Consistencia de un suelo

Tabla 29. Cuadro comparativo del Límite de Consistencia de un suelo

MUESTRA	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	IP (W%)	MTC RECOMINEDA
1	Suelo natural	4.05	IP < 7%
2	Suelo + 5gr Aditivo Terrasil	1.26	IP < 7%

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- El índice de plasticidad (IP) de la muestra de suelo natural es 4.05%.
- El índice de plasticidad (IP) de la muestra estabilizada con el aditivo Terrasil es 1.26%.
- El suelo más óptimo para trabajar en la construcción de una vía, es el suelo estabilizado con el aditivo terrasil.
- Al evaluar los resultados el aditivo terrasil influye mejorando la calidad de suelo evaluado

Comparación del Ensayo de Compactación Proctor Modificado

Tabla 30. Cuadro comparativo del Ensayo de Compactación Proctor Modificado

MUESTRA	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	DENSIDAD	
		SECA (gr/cm ³)	MTC RECOMINEDA
1	Suelo natural	1.814	Densidad seca > 1.90
2	Suelo + 5gr Aditivo Terrasil	2.034	Densidad seca > 1.90

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- Su densidad seca (DS) de la muestra natural es de 1.814 gr/cm³.
- Su densidad seca (DS) de la muestra + 5gr de Aditivo Terrasil es 2.034 gr/cm³.
- La muestra estabilizada con el aditivo terrasil es mejor.

Comparación del Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

Tabla 31. Cuadro comparativo del ensayo del CBR

MUESTRA	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	CBR (95%)	CBR (100%)	MTC RECOMINEDA
1	Suelo natural	22.10	38.50	CBR (100%) > 50
2	Suelo + 5gr Aditivo Terrasil	52.40	65.10	CBR (100%) > 50

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADO:

- En la muestra de suelo natural obtuvimos un CBR al 100% de 38.50%.
- En la muestra de suelo + el Aditivo Terrasil obtuvimos un CBR al 100% de 65.10%.
- La muestra de suelo mejor estabilizado es cuando usamos el Aditivo Terrasil.
- Al evaluar los resultados el aditivo terrasil influye dando una mejora al suelo incituo

V. DISCUSIÓN

Resultados obtenidos de pruebas de laboratorio, aceptamos nuestra hipótesis general que establece una reducción considerable de materiales para la construcción del pavimento, ya que permite el uso de suelos marginales.

Por lo tanto, al estabilizar el suelo con el aditivo Terrasil obtenemos como resultados suelos estables, impermeables, eliminando la absorción de agua y reduciendo la expansividad de arcillas e incrementando el índice de CBR, en consecuencia, los costos se reducirían en gran medida, ya que no sería necesario traer un material bueno para mejorar el suelo, por otra parte, también reduciríamos los mantenimientos periódicos.

Estos resultados obtenidos de las pruebas de mi proyecto de investigación están relacionados con lo que insistió Salas (2017) en la ciudad de Juliaca, porque sus resultados son muy buenos y consiguieron las propiedades físicas del suelo. Por ejemplo, el índice CBR se cambia de 39.58% a 61,37%. Y aumentar su densidad seca (Ds) de 1,65 gr / cm³ a 1,99 gr / cm³ y disminuyendo en gran medida su índice plástico (IP) de 10.26% a 6.74%, por lo tanto, este autor demostró la eficiencia del aditivo Terrasil en una dosificación de 10gr de aditivo por cada kilogramo de muestra adicionándole también un porcentaje de cemento para una mejor estabilización.

Según Rodríguez (2016) en la ciudad de Ambato – Ecuador, presento sus resultados obtenidos de los ensayos, la cual guarda cierta relación con los valores obtenidos de mi investigación, como por ejemplo el valor del índice del CBR para su trabajo aumento en un 14%, en el caso de mi investigación el resultado del ensayo del CBR se incrementó en un 26.6%, estos resultados difieren por el tipo de suelo, por lo tanto este autor determino que usar este tipo de aditivo disminuye en gran medida el uso de materiales de cantera.

Según Cristóbal (2015) en su proyecto de investigación, es consistente con los resultados obtenidos en mi proyecto porque el autor realizó múltiples pruebas y agregó diferentes porcentajes de aditivos Terrasil a cada muestra, también utilizó el cemento en porcentaje de 1%, todo este ensayo lo realizó en diferentes tipos de suelos, obteniendo como producto final resultados favorables.

Pero en lo que no concuerdo con estos autores mencionados es lo siguiente: según Salas (2017) y Cristóbal (2015) recomienda estabilizar los suelos con el aditivo Terrasil adicionando a este un pequeño porcentaje de cemento que es el 1% para obtener mejores resultados, sí es efectivo aumentar las propiedades físicas del suelo, pero en las pruebas realizadas solo con el uso de este aditivo para estabilizar el suelo, ya se ha cumplido con las recomendaciones del manual de carreteras, suelos, Geología, Geotecnia. Y Pavimentos. (MTC)), por lo que, en mi opinión, usar cemento para estabilizar el suelo es un costo adicional porque tenemos aditivos Terrasil como estabilizadores.

Según Rodríguez (2016) de la ciudad de Ambato, Ecuador, en su estudio titulado "Análisis comparativo de compactación y humedad de subrasante y subrasante natural utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil)", la provincia de Cantonquevedo Camino ecológico Los Ríos "Su trabajo es experimental, por lo que cavaron un hoyo cada 500 metros, del cual obtuvieron diferentes muestras de suelo, a las que agregaron diferentes porcentajes de aditivos.

Concluyeron que usar materiales o suelo con buen orden de cantera para aumentar o estabilizar el suelo es más costoso que usar aditivos estabilizadores porque elimina el transporte o transporte de materiales, y es más rentable y de mejor calidad. Vida en la acera.

