



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao – Pungalá

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Parra Merino, Carlos Julio

Tutor:

MgSc. Ing. Carlos Sebastián Saldaña García

Riobamba, Ecuador. 2024

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Carlos Julio Parra Merino, con cédula de ciudadanía 060411413-2, autor del trabajo de investigación titulado: Estabilización del suelo utilizando reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao - Pungalá, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 02 de diciembre del 2024.



Carlos Julio Parra Merino.

CI: 060411413-2

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Carlos Sebastián Saldaña García, catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación “Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao – Pungalá”, bajo la autoría de Carlos Julio Parra Merino; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 29 días del mes de noviembre de 2024



Ing. Carlos Sebastián Saldaña García.

C.I: 030149658-4

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Estabilización del suelo utilizando reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao – Pungalá”, presentado por Carlos Julio Parra Merino, con cédula de identidad número 060411413-2, bajo la tutoría de Ing. Carlos Sebastián Saldaña García, Mgs ; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba el 2 de diciembre del 2024.

Ing. Diego Barahona, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Jorge Nuñez, Msc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Vladimir Pazmiño, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.20
VERSIÓN 02: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, Parra Merino Carlos Julio con CC: 0604114132; estudiante de la Carrera de **Ingeniería Civil, NO VIGENTE**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado: " **Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao – Pungala**", cumple con el 9%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 06 de noviembre de 2024

Mgs. Carlos Saldaña García
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Este proyecto de grado, es dedicado a mis padres, quienes con su amor y apoyo incondicional me motivaron a culminar con mis estudios enseñándome el valor y el efecto del esfuerzo y la perseverancia en los proyectos de vida, los cuales sirven para conducir al desarrollo y bienestar personal.

A mis amigos y conocidos por la colaboración, y por estar presentes en los momentos difíciles motivándome a seguir adelante.

A mis docentes que con su enseñanza han hecho mérito para que un estudiante culmine sus estudios y brinde un mejor futuro para y su familia y para sí mismo.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a mis profesores delegados a miembros de tribunal, Ing. Carlos Saldaña, Ing. Vladimir Pazmiño, e Ing. Jorge Núñez, por su constante apoyo y orientación para la realización de este trabajo de investigación.

A mi familia que, por su apoyo incondicional y su motivación en el desarrollo de este proyecto, lograron hacer realidad el sueño de todo estudiante universitario haciendo que no solo sea una satisfacción haber cumplido, sino que también hicieron un gran aporte para avanzar con mi desarrollo personal.

A mis amigos y cercanos con los cuales he compartido momentos gratos, que se preocuparon por el avance del proyecto aportando con su motivación, consejos y buenos deseos.

A las instituciones y personas que de una u otra manera contribuyeron con la información necesaria para alimentar el proyecto, brindando el servicio de su conocimiento, su voluntad y tiempo.

Y finalmente a esta gran institución que ha facultado los medios y los conocimientos necesarios apoyándose en buenos y capacitados docentes los cuales educan y evalúan a cientos de profesionales que en el futuro serán útiles para esta sociedad.

Para todos ustedes mis más sinceros agradecimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes.....	14
1.2 Planteamiento del Problema.....	15
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.1.Estado del Arte	19
2.2.Marco Conceptual.....	20
2.2.1. Vías Terciarias o de tercer orden	20
2.2.2. Estabilización de suelo.....	20
2.2.3. Subrasante.....	21
2.2.3.1 Definición.....	21
2.2.3.2 Parámetros que deben cumplir una subrasante.....	21
2.2.4. California Bearing Ratio (CBR)	22
2.2.4.1. Definición.....	22
2.2.4.2 Parámetros que deben cumplir la subrasante.....	22
2.2.5. Estabilización de suelo con reciclaje de pavimento.....	23
2.2.6. Tipos de estabilización	24
2.2.6.1. Estabilización Física.....	24
2.2.6.2. Estabilización Mecánica.....	24
2.2.6.3. Estabilización Química	26
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	27

3.1. Tipo de Investigación.....	27
3.1.1. Técnicas.....	27
3.2.2. Instrumentos	28
3.2 Diseño de investigación	28
3.2.1 Revisión Bibliográfica.....	28
3.2.2 Toma de Muestreo en el sector de estudio	29
3.3.3 Adquisición del pavimento reciclado.....	30
3.3.4 Caracterización del suelo: Límites de Atterberg.....	31
3.3.5 Ensayos CBR.....	31
3.4. Método de análisis y Procesamiento de Datos	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 Volumen de asfalto reciclado calculando el intervalo de tiempo de mantenimiento de las vías de asfalto en el cantón Riobamba.....	36
4.2 Zonas de stock para el Volumen de asfalto reciclado calculando	38
4.3 Análisis del impacto de la estabilización del suelo el método asfalto reciclado en la capacidad portante de la subrasante de la vía en estudio Alao-Pungala.	43
Resultados CBR con adición de asfalto reciclado.....	46
4.4 Estimación de costos de ejecución entre las alternativas planteadas: cemento/cal y asfalto reciclado.....	46
Costo del mantenimiento vial.....	47
Costo de la vía por lastrado.....	49
Inversión en vía estabilizada con cemento vs vía estabilizada con asfalto.	49
4.5 Discusión.....	54
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
5.1 Conclusiones.....	55
5.2 Recomendaciones	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	59
7.1 INFORMACIÓN DE LAS CUATRO ETAPAS DE MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS DE ASFALTO EN EL CANTÓN RIOBAMBA.....	59
ETAPA 1.....	59
ETAPA 2.....	60
ETAPA 3.....	62
ETAPA 4.....	64
7.2 ENSAYOS CBR SUELO – A. CAFÉ.....	66
7.3 ENSAYOS CBR SUELO – A. GG	71
7.4 ENSAYOS CBR SUELO – A. G.A.....	76
7.5 ENSAYOS CBR SUELO - ARENA NEGRA.....	81

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Requisitos de calidad de materiales para capas de subrasante	22
Tabla 2. Categorías de subrasante en función de su índice CBR.....	23
Tabla 3. Puntos de referencia de las muestras	29
Tabla 4. Volumen reciclado de asfalto en el cantón Riobamba	36
Tabla 5. Zonas de stock	38
Tabla 6. Características físicas de cada tipo de suelo.....	43
Tabla 7. Diseño con distintos porcentajes de asfalto reciclado para todos los suelos.....	47
Tabla 8. Costo unitario por kilómetro de vía de estabilización con asfalto reciclado.....	48
Tabla 9. Costo de la estabilización con distintos porcentajes de asfalto reciclado	48
Tabla 10. Costo del lastrado de la vía.....	49
Tabla 11. Diferencias de inversión entre una vía lastrada vs una estabilizada con cemento u asfalto reciclado.....	51
Tabla 12. Diferencias de inversión entre una vía lastrada vs una estabilizada con cemento u asfalto reciclado.....	53
Tabla 13. Información sobre la Etapa 1	59
Tabla 14. Información sobre la Etapa 2.....	60
Tabla 15. Información sobre la Etapa 3.....	62
Tabla 16. Información sobre la Etapa 4.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Ubicación delimitación Cantón Riobamba	18
Figura 2. Proceso de la investigación	28
Figura 3. Toma de muestras en la zona de estudio.....	30
Figura 4. Toma de muestras.....	31
Figura 5. Ensayo de laboratorio CBR.....	32
Figura 6. Esquema del proceso metodológico	35
Figura 7. Distancia promedio de las zonas de stock.....	41
Figura 8. Resultados del ensayo al 95% CBR de suelos estabilizados con asfalto reciclado...46	
Figura 9. Espesor de la capa estabilizada para el diseño 1 y 2.	47
Figura 10. Comparativo temporal entre la inversión de una vía lastrada vs una estabilizada con cemento y asfalto reciclado cada año	50
Figura 11. Comparativo temporal entre la inversión de una vía lastrada vs una estabilizada con cemento y asfalto reciclado cada 3 años.....	52

RESUMEN

Las vías terciarias son conocidas también como caminos rurales debido a que conectan áreas rurales, pueden ser zonas agrícolas y ganaderas de las pequeñas localidades las cuales presentan un menor tráfico y un bajo nivel de desarrollo.

Lo que pretende este trabajo de investigación es otorgar a las vías de tercer orden de la parroquia Pungalá y sus comunidades, un mejoramiento del estado de las vías para regenerar la comunicación y en efecto impulsar la actividad comercial permitiéndoles desarrollar una mejor calidad de vida. Para ello se realizó una comparación entre la estabilización basándonos en el ensayo CBR entre los materiales de cemento y asfalto reciclado, para posteriormente analizarlos considerando su resistencia, disponibilidad y costo de producción.

Posterior a la extracción de muestras inalteradas de suelo de la vía en estudio se realizó el proceso que requiere el ensayo CBR según la normativa colombiana “INV E-141 y INV 142” adicionándole distintos porcentajes de asfalto reciclado para obtener una mayor capacidad portante del suelo, basándonos en lo que establece el MTC “Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú en el 2014” cumpliendo de esta manera lo que solicita el objetivo general de esta investigación.

Adicionalmente se consideraron los demás objetivos analizando la disponibilidad de material asfáltico fresado resultado de los mantenimientos periódicos de la carpeta asfáltica de las vías asfaltadas de la ciudad de Riobamba y las zonas de stock contiguas a la vía en estudio las cuales serán utilizadas para el almacenamiento, y se analizó los costos de mantenimiento para concluir con la aceptación del método de estabilización.

Finalmente se consideró que el asfalto reciclado es un material viable para la estabilización de las vías terciarias rurales, considerando además que genera un impacto positivo en la disminución del de la huella de carbono debido a que fomenta una cultura de sostenibilidad en industria de la construcción.

Palabras Clave:

Vías terciarias, estabilización del suelo, ensayo CBR, viabilidad, sostenibilidad.

ABSTRACT

Rural roads are known as tertiary roads; they connect agricultural and livestock areas, as well as small towns, in rural regions with less traffic and a low level of development.

This research work aims to provide the third-order roads of the Pungalá parish and its communities with an improvement in the state of the streets to regenerate communication and, in effect, promote commercial activity, allowing them to develop a better quality of life. For this, a comparison was made between stabilization based on the CBR test between cement and recycled asphalt materials to analyze them later, considering their resistance, availability, and production cost.

After the extraction of unaltered soil samples from the road under study, the process required by the CBR test was carried out according to the Colombian regulations "INV E-141 and INV 142," adding different percentages of recycled asphalt to obtain a greater bearing capacity of the soil based on what is established by the MTC "Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú" in 2014, thus fulfilling what the general objective of this research requests.

Additionally, the other objectives were considered by analyzing the availability of milled asphalt material resulting from periodic maintenance of the asphalt layer of the paved roads of the city of Riobamba and the stock areas adjacent to the road under study, which will be used for storage. And the maintenance costs were analyzed to conclude with the acceptance of the stabilization method.

Finally, it was considered that recycled asphalt is a viable material for the stabilization of rural tertiary roads, also considering that it generates a positive impact in reducing the carbon footprint because it promotes a culture of sustainability in the construction industry.

Keywords:

Tertiary routes, soil stabilization, CBR testing, feasibility, sustainability.



Reviewed by:
Mg. Javier Andrés Saltos Chacán
ENGLISH TEACHER
c.c. 0202481438

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La importancia de la infraestructura vial cada vez adquiere más valor dentro del desarrollo económico de una región, debido a que estas vías conectan a los sectores de producción y consumo, de ahí parte que dependiendo de su estado se llega a determinar costos de transporte y a su vez estos influyen sobre los flujos de comercio.

La red vial desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico, social y cultural de las sociedades, ya que permite la conexión entre áreas urbanas y rurales; permitiendo la comunicación de servicios básicos, acceso a la educación, salud y empleo. Además, fomentan el intercambio de actividades económicas facilitando el transporte de bienes, servicios y productos. (Obregón, 2012)

Las vías terciarias, también conocidas como caminos rurales, son vías de comunicación que conectan áreas rurales, zonas agrícolas o pequeñas localidades, suelen tener un menor nivel de desarrollo y menor tráfico. (INVIAS, 2008).

Lo que se pretende con este trabajo de investigación es comparar entre la estabilización de suelos realizada con cemento o cal y con asfalto reciclado, con la finalidad de contrastar entre los dos materiales su resistencia, disponibilidad y el costo de producción.

Se verificarán valores obtenidos en investigaciones pasadas realizadas en el mismo sector con diferente material, para posteriormente realizar un balance con los resultados obtenidos con asfalto reciclado. Y finalmente, determinar la viabilidad del material para intervenir la vía.

Debido a que la vía es considerada de bajo volumen de tráfico no se le ha dado prioridad de mantenimiento, sin embargo, los habitantes de los diferentes asentamientos hacen uso de esta vía para movilizarse para cumplir con sus obligaciones diarias, considerando también que la localidad dispone de buses de transporte público en donde resulta entonces necesario abordar de manera eficaz la problemática del mantenimiento vial, en diferentes aspectos, incluidas las actividades de rehabilitación requeridas para asegurar las condiciones de tránsito seguro de dicha red.

1.2 Planteamiento del Problema

En el cantón Riobamba, se registran 667.18 km de vías, la mayor cantidad de kilómetros se registran en la parroquia Pungalá con 91.04 km registrados, cuyo tipo de interconexión corresponde a Parroquia Rural – Parroquia, en cuanto a la superficie de rodadura la mayor parte corresponde a lastre con 326.92 km a nivel cantonal, de los cuales en la parroquia Pungalá son 91.04 km, siendo la parroquia con mayor kilometraje de vía lastrada. (CONGOPE, 2019).

Pungalá es una parroquia que cuenta simplemente con 7 kilómetros de vías son asfaltadas, las que llegan a las comunidades solamente son lastradas en algunos casos y de tierra en otros, señaló el presidente del Gobierno Parroquial, lo cual va generando inconvenientes en la movilización de automotores dificultando la comunicación entre parroquias urbanas y rurales, haciendo necesaria la implementación de un mejoramiento de las vías con materiales resistentes, disponibles y sin elevados costos para incrementar la capacidad de la subrasante.

La visión del presente proyecto es otorgar a las comunidades que hacen uso de estos caminos públicos un mejoramiento del estado de las vías para mejorar la comunicación entre sectores y dar una mejor movilidad a la actividad agrícola y ganadera mediante la reducción del tiempo de movilización de un sector a otro, disminuir el riesgo de accidentes y el deterioro de sus vehículos permitiéndoles desarrollar su situación y calidad de vida.

1.3 Justificación

La importancia de la infraestructura vial cada vez adquiere más valor dentro del desarrollo económico de una región, debido a que estas vías conectan a los sectores de producción y consumo, de ahí parte que dependiendo de su estado se llega a determinar costos de transporte y a su vez estos influyen sobre los flujos de comercio.

La red vial desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico, social y cultural de las sociedades, ya que permite la conexión entre áreas urbanas y rurales; permitiendo la comunicación de servicios básicos, acceso a la educación, salud y empleo. Además, fomentan el intercambio de actividades económicas facilitando el transporte de bienes, servicios y productos

Las vías terciarias, también conocidas como caminos rurales, son vías de comunicación que conectan áreas rurales, zonas agrícolas o pequeñas localidades, suelen tener un menor nivel de desarrollo y menor tráfico.

Lo que se pretende con este trabajo de investigación es comparar entre la estabilización de suelos realizada con cemento o cal y con asfalto reciclado, con la finalidad de contrastar entre los dos materiales su resistencia, disponibilidad y el costo de producción.

Se verificarán valores obtenidos en investigaciones pasadas realizadas en el mismo sector con diferente material, para posteriormente realizar un balance con los resultados obtenidos con asfalto reciclado. Y finalmente, determinar la viabilidad del material para intervenir la vía.