VI. CONCLUSIONES

- En esta tesis evaluó la influencia del uso del aditivo químico Terrasil en la capa de subrasante en la Av. Cajamarquilla, en el distrito de Lurigancho - Chosica en el año 2018, de la cual concluimos que este aditivo es eficaz, ya que nos otorga un incremento sustancial respecto a las propiedades físicas del suelo, dándonos como resultado un aumento del índice del CBR, la cual nos da una mejor capacidad de soporte del suelo, permitiendo así cambiar de un suelo inestable a un suelo estable.
- Por otro lado, también este aditivo genera una reducción considerable del índice de plasticidad (IP) por lo cual reduciremos el efecto de expansión y contracción del suelo, así evitando la pérdida de densidad del suelo.
- Se determinó también los efectos que produce el aditivo Terrasil al aplicarse a la capa de subrasante las cuales fueron favorables, ya que reducirán los espesores de las capas.
- También este aditivo otorga al suelo la capacidad de repeler el agua, lo que lo vuelve un suelo impermeable, así eliminando el efecto de hinchamiento del suelo.
- Con la aplicación del aditivo químico Terrasil en la subrasante se elimina la compra del material bueno de cantera, como también elimina el transporte de material.
- En los ensayos de laboratorio realizados se consiguió incrementar el valor del CBR en un 26.6 % con respecto a un suelo natural, sin la necesidad de utilizar cemento.
- Se evaluó las características del suelo obteniendo un resultado eficiente con el uso del aditivo terrasil para la subrasante.

- Se consideró un porcentaje eficaz del aditivo para los ensayos del laboratorio lo cual obtuvimos buenos resultados.
- Se evaluó que tipo de suelo se estaba trabajando para poder determinar la dosificación del aditivo con el suelo.

VII. RECOMENDACIONES

Se realizaron algunas sugerencias para optimizar la efectividad de los aditivos en la estructura del pavimento, todo gracias a las diferentes pruebas realizadas previamente en este proyecto de investigación.

- Se recomienda emplear dosis diferentes de terrasil para cada tipo de suelo, estas dosis pueden variar de 0.5-1 Kg/m³.
- Para mejores resultados de estabilización, se recomienda utilizar un pequeño porcentaje de cemento al 1 %.
- No se recomienda ejecutar el proceso constructivo del aditivo terrasil en condiciones de clima lluviosa, ya que el exceso de humedad del suelo proveniente de la lluvia impide la fijación del aditivo.
- Antes de iniciar el trabajo con el aditivo es importante asegurarse sobre la calidad del agua.
- Se recomienda realizar una prueba sobre la calidad de agua, para lo cual se vierte 1 ml de Terrasil en 10 ml de agua para obtener una solución transparente.
- En caso que la prueba sobre la calidad de agua salga turbia, no se recomienda iniciar los trabajos.
- Se recomienda realizar un bombeo de la superficie de rodado, con el objetivo de inmediata evacuación de agua, para así prevenir el junte de agua sobre la superficie de rodado.
- En zonas demasiadas lluviosas, como en los suelos de la selva peruana se recomienda emplear un bombeo del 4%.

- Se recomienda primero evaluar qué tipo de suelo se está trabajando para el aditivo.
- Es necesario determinar diferentes tipos de dosificaciones del aditivo para cada tipo de suelo.
- Es necesario hacer un ensayo de procto para saber que suelo va a trabajar.
- Es recomendable evaluar paso a paso el proceso constructivo de un pavimento con el aditivo terrasil.

REFERENCIAS

- Reglamento Nacional de Edificaciones (2016). *Estabilización de suelos y taludes*. E.050. Lima, Perú.
- Ayala, E. (2014). *Metodología AASTHO en la acera*. Lima, Perú.
- Sánchez, D. (2016). *Curso básico de diseño de pavimentos*. Bolivia.
- Baena, P. (2014). *Metodología de la investigación (1ª edición)*. México: Grupo Editorial Patria.
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para la realización de proyectos de investigación científica (2ª edición)*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Hernández, R. (2016). *Metodología de la investigación (6ª edición)*. México: Editorial McGraw-Hill.
- Norma Técnica de Edificaciones (2021). *Pavimentos Urbanos*. CE.010 (Pág. 32). Lima, Perú.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2019). *Metodología Investigación (6ª edición)*. México DF: editorial McGraw-Hill.
- Fuentes, F. (2013). *El químico GT-24X se utilizó para la estabilización del suelo en el suelo de la calzada en Concepción*. (Tesis). Universidad de Biología y Biología. Concepción - Chile.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2016). *Pavimentos Urbanos*. CE.010. Perú.

- Jurado, C., Clavijo, D. (2016). *Estabilización de Suelos con Cemento Tipo MH para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del material de Subsuelo de la zona de talleres y cocheras de la PLMQ, sector Quitumbé*. (Tesis). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito-Ecuador.
- Norma Técnica de Edificaciones (2021). *Pavimentos Urbanos*. CE.010 (Pág. 33). Lima, Perú.
- Hurtado, D. (2014). *Mejora el suelo expansivo a través de inclusiones de fibras*. (Tesis). Universidad Autónoma del Cretano. Queretano-México.
- Rodríguez, D. (2016). *Análisis comparativo de compactación y humedad de la calzada natural de la vía ecológica Cantón Quevedo en Los Ríos y la calzada con productos químicos biodegradables (Terrasil)*. (Tesis). Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.
- De la Cruz, L. y Salcedo, K. (2016). *Utilice los aditivos eco Road 2000 para estabilizar suelos arcillosos*. (Tesis). Universidad de los Andes, Perú. Palen-Huancayo.
- O' Diana, Q. (2016). *Evaluación de Pavimentos con Suelo Estabilizado, Utilizando Aditivos Químicos, en la Zona de la Selva Baja*. (Tesis). Universidad Alas Peruanas. Lima, Perú.
- Ríos, K. (2017). *Se utilizaron aditivos de emulsión de copolímero para el diseño de pavimentos en la carretera Saposoa-Intiyacu*. (Tesis). Universidad del Cesar Vallejo. Tarapoto-Perú.
- Sagastegui, F. (2016). *Eficiencia de protección vial, utilizando aditivos químicos en carreteras sin asfaltar: Ascope-ontumaza*. (Tesis). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

- Leiva, R. (2016). *Utilizar bolsas de polietileno para mejorar el suelo a nivel de subrasante de Jr. Arequipa, progresivamente km 0 + 000-km 0 + 100, Concepción Distrito Orcotuna.* (Tesis). Universidad Nacional Central del Perú. Huancayo-Perú.
- Pinedo, C. (2016). *La capa asfáltica modificada con polímero de polietileno está diseñada para mejorar la vía en la nueva comunidad de Shupishiña Morales.* (Tesis). Universidad del Cesar Vallejo. Tarapoto-Perú.
- Sánchez, A. (2016). *Mejoramiento y estabilización de suelos.* Tecnológico Nacional de México. Oaxaca, México.
- Norma Técnica de Edificaciones (2021). *Pavimentos Urbanos.* CE.010 (Pág. 38). Perú.
- Salas D. (2017). *Estabilizar el suelo agregando cemento y aditivos Terrasil para incrementar la cimentación de la carretera Puno-Tiquillaca-Mañazo del Km 11 + 000 al Km 9 + 000.* (Tesis). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca-Perú.
- Cristóbal, M. (2015). *Terrasil se utiliza en contratos de mantenimiento y protección de carreteras para la estabilización de iones del suelo.* (Tesis). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Alicaresp (2019). *Conceptos básicos de conformación y compactación de la subrasante, sub base y base.* Recuperado el 02 de Julio del 2022 de <http://alicaresp.com/2019/05/14/conceptos-basicos-de-sub-rasante-sub-base-y-base-de-pavimentos/>
- Ministerio de transportes y comunicaciones, (2013). *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.* Publicado el 18 de febrero de 2013. Recuperado el 28 de abril del 2018 de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf

- Escaip, G. (2012). *Estabilizador iónico de suelos. Vector de la ingeniería civil*, 1 (43), 21-29. Publicado el 09 de agosto de 2012. Recuperado el 28 de abril del 2018 de https://issuu.com/revistavectordelaing.civil/docs/vector_43_julio_2012
- RMS Chile Latín América, (s.f.). *Estabilizador ISS 2500*. Recuperado el 29 de abril del 2018 de <https://www.rmschile.cl/undostres/productos/iss-2500/>
- Sotelo, V. A. y Bravo, L. J. (s.f.). *Catálogo de productos para estabilizaciones de suelo*. Recuperado el 29 de abril del 2018 de <http://www.amivtac.org/assets/files/books/publications/catalog/mobile/index.html#p=5>
- GEOLAB, (2018). *Nanotecnología para estabilización de suelos*. Recuperado el 03 de mayo del 2018. <https://murotecmx.com/terrasyl.html>
- DSG S.A.C. (s.f.). *Estabilizador iónico de suelos ISS 2500*. Recuperado el 02 de mayo del 2018 de http://dsgsac.com/FICHA_TECNICA_ISS2500_DSGSAC.pdf
- Valenzuela, P. (2016). *Estabilizador ISS2500: Solución definitiva para la estabilización de caminos Básicos. Obras públicas órgano de difusión de los profesionales del ministerio de obras públicas*, 1(44), 42-43. Publicado en noviembre de 2016. Recuperado el 03 de mayo del 2018 de <http://revistaobraspublicas.cl/revista-obras-publicas/wp-content/uploads/2016/12/REVISTA-OOPP-44-2016.pdf>
- Juárez, O. (2013). *Estabilización iónica de suelos: una realidad en la construcción y conservación de caminos a bajo costo. Vector de la ingeniería civil*, 1(43), 20-21. Publicado el 18 de Julio del 2013. Recuperado el 02 de Julio del 2022 de https://issuu.com/revistavectordelaing.civil/docs/revista_55_julio_2013_baja

- BREM S.A.C. (2018). *Ventajas de la nanotecnología aplicada en la construcción y en el mantenimiento vial*. Recuperado el 28 de abril del 2018 de http://www.brem.com.pe/14_Spanish_TS_July2015.pdf
- Terrasil, (2018). *Pavimentación con el aditivo Terrasil*. Recuperado el 30 de abril del 2018. <https://www.dynal.cl/pavimentacion/2021/02/02/terrasil/>
- Optimasol, (2016). *Nanotecnología aplicada a su negocio*. Recuperado el 28 de abril del 2018 de <https://www.optimasoil.com/terrasil/>
- Aditivos Asfálticos, (2016). *Desarrollo de tecnologías para el mantenimiento, rehabilitación y construcción de la red de carreteras*. Recuperado el 03 de mayo del 2018 de http://aditivosasfalticos.com/quienes_somos.html
- Duravia, (2016). *Concretando caminos*. Recuperado el 28 de abril del 2018 de <http://www.duravia.com.pe/ciclo-de-vida/>
- ISSUU, (2016). *Aditivo estabilizador químico*. Recuperado el 28 de abril del 2018 de https://issuu.com/optimasoil/docs/ftp_02_terrasil_optimasoil
- BREM S.A.C. (2018). *Estabilización de suelos Terrasil*. Recuperado el 28 de abril del 2018 de <http://www.estabilizaciondesuelos.com/>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: Diseño del pavimento flexible, con el uso del Aditivo Terrasil, en la Av. Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima 2018