Debido a que la vía es considerada de bajo volumen de tráfico no se le ha dado prioridad de mantenimiento, sin embargo, los habitantes de los diferentes asentamientos hacen uso de esta vía para movilizarse para cumplir con sus obligaciones diarias, considerando también que la localidad dispone de buses de transporte público en donde resulta entonces necesario abordar de manera eficaz la problemática del mantenimiento vial, en diferentes aspectos, incluidas las actividades de rehabilitación requeridas para asegurar las condiciones de tránsito seguro de dicha red.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Definir la mejor opción desde los puntos de vista: mecánicos, disponibilidad y costos entre dos alternativas de estabilización: cemento o cal y asfalto reciclado, en el tramo definido de la vía de tercer orden Alao – Pungalá.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Estimar el volumen disponible de asfalto reciclado calculando el intervalo de tiempo de mantenimiento de las vías de asfalto en el cantón y definiendo zonas de stock.
- Analizar el impacto de la estabilización del suelo por los métodos cemento/cal y asfalto reciclado en la capacidad portante de la subrasante de la vía en estudio.
- Estimar los costos de ejecución entre las alternativas planteadas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes

El cantón Riobamba situada en la provincia de Chimborazo a 2750 msnm ubicado en la zona centro de la sierra limitado al Norte con los cantones Guano y Penipe, al Sur con los cantones Colta y Guamote, al Este el cantón Chambo y Oeste con la provincia de Bolívar, además está conformado por de 5 parroquias urbanas y 11 rurales en una superficie de 5 637 km² (Oleas, 2017).

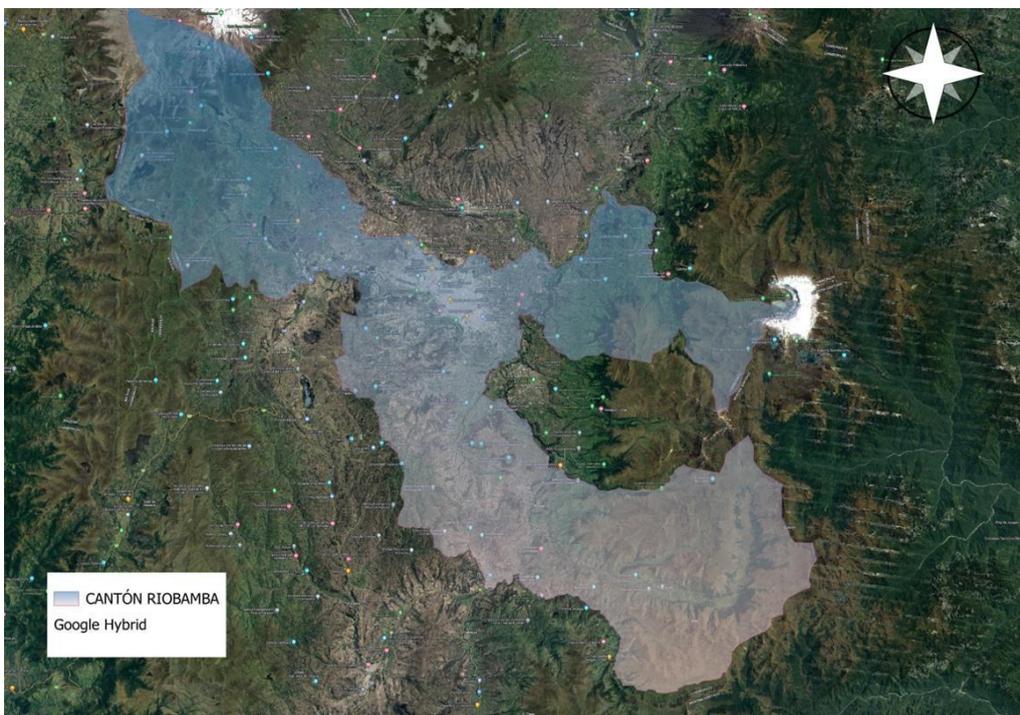


Figura 1. Ubicación delimitación Cantón Riobamba

Fuente: Parra. C (2024)

De acuerdo con el (MTO, 2015). Cumplida la vida útil de las vías terciarias de circulación vehicular de la Ciudad de Riobamba y no contar con el adecuado mantenimiento de estas por parte de los gobiernos locales, ocurre una emergencia vial, caracterizada por el alto nivel de congestionamiento vehicular, inseguridad vial para los transeúntes, y accidentes de tránsito que en definitiva traducen en costos de operación vehicular elevados. La falta de una planificación territorial, la carencia de una adecuada categorización vial profundiza la problemática del ordenamiento territorial, con sus consecuencias económicas y sociales que demanda de una urgente intervención por parte de las entidades competentes. Además, el

cantón Riobamba también cuenta con una alta demanda del sector agrícola y ganadero mismo que hacen de las vías sean de alta movilidad en consecuencia, esta demanda y movilidad en todo el sector determina la necesidad de contar con vías urbana y rurales que permitan facilitar el tráfico.

2.1. Estado del Arte

La estabilización del suelo mediante el reciclaje de pavimento de vías es una práctica comúnmente utilizada en la ingeniería civil para mejorar las propiedades del suelo y prolongar la vida útil de las carreteras. Este proceso implica la reutilización de materiales de pavimento existentes, lo que no solo reduce los costos de construcción, sino que también disminuye el impacto ambiental al evitar la eliminación de desechos de pavimento en vertederos (Alarcón et al., 2020).

A lo largo de la historia se han ido dando algunos métodos de estabilización del suelo que se pueden emplear en el diseño, la construcción y el control de calidad de cada carretera o camino, uno de los métodos más comunes es la de reciclaje en el mismo sitio que consisten triturar el pavimento existente y mezclarlo con el suelo in situ, utilizando maquinaria especializada para lograr una distribución uniforme (Dávila, 2019).

Además (Dávila, 2019). Menciona que otro método de estabilización es fuera del lugar que consiste en el retiro del pavimento existente, su transporte a una planta de reciclaje donde se tritura y se mezcla con nuevos materiales antes de volver a colocarlo en la vía, por último, otro método que se puede implementar es la adición de estabilizadores que se basa en la incorporación de estabilizadores químicos como cemento, cal o emulsiones bituminosas para mejorar las propiedades del suelo.

En el cantón Riobamba existen varios kilómetros de vías de tercer orden en malas condiciones, que necesitan ser atendidas de algún modo. Por otro lado, la construcción es una de las industrias más contaminantes y se debe aprovechar los residuos que arrojan en la construcción y mantenimiento de cualquier tipo de obras (MTO, 2015).

También vale la pena recordar que la eliminación inadecuada de estas sobras puede causar daños al medio ambiente. Estos desechos de material podrían ser necesario en algún otro momento durante la ejecución de otro proyecto, y de esta manera aprovechar y beneficiar a los habitantes para mejorar su manera de moverse.

Es por eso que el presente proyecto de investigación tiene como finalidad estudiar la estabilización de suelo mediante el reciclaje de pavimento de las vías de tercer orden del cantón Riobamba, enfocados en dato estadísticos y los factores que inciden la estabilidad del suelo, para ejecutar este proyecto se realizó un sondeo en campo donde se extrajeron muestras de varios tipos de suelos con distintas propiedades mecánicas para así poder mezclar con diferentes porcentajes de residuo de asfalto y determinar la capacidad portante.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Vías Terciarias o de tercer orden

Las vías de tercer orden se refieren a carreteras o caminos secundarios que tienen una importancia intermedia en la jerarquía del sistema de carreteras. Estas vías suelen ser utilizadas para conectar áreas rurales o urbanas más pequeñas y proporcionar accesibilidad a zonas locales (MTOP, 2015).

A diferencia de las carreteras principales de primer y segundo orden, las vías de tercer orden generalmente tienen un menor ancho de calzada y una capacidad de tráfico más limitada. También pueden estar menos desarrolladas en términos de infraestructura y servicios en comparación con las carreteras de mayor categoría (Noboa, 2008).

El mantenimiento y la responsabilidad de las vías de tercer orden a menudo recae en los gobiernos locales o en las autoridades de transporte de nivel subnacional. Estas vías pueden variar en términos de diseño y características dependiendo de las normas y estándares específicos de cada país o región (MTOP, 2018).

2.2.2. Estabilización de suelo

Se refiere a técnicas y procesos utilizados para mejorar la resistencia y las propiedades del suelo, con el fin de evitar su erosión, asentamiento o colapso. Esta práctica es común en la construcción de infraestructuras como carreteras, edificios, presas y otras estructuras donde se requiere un suelo estable y capaz de soportar cargas. Existen diferentes métodos de determinación del suelo, y la elección de la técnica adecuada depende de las características del suelo, el tipo de proyecto y las condiciones específicas del sitio (Gómez-Calderón et al., 2018).

2.2.3. Subrasante

2.2.3.1 Definición

La subrasante es la capa de suelo preparada y compactada que soporta la estructura de un sistema de pavimento. Al diseñar una estructura de pavimento, es crucial considerar las propiedades de los suelos que componen la subrasante (Coronado, 2002).