Tabla 32. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
General	General	General	Variable dependiente	Variable dependiente	Variable dependiente
¿De qué manera el aditivo Terrasil favorecerá al diseño del pavimento flexible en la Av. Cajamarquilla en el distrito de Lurigancho - Chosica en el año 2018?	Evaluar el impacto del uso del aditivo Terrasil en el pavimento flexible Av. Cajamarquilla en el distrito Lurigancho-Chosica en 2018.	Reduciría el uso de materiales para la construcción del pavimento, ya que permite el uso de suelos marginales otorgándole un área de trabajo mejor compactado.	Diseño pavimento flexible	Capa de subrasante Índice de CBR Costos de un pavimento	Impermeabilidad Reduce los espesores en los diseños
Específicos	Específicos	Específicos	Variable independiente	Variable independiente	Variable independiente
¿Qué efectos produce el aditivo Terrasil al aplicarse a la capa de subrasante?	Determinar qué efectos produce el aditivo Terrasil al aplicarse a la capa de subrasante.	Al estabilizar con el aditivo Terrasil obtenemos como resultados suelos estables, impermeables, eliminando la absorción de agua y reduciendo la expansividad de arcillas.	Aditivo Terrasil	Incremento de densidades Evita la absorción de agua Disminuye la expansividad del suelo	Grado de compactación Suelos estables
¿Cuáles son los resultados luego de la aplicación del aditivo Terrasil en relación al índice de CBR?	Explicar la relación entre los resultados de la aplicación de aditivos Terrasil y el índice CBR.	Los resultados serían óptimos, ya que nos daría un suelo con un índice de CBR muy bueno, por lo tanto, obviaremos una capa, reduciríamos los espesores de capas.			
¿En qué medida el aditivo Terrasil reducirá los costos de un pavimento?	Describir en qué medida el aditivo Terrasil reducirá los costos de un pavimento.	Los costos se reducirían en gran medida, ya que no sería necesario traer un material bueno para mejorar el suelo, como también reduciríamos los mantenimientos periódicos.			

Título: Diseño del pavimento flexible, con el uso del Aditivo Terrasil, en la Av. Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima 2018

Tabla 33. Matriz de operacionalización de las variables.

	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del pavimento flexible	Según el Manual de carreteras (2013), explico que un pavimento consta de varias capas, por lo general, está constituido por la capa de rodadura, base y sub base construida sobre la sub rasante del camino, estas capas tienen como función soportar y repartir los esfuerzos causados por los vehículos	Este pavimento consta de una capa de subrasante, la cual es el factor más importante para precisar los espesores de las capas de pavimento, si la subrasante es muy buena, se puede obviar una capa, esto generaría reducción de costos de un pavimento, por ende, ese suelo tiene que tener un índice de CBR $\geq 6\%$.	Capa de subrasante Índice de CBR Costos de un pavimento	Mantenimiento mínimo Reduce los espesores en los diseños	Observación directa Cedula de anotación de datos	Ordinal
Aditivo Terrasil	Según Optimasoil (2016), explicó que este aditivo interactúa muy bien con todo tipo de suelos y su objetivo consiste en impermeabilizar el suelo e hidrófugo o repeler el agua, así eliminando el hinchamiento, para poder evitar los problemas ocasionados cuando estamos frente a la acción del agua. Este aditivo nos otorga la posibilidad de cambiar de un suelo inestable a un suelo estable y de forma definitiva, en consecuencia, no genera pérdida de porosidad, por lo contrario aumenta el CBR, mejora la adherencia de polímeros, elimina la expansividad de arcillas, todo esto nos otorga una reducción de los espesores de las capas, y por ende una minimización de costos.	Optimasoil (2016) explicó que es un aditivo para suelos de última generación, compuesto al 100% por organosilanos, que su función es capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos.	Impermeabilización elimina la erosión del agua Incremento del CBR	Incremento de densidades Grado de compactación Suelos estables	Resultados de ensayos de laboratorio	Ordinal

Anexo 2: Ensayo granulométrico por tamizado



FAVICA INGENIEROS S.A.C

DIVISION DE TECNOLOGIA & INGENIERIA

PROYECTOS - CONSULTORIA - ASESORIA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO - ENSAYOS GEOTECNICOS ESTANDAR Y ESPECIALES - SUMINISTRO DE EQUIPOS E INSUMOS

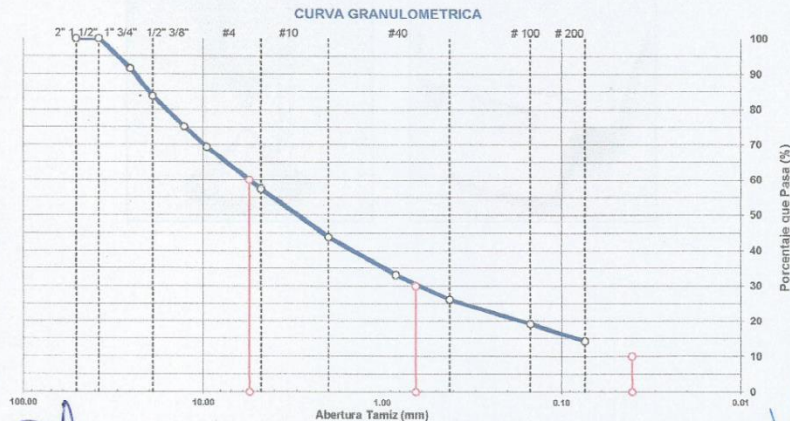
ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

AASHTO T-11, T-27 y T 88 ASTM D-1843
CERTIFICADO N° 1210.FVC-2018

PROYECTO : RICARDO SAAVEDRA YHOÑAN
UBICACIÓN : DISEÑO DE LA SUB RASANTE EN PAVIMENTOS, CON USO DE ADITIVO TERRASIL
SOLICITA : AV. CAJAMARQUILLA, LURIGANCHO, CHOSICA.
FECHA : 25 NOVIEMBRE DEL 2018

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 6,048.0 gr
2 1/2"	63.500						
2"	50.800				100.0		PESO FINO = 862.0 gr
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO = 21.21 %
1"	25.400	510	8.4	8.4	91.6		LIMITE PLASTICO = 17.16 %
3/4"	19.100	475	7.9	16.3	83.7		INDICE PLASTICO = 4.05 %
1/2"	12.700	516	8.5	24.8	75.2		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)
3/8"	9.520	360	6.0	30.8	69.2		CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350						MAX. DENS. SECA = 1.81 gr/cc
#4	4.760	714	11.8	42.6	57.4		HUMEDAD OPT. = 11.9 %
#8	2.360						CBR AL 100% 0.1" =
#10	2.000	819	13.5	56.1	43.9		
#16	1.190						Ensayo Malla #200 P.S. Seco P.S. Lavado % 200
#20	0.840	649	10.7	66.8	33.2		6,048.0 5,186.0 14.3
#30	0.590						
#40	0.420	425	7.0	73.9	26.1		EQUIV. ARENA
#50	0.300						CARAS FRACT.
#100	0.149	421	7.0	80.8	19.2		CHATAS Y ALARG.
#200	0.074	297	4.9	85.7	14.3		HUMEDAD NATURAL P.S.H. P.S.S. % Humd.
< #200	FONDO	882	14.3	100.0			336.2 325.6 3.9%
FRACCION		3,473.0					Coef. Uniformidad
TOTAL		6,048.0					Coef. Curvatura

DESCRIPCION DEL SUELO : Arena limosa con grava
Peso Especifico de la Grava = 2.765 gr/cc



RESERVACIONES : Muestra proporcionada por el interesado.
FAVICA INGENIEROS S.A.C.