Se define como subrasante es la capa de suelo natural que yace debajo de la superficie de la carretera. A simple vista, puede parecer simplemente tierra común; sin embargo, su importancia radica en su capacidad para soportar las cargas de tráfico, resistir los efectos del agua y mantener la estabilidad de la carretera. Es un componente esencial, pero a menudo subestimado en la construcción de carreteras y otras infraestructuras viales, la subrasante es la base sobre la cual descansa toda la estructura vial. Su calidad y capacidad de carga son fundamentales para la durabilidad y seguridad de las carreteras puede variar significativamente dependiendo de factores como el tipo de suelo, la compactación, el drenaje y las condiciones climáticas (MTO, 2018).

2.2.3.2 Parámetros que deben cumplir una subrasante

Una subrasante efectiva debe ser capaz de soportar las cargas del tráfico, tener una buena capacidad de drenaje, ser uniforme en su composición y densidad, y ser compatible con el diseño general de la carretera. El cumplimiento de estos parámetros es esencial para garantizar la estabilidad y durabilidad de la infraestructura vial (Coronado, 2002).

De acuerdo con la norma (N-CMT, 2021), es importante la calidad de los materiales para conformar una subrasante, la granulometría es una característica importante debido que se debe asegurar una adecuada distribución de tamaños de partículas y una capacidad de soporte para poder clasificar las categorías de la subrasante a continuación se presenta las características mínimas de los materiales para la capa de subrasante.

Tabla 1. Requisitos de calidad de materiales para capas de subrasante

Características	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido: % máximo	40
Índice plástico: % máximo	12
Valor Soporte de California (CBR); % mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación; %	100 ± 2

Fuente. (N-CMT, 2021)

2.2.4. California Bearing Ratio (CBR)

2.2.4.1. Definición

De acuerdo con (GUEVARA & RUIZ, 2016). El ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos. Referencia ASTM D-1883, AASHTO T-193, El CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El método CBR comprende los 3 ensayos siguientes:

- Determinación de la densidad y humedad.
- Determinación de las propiedades expansivas del material.
- Determinación de la resistencia a la penetración.

2.2.4.2 Parámetros que deben cumplir la subrasante.

En referencia a (MTC, 2014). Ya establecido los valores de CBR en cada tramo de estudio establecido de características homogéneas, se determina los parámetros de la subrasante perteneciente a dicho valor CBR como se indica en la tabla a continuación.

Tabla 2. Categorías de subrasante en función de su índice CBR

Categorías de subrasante	Índice CBR
Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
Subrasante insuficiente	$3\% \leq CBR < 6\%$
Subrasante regular	$6\% \leq CBR < 10\%$
Subrasante buena	$10\% \leq CBR < 20\%$
Subrasante muy buena	$10\% \leq CBR < 20\%$
Subrasante excelente	$CBR \geq 30\%$

Fuente. (MTC, 2014)

De acuerdo con la tabla anterior la caracterización de la subrasante, los anchos de la explanación deberán tener un ancho mínimo de 0.60 m del material en estudio, caso contrario se le asigna la calidad inferior.

Para ser conformado como subrasante el suelo según el (MTC, 2014), deberán ser suelos adecuados estables con $CBR \geq 6\%$.

2.2.5. Estabilización de suelo con reciclaje de pavimento

Consiste en el mantenimiento de la capa de asfalto dañada que se retira de las vías, es procesada y pulverizada para ser usada como base en la pavimentación de algunas vías terciarias. Este proceso es alternado gracias a que también se utilizan materiales pétreos, lo cual ayuda a su rápido desarrollo (Dávila, 2019).

El reciclado del asfalto no es algo nuevo. El pavimento de una carretera está sujeto a un envejecimiento progresivo debido a la acción del tráfico, la meteorología y del propio material. Hoy día, donde los costos del petróleo crecen y los presupuestos son escasos, reciclar asfalto es una forma económica de mantener las superficies asfaltadas sin dañar el medioambiente (Dávila, 2019).

Una de las ventajas es que permite emplear el 100% del pavimento dañado, lo que disminuye los costos de mantenimiento vial en más de 40%.

2.2.6. Tipos de estabilización

La estabilización de un suelo se puede realizar de manera física, química o mecánica. Para decidir qué tipo de estabilización es la conveniente, primero es necesario determinar el tipo de suelo existente, siendo los más comúnmente estabilizados los suelos limosos, arcillosos, las arenas arcillosas y las arenas limosas; y además hay que tomar en cuenta el uso que se le va a dar al suelo que se quiere estabilizar (Dávila, 2019).

2.2.6.1. Estabilización Física

Este tipo de estabilización se utiliza para mejorar las características de un suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Algunos de los tipos de estabilización física son mezclas de suelos, vibro flotación, geotextiles y consolidación previa. Se habla de una estabilización físico-mecánica cuando se hace un mejoramiento de un suelo mediante la adición de otro suelo proveniente de un sitio seleccionado (Dávila, 2019).

2.2.6.2. Estabilización Mecánica

Por compactación: La estabilización mecánica por compactación tiene la finalidad de mejorar el suelo sobre el que se va a construir, sin cambiar su estructura ni su composición inicial. Para esto se utiliza el método de la compactación, técnica con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo logrando así una mayor densidad y una mejor distribución de las fuerzas que actúan sobre el suelo para así tener mayor estabilidad, evitando posibles asentamientos. Este tipo de estabilización es el más usado, ya que se realiza siempre in situ, empleando maquinaria y equipos que transmiten al suelo esfuerzos a través de amasado, presión, impacto o vibraciones (Toro, 2019).

Por granulometría: La estabilización mecánica por cambio de granulometría consiste en mejorar el suelo sobre el que se va a construir mezclándolo con uno o más

materiales que contengan propiedades complementarias a éste, con la finalidad de obtener un material de mejor calidad en cuanto a plasticidad y a granulometría, y que cumpla con las exigencias requeridas. Las propiedades que se pretenden mejorar con este tipo de estabilización son la plasticidad y la granulometría, pues la primera afecta a la susceptibilidad del material al agua y su capacidad drenante; y la segunda afecta suresistencia, trabajabilidad y compacidad. Una de las ventajas de la estabilización mecánica es que puede llevarse a cabo in situ, o en una central de tratamiento de suelos; y su procedimiento es el siguiente:

- Escarificación y pulverización del suelo, si el procedimiento se realiza in situ, o pulverización únicamente si se realiza en una central de tratamiento de suelos.
- Mezcla homogénea de los materiales. Se emplea una grada de discos si se realiza en obra, y se emplean tolvas dosificadoras si se realiza en una central de tratamiento de suelos.
- Extensión y nivelación de la mezcla.
- Humectación y compactación de esta hasta alcanzar la densidad mínima prescrita en la obra, la cual generalmente es el 95 o 100% del Proctor modificado.

Con geo sintéticos: Estabilizar un suelo con un geo sintético de refuerzo permite incrementar la capacidad portante del material que conforma la estructura de un pavimento, es decir habrá un mejoramiento de las propiedades mecánicas de dichos materiales y que generan un aumento de la vida útil del pavimento. De igual manera, al mejorar las condiciones mecánicas de la estructura del pavimento se puede obtener un aumento del tránsito de diseño, el cual se evalúa con la cantidad de ejes equivalentes que van a pasar durante el período de operación de la vía. Beneficios del uso de un geo sintético:

- Incremento de la capacidad portante.
- Mejoramiento de las propiedades mecánicas de los materiales que conforman la estructura del pavimento.
- Incremento de la vida útil de la vía.
- Aumento de los ejes equivalentes del diseño de la vía.

2.2.6.3. Estabilización Química

La finalidad de estabilizar un suelo con cemento y agua es el de convertir el suelo suelto inicial en otro más endurecido que sea mucho más resistente. Para esto se requiere una buena compactación y un adecuado curado. El contenido óptimo de agua se determina con el ensayo Proctor como en la compactación de suelos. Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los suelos granulares tipos A1, A-2 y A-3 del sistema de clasificación AASHTO (Dávila, 2019).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación tiene como alcance experimental y descriptivo, ya que se detalla el proceso de las pruebas de laboratorio aplicado en los suelos estudiados. Apreciando y detallando el comportamiento que tiene los diferentes tipos de suelos al aplicarse porcentajes de 8, 12, 16 y 20% del pavimento reciclado. Además, se presenta un diseño experimental, ya que se aplican ensayos técnicos de laboratorio realizado a los diferentes tipos de muestras de suelos extraídos del cantón Riobamba incorporando porcentajes de pavimento reciclado.