SILVINO NAVARRO ALVARADO
JEFE AREA LABORATORIO
SUELO - CONCRETO - ASFALTO

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

CARLOS ALONZO CORONADO YOVERA
INGENIERO CIVIL
REG. N° 12108

Coop. El Valle Mz. G Lt. 14 - Campoy - S.J.L
Urb. Ricardo Palma Mz. E Lt. 3 - San Gregorio - ATE

Cel 968253889 - 993271540 - 981374812
Email: favica_sac@hotmail.com

Anexo 3: Ensayo de compactación proctor modificado ASTM D 1557



FAVICA INGENIEROS S.A.C

DIVISION DE TECNOLOGIA & INGENIERIA

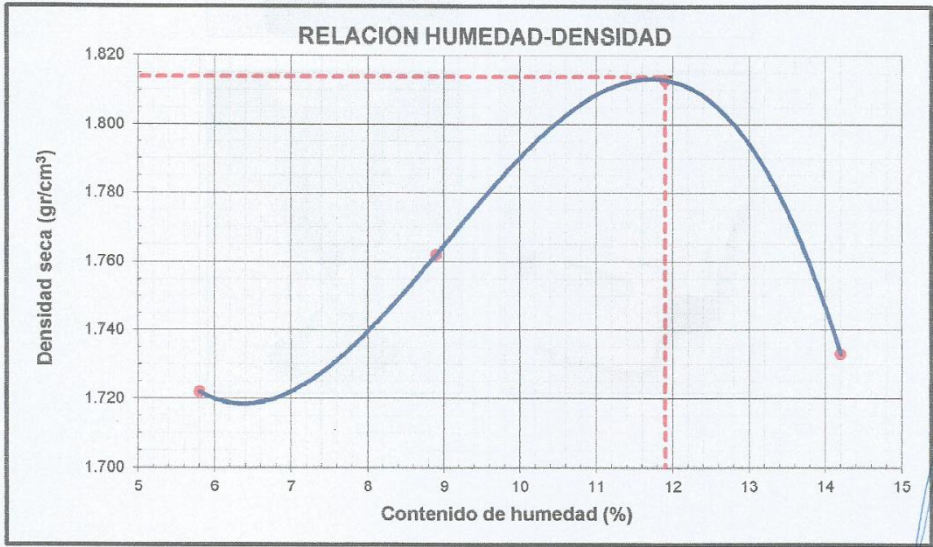
PROYECTOS - CONSULTORIA - ASESORIA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO - ENSAYOS GEOTECNICOS ESTANDAR Y ESPECIALES - SUMINISTRO DE EQUIPOS E INSUMOS

SOLICITANTE : RICARDO SAAVEDRA YHOÑAN
 PROYECTO : DISEÑO DE LA SUB RASANTE EN PAVIMENTOS, CON USO DE ADITIVO TERRASIL
 UBICACIÓN : AV. CAJAMARQUILLA, LURIGANCHO, CHOSICA.
 FECHA : 25 NOVIEMBRE DEL 2018

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 (C)

MOLDE	I	II	III	IV
HUMEDAD	5.80	8.90	11.90	14.20
DENSIDAD SECA	1.722	1.762	1.813	1.733

DENSIDAD MAXIMA (kg/cm ³)	1.814
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.90



OBSERVACION : Muestra provista e identificada por el Solicitante
 HECHO POR : Téc. Silvino Navarro.

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

SILVINO NAVARRO ALVARADO
 JEFE DEL LABORATORIO
 SUELO - CONCRETO - ASFALTO

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

CARLOS ALONSO CORONADO YOYERA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.P. N° 121206

Anexo 4: Ensayo (CBR) densidad vs humedad

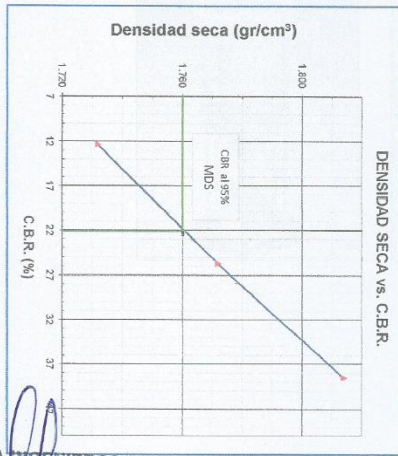
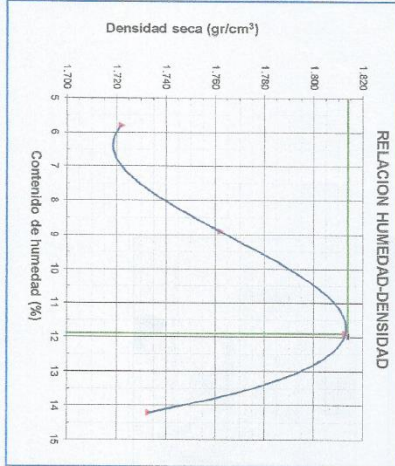


FAVICA INGENIEROS S.A.C

DIVISION DE TECNOLOGIA & INGENIERIA

PROYECTOS - CONSULTORIA - ASESORIA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO - ENSAYOS GEOTECNICOS ESTANDAR Y ESPECIALIZADOS - SUMINISTRO DE EQUIPOS E INSUMOS

Observacion : No se registro expansion
Hecho por : Tec. Silvano Navarro.