Además, es una investigación cuantitativa, ya que se recogen y analizan datos relacionados a las variables de interés. En cuanto el procesamiento de datos se usó la técnica de la observación directa aplicada a 4 tipos de suelos seleccionadas aleatoriamente, de las cuales se elaboraron los respectivos ensayos con el objeto de captar características fisicoquímicas y mecánicas, con la finalidad de presentar una dosificación coherente para la estabilización del suelo que pueda ser implantada en la vía Alao - Pungalá.

El diseño experimental tiene como finalidad la descripción de las variables que permiten analizar y correlacionar entre sí en un momento determinado, estas variables en la investigación correspondientes a la estabilización del suelo son:

- **Variable dependiente:** El ensayo California Bearing Ratio (CBR).
- **Variable independiente:** Asfalto reciclado o fresado

3.1.1. Técnicas

Las normas aplicadas para el desarrollo de la presente investigación son basadas en la Norma ASTM D 6951-03 (Estimación del valor del CBR en una subrasante, mediante una expresión empírica). Además, nos apoyamos con la norma colombiana INV E-141 y INV-

142 (Ensayo para determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de lossuelos)

3.2.2. Instrumentos

Los instrumentos para la recolección de los distintos tipos de suelos fueron herramientas básicas como: palas, picos y barras de acero. Por otro lado, los instrumentos de laboratorio que se usarán los detallados en las normas en las que se basa la investigación, tomando en cuenta su correcta calibración para evitar errores de precisión al momento de ejecutar los ensayos.

3.2 Diseño de investigación

A continuación, se detalla un cuadro del proceso que se realizara para cumplir los objetivos de este proyecto de investigación.



Figura 2. *Proceso de la investigación*

Fuente. Parra. C (2024)

3.2.1 Revisión Bibliográfica

Como primer paso se realizó una revisión bibliográfica en las revistas de alto impacto como lo es Scielo, Novasinergia, Dialnet además revistas indexadas como lo es Google académico, etc. Luego de haber recolectado la información se deputará en base a parámetros

específicos que abarquen ensayos de caracterización del suelo, granulometría, ensayos CBR, límites líquidos.

3.2.2 Toma de Muestreo en el sector de estudio

Se extrae cuatro tipos de muestras de suelos en el cantón Riobamba con las siguientes coordenadas.

Tabla 3. Puntos de referencia de las muestras

Muestra	Puntos de referencia	Imagen
Arena G.A.	769485,903 9795969,846	
Arena Café	768188,369 9797407,485	
Arena Negra	776763,109 9792501,225	
Arena Agg	772580,649 9793699,240	

Fuente. Parra. C (2024)

Con ayuda de las herramientas básicas se procede a depositar en lonas mismas que serán transportadas al laboratorio para sus respectivos ensayos.



Figura 3. Toma de muestras en la zona de estudio
Fuente. Parra. C (2024)

3.3.3 Adquisición del pavimento reciclado

Se recolecta en lonas el pavimento reciclado de los depósitos en el cantón Riobamba, evitando contaminantes externos materia orgánica, o inorgánica, aceites y otros agentes, posteriormente se traslada al laboratorio para la incorporación de los respectivos porcentajes para estabilizar las diferentes muestras extraídas.



Figura 4. Toma de muestras

Fuente. Parra. C (2024)

3.3.4 Caracterización del suelo: Límites de Atterberg

Se realizaron los ensayos correspondientes para de determinar los límites líquidos, límites plásticos e índice plástico, de las muestras de suelo natural tomadas del cantón Riobamba.

3.3.5 Ensayos CBR

Se procede a realiza el ensayo CBR para determinar la capacidad portante del suelo su hinchamiento y deformación teniendo en cuenta que se incorporan los diferentes porcentajes a cada muestra para los diferentes tipos de suelos a ser analizados del cantón Riobamba.



Figura 5. Ensayo de laboratorio CBR

Fuente. Parra. C (2024)

Como primera instancia se procede a determinar la relación densidad - humedad del suelo, empleando el método proctor modificado. Para cada ensayo CBR se prepara un juego de 3 moldes de 6" de diámetro, cada uno de estos moldes previamente se determina las dimensiones, peso y volumen.

Para la elaboración de los especímenes se emplea 6 kg de muestra, las proporciones granulométricas dependen directamente del método empleado para el ensayo Proctor modificado.

Se mezcla el material hasta obtener una muestra homogénea en la bandeja o recipiente donde se haya depositado la muestra con un porcentaje de pavimento reciclado, haciendo uso de un recipiente a medida se procede a agregarle agua a la muestra, obteniendo una mezcla con un contenido de humedad óptima.

Para realizar la compactación, se acondiciona el collar a los moldes, se coloca el disco espaciador y luego un papel filtro del mismo diámetro que el disco espaciador, se coloca la primera capa de material, y se procede a compactar mediante un proceso dinámico. Cada espécimen compactado en 5 capas. El primer espécimen es compactado con 10 golpes por capa; la segunda probeta con 25 golpes por capa y la tercera probeta con 56 golpes por capa.

Las compactaciones son realizadas usando un pisón de 10 lb (44.5N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457mm), produciendo una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie³ (27000kN-m/m³).

Una vez finalizada la compactación se quita el collar del molde y se procede a enrasar las irregularidades producidas al quitar el collar en la última capa compactada, el enrasado consiste en nivelar al ras del molde y para ello se rellena con material fino, comprimiendo con la espátula, finalizado el enrasado se pesa el material compactado conjuntamente con el molde, del material compactado que se extrae en el collar se extrae una muestra representativa para poder determinar el contenido de humedad, esta muestra es pesada en una tara, y se precede a secado por un periodo de 24 horas en el horno.

El molde es desmontado y montado en forma invertida, en el espacio dejado por el disco espaciador se coloca la sobrecarga antes de ser sumergida.

Los especímenes confinados en su molde son sumergidos en una posa con agua por un periodo de 4 días, durante este periodo de inmersión, se evalúa la expansión que puede producirse en el espécimen, para este fin se utiliza un dial de deformación y se toma lecturasa

diferentes periodos.

La inmersión representa el estado a la cual el suelo estará sometido durante su periodo de servicio (zona donde se construirá el pavimento), de la misma manera representa el estado crítico

Posterior a la inmersión se extrae la muestra y por un periodo de 15 minutos se deja al medio ambiente, permitiendo la pérdida de humedad. El ensayo de penetración se realiza con un anillo de penetración de 50 kN y a una velocidad de 1.27 mm (0.05") por minuto, y la lectura en el dial se toman de acuerdo con los formatos del ensayo.

Terminado el ensayo de penetración se procede se extrae una muestra de suelo húmedo, con la finalidad de determinar la humedad final y evaluar el grado de absorción que el material presenta durante la inmersión. Esta muestra se extrae en una tara, siendo pesada y finalmente secada en el horno por un periodo de 24 horas.

Se procede a realizar trabajos en gabinete de acuerdo con las lecturas del dial y a las correcciones para determinar la carga de acuerdo con las constantes del anillo empleado para la penetración.

En el procesamiento de resultados de deformaciones se realizaron las correcciones en las curvas cóncavas, generadas por este mal acomodado del agregado en el molde al momento de la preparación de las muestras al realizar el ensayo CBR.

3.4. Método de análisis y Procesamiento de Datos

A continuación, el esquema del proceso metodológico del proyecto de investigación.