UBICACION : CAJAMARQUILLA Prog. 0+400
PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.00 m
Nº 01

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.814
Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.90
CBR al 100% de la MDS (%) : 38.50
CBR al 95% de la MDS (%) : 22.10

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

SOLICITANTE : RICARDO SAAVEDRA YHOÑANI
PROYECTO : DISEÑO DE LA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS, CON USO DE ADITIVO TERRASIL
UBICACION : AV. CALAMARQUILLA, LURIGANCHO, CHOSICA
FECHA : 25 NOVIEMBRE DEL 2018

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

SILVANO NAVARRO ALVARADO
JEFE AREA LABORATORIO
SUELO - CONCRETO - ASFALTO

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

CARLOS ALONSO GONZALEZ YOVERA
INGENIERO CIVIL
R.C.I.N.º 21200

Anexo 5: Ensayo de CBR penetración vs presión

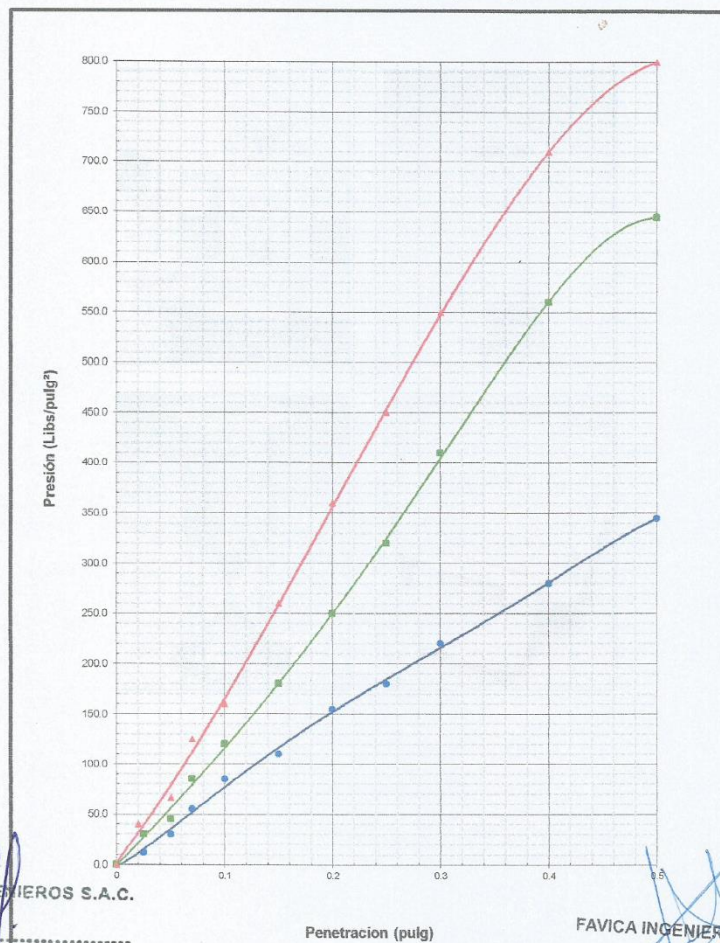


FAVICA INGENIEROS S.A.C

DIVISION DE TECNOLOGIA & INGENIERIA
 PROYECTOS - CONSULTORIA - ASESORIA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO - ENSAYOS GEOTECNICOS ESTANDAR Y ESPECIALES - SUMINISTRO DE EQUIPOS E INSUMOS

SOLICITANTE : RICARDO SAAVEDRA YHOÑAN
 PROYECTO : DISEÑO DE LA SUB RASANTE EN PAVIMENTOS, CON USO DE ADITIVO TERRASIL
 UBICACIÓN : AV. CAJAMARQUILLA, LURIGANCHO, CHOSICA.
 FECHA : 25 NOVIEMBRE DEL 2018

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



FAVICA INGENIEROS S.A.C.

SILVINO NAVARRO ALVARADO
 JEFE AREA LABORATORIO
 SUELO - CONCRETO - ASFALTO

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

CARLOS ALONZO GOROMADO YOVERA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C°

Anexo 6: Ensayo de California Bearing Ratio CBR



FAVICA INGENIEROS S.A.C

DIVISION DE TECNOLOGIA & INGENIERIA

PROYECTOS - CONSULTORIA - ASESORIA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO - ENSAYOS GEOTECNICOS ESTANDAR Y ESPECIALES - SUMINISTRO DE EQUIPOS E INSUMOS

SOLICITANTE : RICARDO SAAVEDRA YHOÑAN
 PROYECTO : DISEÑO DE LA SUB RASANTE EN PAVIMENTOS, CON USO DE ADITIVO TERRASIL
 UBICACIÓN : AV. CAJAMARQUILLA, LURIGANCHO, CHOSICA.
 FECHA : 25 NOVIEMBRE DEL 2018

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : Nº 01
 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.00 m
 UBICACIÓN : Av. Cajamarquilla Prog. 0+400

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

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : C
 Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.814
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.90

b).- Compactacion de moldes

MOLDE Nº	I	II	III
Nº de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.814	1.772	1.732
Contenido de Humedad	11.90	11.90	11.90

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

MOLDE Nº	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lbgr/pulg ²)	Presion Patron (Lb/pulg ²)	CBR %
I	0.1	385	1000	38.50
II	0.1	257	1000	25.70
III	0.1	124	1000	12.40

CBR al 100% de la MDS (%) = 38.50
 CBR al 95% de la MDS (%) = 22.10

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

SILVINO NAVARRO ALVARADO
 JEFE DEL LABORATORIO
 SUELO - CONCRETO - ASFALTO

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

CARLOS ALONZO CORONADO YOYERA
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.A.M.º 121236