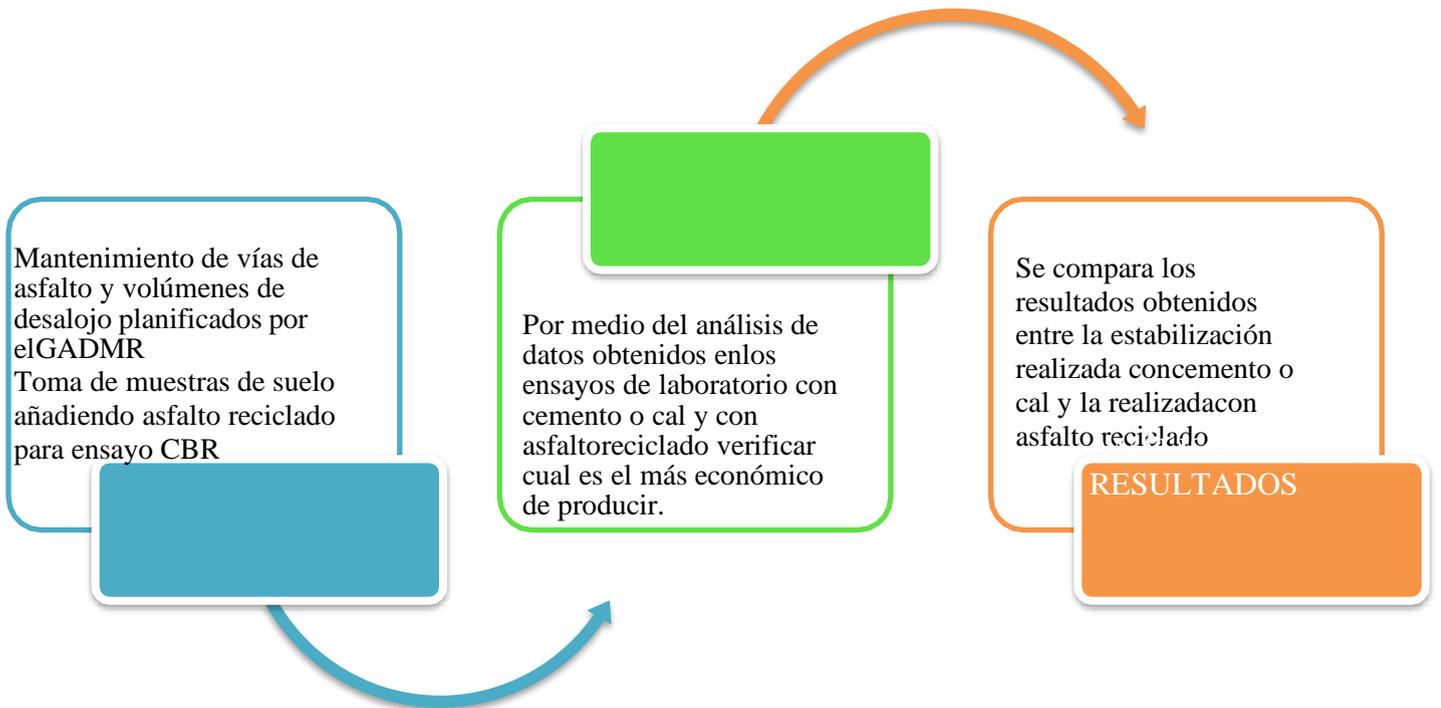


Figura 6. Esquema del proceso metodológico

Fuente. Parra. C (2024)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Volumen de asfalto reciclado calculando el intervalo de tiempo de mantenimiento de las vías de asfalto en el cantón Riobamba

Dentro del proyecto “Rehabilitación de varias vías asfaltadas de la ciudad de Riobamba” están consideradas cuatro etapas para el cumplimiento de este en el cual cada etapa detalla cada uno de los tramos de vía y los periodos que se han intervenido.

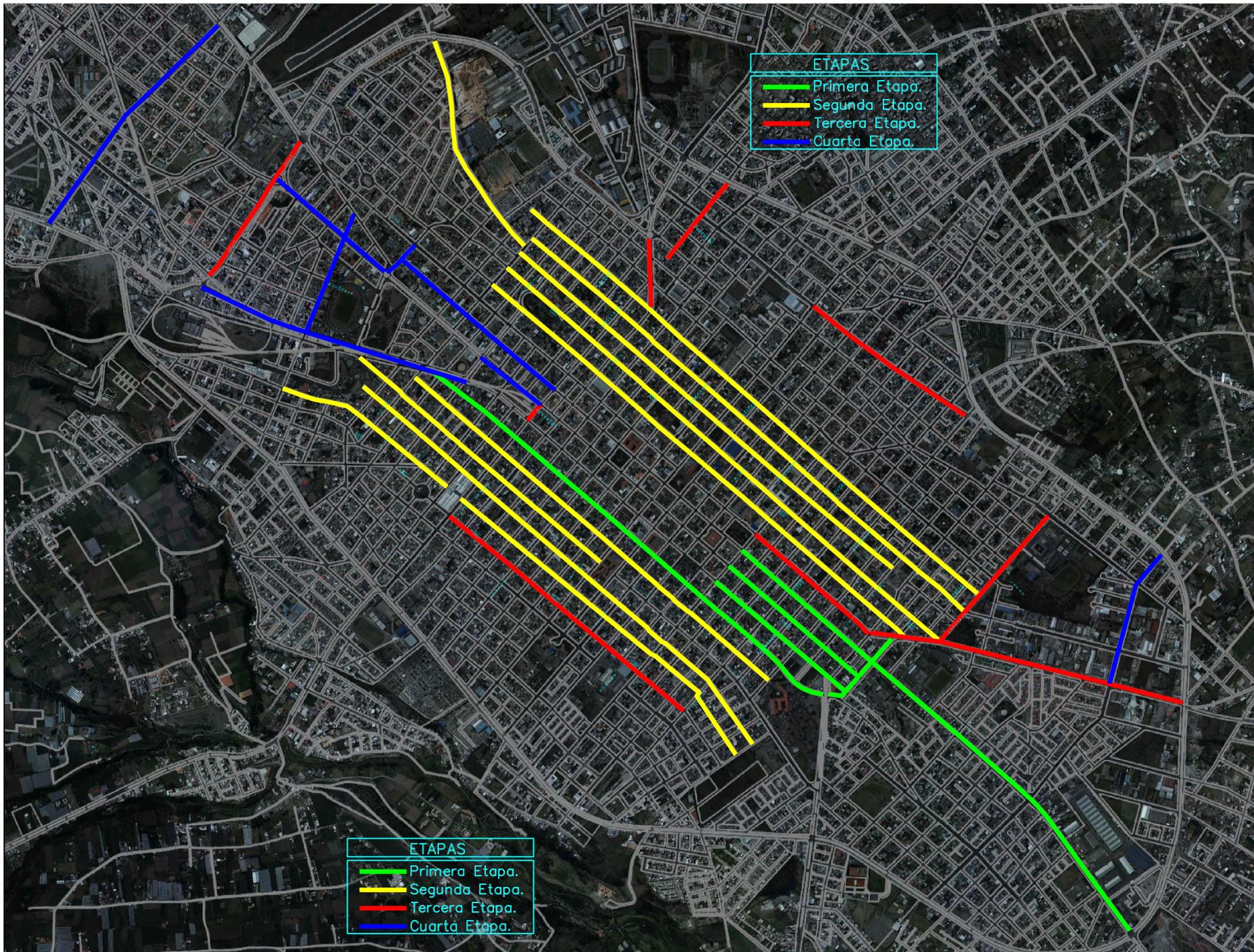
Esta información fue proporcionada por los mismos servidores públicos del GAD municipal del cantón dentro del área de obras públicas bajo la orden del Ing. Roberto Gómez mediante un oficio dirigido al mismo, en donde detalla mediante los rubros de obra, los tramos y cantidades de material asfáltico fresado de cada una de las vías que conforman dichas etapas.

El volumen de asfalto reciclado que se puede estimar en las 4 etapas en la ciudad de Riobamba considerando un espesor de material fresado de 4 cm se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 4. Volumen reciclado de asfalto en el cantón Riobamba

Intervención	Área [m2]	Volumen [m3]	Costo
ETAPA 1	60 443.83	2 415.75	\$ 15,110.96
ETAPA 2	230 297.85	9 211.91	\$ 57,574.46
ETAPA3	135 072.79	5 402.91	\$ 33,768.20
ETAPA 4	84 086.06	3 363.44	\$ 21,021.52
	TOTAL	20 394.01	\$ 127,475.14

Fuente. Parra, C. (2024)



4.2 Zonas de stock para el Volumen de asfalto reciclado calculando

Para llevar a cabo proyectos de estabilización de suelos en las vías de tercer orden en las distintas parroquias rurales de la ciudad se ha realizado la selección de los predios rurales con características necesarias como área mínima, accesibilidad de maquinaria y permisos ambientales para ser empleados como zonas de almacenamiento de asfalto fresado, en la zona perimetral de la ciudad, y que pertenecen al municipio de Riobamba, con la finalidad de facilitar el desplazamiento del material hasta la vía en intervención disminuyendo así los costos de almacenamiento y los costos y tiempos de transporte.