Anexo 7: Ensayo de compactación proctor modificado ASTM D 1557 + Aditivo



FAVICA INGENIEROS S.A.C

DIVISION DE TECNOLOGIA & INGENIERIA

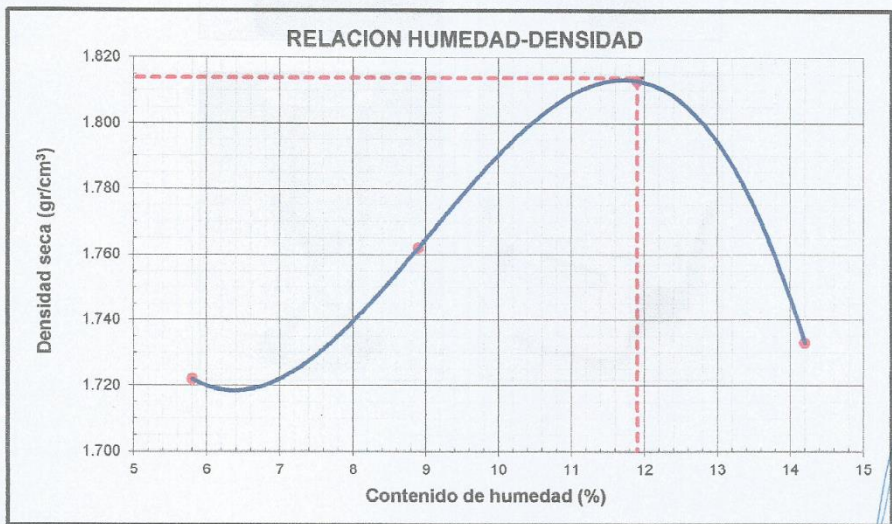
PROYECTOS - CONSULTORIA - ASESORIA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO - ENSAYOS GEOTECNICOS ESTANDAR Y ESPECIALES - SUMINISTRO DE EQUIPOS E INSUMOS

SOLICITANTE : RICARDO SAAVEDRA YHOÑAN
 PROYECTO : DISEÑO DE LA SUB RASANTE EN PAVIMENTOS, CON USO DE ADITIVO TERRASIL
 UBICACIÓN : AV. CAJAMARQUILLA, LURIGANCHO, CHOSICA.
 FECHA : 25 NOVIEMBRE DEL 2018

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 (C)

MOLDE	I	II	III	IV
HUMEDAD	5.80	8.90	11.90	14.20
DENSIDAD SECA	1.722	1.762	1.813	1.733

DENSIDAD MAXIMA (kg/cm ³)	1.814
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.90



OBSERVACION : Muestra provista e identificada por el Solicitante
 HECHO POR : Téc. Silvino Navarro.

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

SILVINO NAVARRO ALVARADO
 JEFE DEL LABORATORIO
 SUELO - CONCRETO - ASFALTO

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

CARLOS ALONZO CORONADO YOYERA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. O.P. N° 121206

Anexo 8: Ensayo de California Bearing Ratio CBR + Aditivo



FAVICA INGENIEROS S.A.C

DIVISION DE TECNOLOGIA & INGENIERIA

PROYECTOS - CONSULTORIA - ASESORIA - SERVICIO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, ASFALTO Y CONCRETO - ENSAYOS GEOTECNICOS ESTANDAR Y ESPECIALES - SUMINISTRO DE EQUIPOS E INSUMOS

SOLICITANTE : RICARDO SAAVEDRA YHOÑAN
 PROYECTO : DISEÑO DE LA SUB RASANTE EN PAVIMENTOS, CON USO DE ADITIVO TERRASIL
 UBICACIÓN : AV. CAJAMARQUILLA, LURIGANCHO, CHOSICA.
 FECHA : 25 NOVIEMBRE DEL 2018

RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

CALICATA : N° 02
 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.00 m
 UBICACIÓN : Av. Cajamarquilla Prog. 0+250

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

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Metodo : C
 Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.814
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 11.90

b).- Compactacion de moldes

MOLDE N°	I	II	III
N° de Capas	5	5	5
Numero de golpes/capa	56	25	10
Densidad Seca (gr/cm³)	1.814	1.772	1.732
Contenido de Humedad	11.90	11.90	11.90

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

MOLDE N°	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (Lbgr/pulg²)	Presion Patron (Lb/pulg²)	CBR %
I	0.1	651	1000	65.10
II	0.1	482	1000	48.20
III	0.1	265	1000	26.50

CBR al 100% de la MDS (%) = **65.10**
 CBR al 95% de la MDS (%) = **52.40**




Nota: Se utilizo Aditivo Terrasil 0.5 - 1.0 Kg/cm³

FAVICA INGENIEROS S.A.C.

SILVINO NAVARRO ALVARADO
 JEFE DEL LABORATORIO
 SUELO - CONCRETO - ASFALTO

CARLOS ALONZO DORONADO YOVERA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 171306

Anexo 9: Instrumento de investigación validada

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO :	Diseño de la subrasante para pavimentos, con el uso del Aditivo Terrasil, en la Av. de Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima 2018		
AUTORES :	Puchoc Bartolo, Cristhian Elvis Saavedra Ynoñan, Felipe Ricardo		
Información General			
Ubicación	LABORATORIO: COOP. EL VALLE MZ.Glt14-campoy-S.J.L	Provincia	LIMA
Distrito	SANTA ANITA	Departamento	LIMA
ADITIVO TERRASIL (Variable independiente)			
Ensayos /Estudio	Parámetros de Diseño	Norma	Unidad
Granulometría por tamizado	Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 400.012	%
Ensayo del proctor modificado	Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 339.137	Kg/cm3
Ensayo del C.B.R	Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 339.145	95% a 100%
			0.92
			0.89
			0.93
DISEÑO DE SUBRASANTE (Variable dependiente)			
Ensayos /Estudio	Parámetros de Diseño	Norma	Unidad
Granulometría por tamizado	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 400.012	%
Ensayo de compactación de proctor modificado	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 339.137	Kg/cm3
Ensayo del C.B.R	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 339.145	95% a 100%
EVALUACION DE TRANCITO	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	M.T.C	%
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 350.043	KM2
			0.93
			0.83
			0.90
			0.94
			0.92
DATOS DEL EVALUADOR			Promedio de validación
Apellidos y Nombres:	VICTOR EDWIN ESCALANTE FACHIN		V1: 0.97
Registro CIP: 85546		Teléfono:	V2: 0.90
Correo:			
RANGOS	CONFIABILIDAD		
0.81 - 1.00	MUY ALTA		
0.61 - 0.80	ALTA		
0.41 - 0.60	MODERADA		
0.21 - 0.40	BAJA		
0.01 - 0.20	MUY BAJA		
			 CONSORCIO GABRIEL ING. VICTOR EDWIN ESCALANTE FACHIN ESPECIALISTA DE ESTUDIO DE TRANSITO CIP. 85546
			FIRMA DEL EVALUADOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