En este caso para el almacenamiento de asfalto reciclado que será empleado en la intervención del tramo de vía de tercer orden Alao-Pungala, se realizó la selección de 20 predios situados en zonas cercanas a la vía de intervención que no afectarían a la zona urbana, ubicados en las parroquias de Licto, Pungala, San Luis, para ser empleados como zonas de stock debido a su cercanía, los cuales detallan sus características: registro, clave catastral, localización y área para una mejor identificación de cada uno.

Tabla 5. Zonas de stock

N	Registro	Clave	Localización	Área m2
1	29637-GAD MUNICIPAL DE RIOBAMBA	0601560060010020060000000000	Terreno y Ll. LICTO	3645,16
2	30637-GAD MUNICIPAL DE RIOBAMBA	0601560060010020070000000000	Cuadra. Licto	3306,95
3	32390-GAD MUNICIPAL DE RIOBAMBA	0601560010020021860000000000	Tzimbuto Licto	3410
4	35040-GAD MUNICIPAL DE RIOBAMBA	0601560060010060110000000000	Chumuc. Licto	719

36578-GAD					
5	MUNICIPAL	DE	0601570020030010030000000000	Batan Loma. Pungala	8343,5
RIOBAMBA					
58717-GAD MUNICIPAL DE					
6	RIOBAMBA		0601610010000001450000000000	El Troje. San Luis	10627,4
59681-GAD					
7	MUNICIPAL	DE	0601610010000760610000000000	Área VerdeCiudad Celeste San Luis	1170,66
RIOBAMBA					
62746-GAD					
8	MUNICIPAL	DE	0601610010020360080000000000	San Luis Área Verde. San Luis	2253,2
RIOBAMBA					
65608-GAD					
9	MUNICIPAL	DE	0601610010350651440000000000	Comunidad La Libertad San Luis	4451,4
RIOBAMBA					
71055-GAD					
10	MUNICIPAL	DE	0601610070010130110000000000	Polo Club El Troje. Área Comunal	88733,25 3280
RIOBAMBA					
11	74751-GAD MUNICIPAL	DE	0601610070010130030000000000	El Troje	
RIOBAMBA					
75231-GAD					
12	MUNICIPAL	DE	0601560040020050020000000000	Tanque de 500 m3- Trayecto de agua superficial	715,35
RIOBAMBA					
76817-GAD MUNICIPAL DE					
13	RIOBAMBA		0601610070010050230000000000	Área verde y Equipamiento Comunitario San Luis	1967,24

	76867-GAD MUNICIPAL	DE		
14	RIOBAMBA		060161006006006001000000000	San Luis Chico La Libertad
				15260,36
	82728-GAD MUNICIPAL	DE		
15	RIOBAMBA		060161007003001007000000000	San Antonio
				1967,23
	84065-GAD MUNICIPAL	DE		
16	RIOBAMBA		060157002003001013000000000	Lote 2
				1676,63
	84275-GAD MUNICIPAL	DE		
17	RIOBAMBA		060156006001002011000000000	Urku
				3200
	84276-GAD MUNICIPAL	DE		
18	RIOBAMBA		060156006001002012000000000	Bella Vista
				6613,9
	84368-GAD			
19			060156006001002013000000000	La Edelina
				3306,95
	MUNICIPAL	DE		
	RIOBAMBA			
	85278-GAD			
	MUNICIPAL	DE		
20	RIOBAMBA		060161006005003005000000000	Lote 1 Estadio San Luis
				5056

Fuente. Parra, C. (2024)

Además, se realizó una representación gráfica en el software QGIS de las zonas de stock que se consideran adecuadas para cumplir con este rol. Posterior a esto se calculó una distancia promedio entre el centro de gravedad de Riobamba y la mediatriz de las zonas de stock antes mencionadas, para estimar costos de transporte.

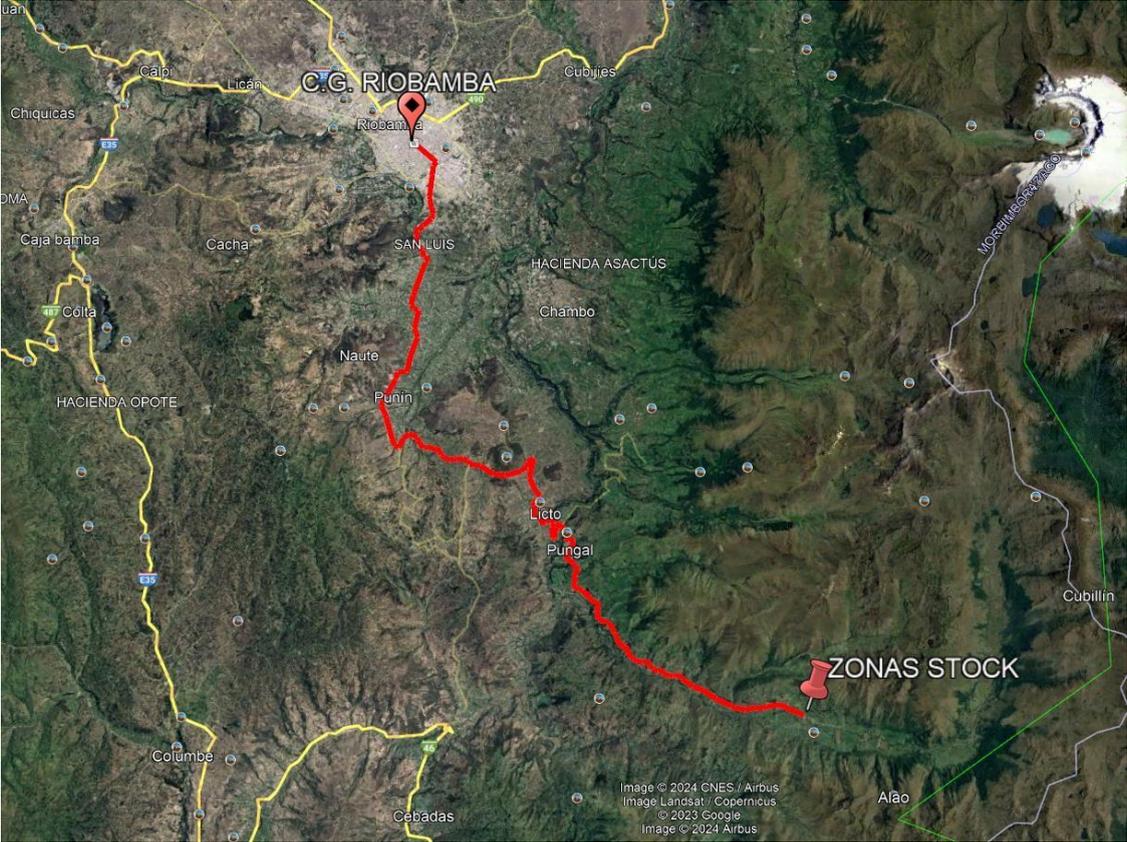
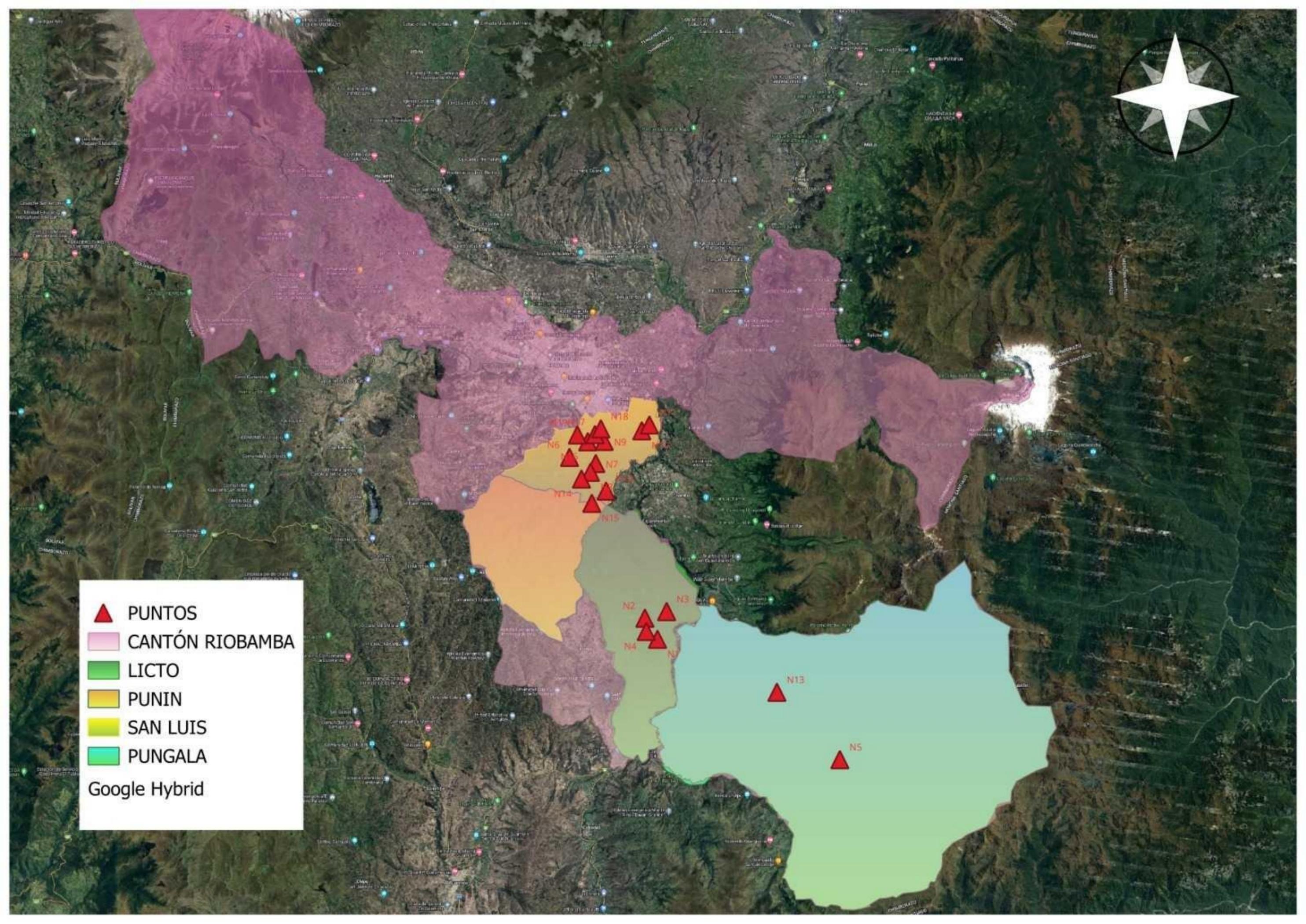