FICHA TÉCNICA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
CIVIL

PROYECTO :	Diseño de la subrasante para pavimentos, con el uso del Aditivo Terrasil, en la Av. de Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima 2018
AUTORES :	Puchoc Bartolo, Cristhian Elvis Saavedra Ynoñan, Felipe Ricardo

Información General

Ubicación	LABORATORIO: COOP. EL VALLE MZ.Glt14-campoy-S.J.L	Provincia	LIMA
Distrito	SANTA ANITA	Departamento	LIMA

ADITIVO TERRASIL (Variable independiente)

Ensayos /Estudio	Parámetros de Diseño	Norma	Unidad	
Granulometría por tamizado	Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 400.012	%	0,85
Ensayo del proctor modificado	Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 339.137	Kg/cm3	0,87
Ensayo del C.B.R	Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 339.145	95% a 100%	0,92

DISEÑO DE SUBRASANTE (Variable dependiente)

Ensayos /Estudio	Parámetros de Diseño	Norma	Unidad	
Granulometría por tamizado	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 400.012	%	0,94
Ensayo de compactación de proctor modificado	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 339.137	Kg/cm3	0,83
Ensayo del C.B.R	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 339.145	95% a 100%	0,93
EVALUACION DE TRANCITO	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	M.T.C	%	0,96
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	Diseño de la subrasante sin aditivo terrasil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrasil	NTP. 350.043	KM2	0,92

DATOS DEL EVALUADOR			Promedio de validación
Apellidos y Nombres:	Emiko Martín Espino Niño		v1: 0,88
Registro CIP:	45907	Teléfono:	
Correo:			v2: 0,92

RANGOS	CONFIABILIDAD
0.81 - 1.00	MUY ALTA
0.61 - 0.80	ALTA
0.41 - 0.60	MODERADA
0.21 - 0.40	BAJA
0.01 - 0.20	MUY BAJA

CONSORCIO GABRIEL
ING. EMILIO MARTÍN ESPINO NIÑO
RESIDENTE DE OBRA
CIP 45907

FIRMA DEL EVALUADOR



	FICHA TÉCNICA	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO :	Diseño de la subrasante para pavimentos, con el uso del Aditivo Terrasil, en la Av. de Cajamarquilla, Lurigancho-Chosica, Lima 2018	
AUTORES :	Puchoc Bartolo, Cristhian Elvis Saavedra Ynoñan, Felipe Ricardo	

Información General

Ubicación	LABORATORIO: COOP. EL VALLE MZ.Glt14-campoy-S.J.L	Provincia	LIMA
Distrito	SANTA ANITA	Departamento	LIMA

ADITIVO TERRASIL (Variable independiente)

Ensayos /Estudio	Parámetros de Diseño	Norma	Unidad	
Granulometría por tamizado	Diseño de la subrasante con aditivo terrazil	NTP. 400.012	%	0.83
Ensayo del proctor modificado	Diseño de la subrasante con aditivo terrazil	NTP. 339.137	Kg/cm3	0.85
Ensayo del C.B.R	Diseño de la subrasante con aditivo terrazil	NTP. 339.145	95% a 100%	0.90

DISEÑO DE SUBRASANTE (Variable dependiente)

Ensayos /Estudio	Parámetros de Diseño	Norma	Unidad	
Granulometría por tamizado	Diseño de la subrasante sin aditivo terrazil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrazil	NTP. 400.012	%	0.92
Ensayo de compactación de proctor modificado	Diseño de la subrasante sin aditivo terrazil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrazil	NTP. 339.137	Kg/cm3	0.84
Ensayo del C.B.R	Diseño de la subrasante sin aditivo terrazil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrazil	NTP. 339.145	95% a 100%	0.89
EVALUACION DE TRANCITO	Diseño de la subrasante sin aditivo terrazil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrazil	M.T.C	%	0.92
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	Diseño de la subrasante sin aditivo terrazil VS Diseño de la subrasante con aditivo terrazil	NTP. 350.043	KM2	0.90

DATOS DEL EVALUADOR			Promedio de validación
Apellidos y Nombres:	<i>Efran Vidal Rodríguez Palcón</i>		V1 = 0.86
Registro CIP:	24005	Teléfono:	V2 = 0.89
Correo:			

RANGOS	CONFIABILIDAD
0.81 - 1.00	MUY ALTA
0.61 - 0.80	ALTA
0.41 - 0.60	MODERADA
0.21 - 0.40	BAJA
0.01 - 0.20	MUY BAJA

CONSORCIO SUPERVISIÓN VILLA

 Ing. Efran Vidal Rodríguez Palcón
 DNI: N° 22511098
 REPRESENTANTE LEGAL

FIRMA DEL EVALUADOR

Anexo 10: Panel fotográfico



Figura 25. Vista panorámica de la Av. Cajamarquilla

Fuente: Elaboración propia



Figura 26. Reconocimiento del lugar

Fuente: Elaboración propia



Figura 27. Reconocimiento del tipo de suelo de forma visual

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Excavación de la calicata C-01

Fuente: Elaboración propia



Figura 30. Obtención de la muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura 31. Transporte listo para el llevado de la muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura 32. Llegada al laboratorio de suelos

Fuente: Elaboración propia



Figura 33. Instrumentos del laboratorio de suelos

Fuente: Elaboración propia



Figura 34. Cuarteo de la muestra extraída de la calicata

Fuente: Elaboración propia



Figura 35. Inicio del ensayo granulométrico

Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Preparativo de la muestra previo al ensayo de compactación proctor modificado

Fuente: Elaboración propia



Figura 37. Preparación del molde para la compactación de la muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura 38. Realizando el ensayo de compactación proctor modificado

Fuente: Elaboración propia