Figura 7. Distancia promedio de las zonas de stock



▲ PUNTOS
■ CANTÓN RIOBAMBA
■ LICTO
■ PUNIN
■ SAN LUIS
■ PUNGALA
Google Hybrid



4.3 Análisis del impacto de la estabilización del suelo el método asfalto reciclado en la capacidad portante de la subrasante de la vía en estudio Alao-Pungala.

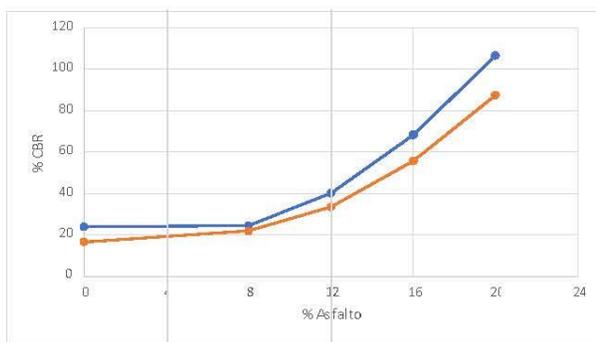
Se realizaron ensayos de granulometría, límites de Atterberg, de Proctor modificado y CBR para cada tipo de suelo, para lograr una máxima compactación se utiliza la humedad óptima, donde se puede observar que el suelo que mayor densidad seca máxima posee es aquel que necesita la humedad óptima más baja, es decir existe una relación inversamente proporcional. Los resultados se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 6. Características físicas de cada tipo de suelo

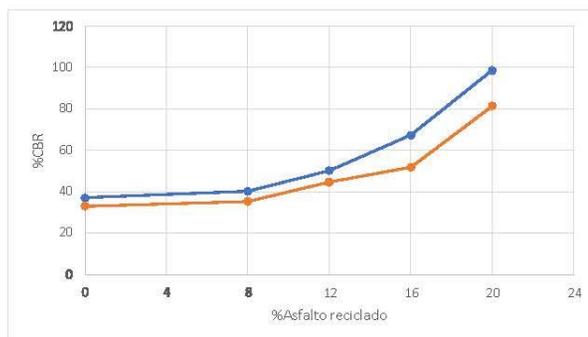
Características físicas del suelo				
Suelo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Denominación	A. Café	A. Agg	A. G.A	A. Negra
Profundidad calicata [m]	1.20–1.50	1.20–1.50	1.20–1.50	1.20–1.50
Límite Líquido [LL]	32.85	26.36	40.35	25.73
Límite plástico [LP]	30.28	20.94	38.43	22.17
Índice de plasticidad [IP]	2.57	5.42	1.92	3.56
SUCS	SM-u	SM-CL	SW	SM-d
AASHTO	A-4	A-4	A-1-b	A-4
Densidad seca máxima	1.488 g/cm ³	1.912 g/cm ³	1.431 g/cm ³	1.693 g/cm ³
Humedad Óptima	22.80%	9.99%	23.51%	17.98%
%CBR <i>al</i> 95%	16.63%	23.51%	27.60%	33.00%
[suelo natural]				

Fuente: (Jara, A.,2024)

ARENA CAFÉ $\gamma_s \text{ max} = 1,488 \text{ g/cm}^3$ $H_2O=22,80\%$																			
Suelo Natural				Suelo + 8% Asfalto				Suelo + 12% Asfalto				Suelo + 16% Asfalto				Suelo + 20% Asfalto			
A1	A2	A3		A1	A2	A3		C1	C2	C3		D1	D2	D3		A1	A2	A3	
1.289	1.3	1.31	$\gamma_s \text{ max}$	0.889371	1.021483	1.0462	$\gamma_s \text{ max}$	1.08943	1.11478	1.226228	$\gamma_s \text{ max}$	1.117863	1.21375	1.2237876	$\gamma_s \text{ max}$	1.1022377	1.178527	1.226653794	$\gamma_s \text{ max}$
4.12	4.64	6.26	%CBR	3.62	5.67	10.75	%CBR	4.43	6.23	16.63	%CBR	6.67	10.95	33.44	%CBR	11.53	16.57	45.89	%CBR
4.84	5.28	2.83	%Hincham.	0.63	0.12	0.13	%Hincham.	0.35	0.23	0.27	%Hincham.	0.33	0.27	0.25	%Hincham.	0.42	0.45	0.50	%Hincham.
27	27	27	%Humedad	40%	40%	39%	%Humedad	31%	28%	26%	%Humedad	39%	38%	30%	%Humedad	35%	35%	35%	%Humedad
37.33	40.33	51.33	0,1 [lb/in ²]	34.33	56.67	101.00	0,1 [lb/in ²]	43.33	60.67	133.00	0,1 [lb/in ²]	66.67	111.67	246.67	0,1 [lb/in ²]	106.33	133.33	366.67	0,1 [lb/in ²]
67.67	78.67	110.67	0,2 [lb/in ²]	57.00	85.00	171.00	0,2 [lb/in ²]	68.00	96.00	299.33	0,2 [lb/in ²]	100.00	161.00	633.33	0,2 [lb/in ²]	186.33	297.00	826.67	0,2 [lb/in ²]
CBR al 100% =			24.0278 %	CBR al 100% =			24.519 %	CBR al 100% =			40.2385 %	CBR al 100% =			68.2915194 %	CBR al 100% =			106.6279874 %
CBR al 95% =			16.5136 %	CBR al 95% =			21.8765 %	CBR al 95% =			33.51375 %	CBR al 95% =			55.6966133 %	CBR al 95% =			87.50258428 %



ARENA NEGRA $\gamma_s \text{ max} = 1,693 \text{ g/cm}^3$ $H_2O=17,93\%$																			
Suelo Natural				Suelo + 8% Asfalto				Suelo + 12% Asfalto				Suelo + 16% Asfalto				Suelo + 20% Asfalto			
B1	B2	B3		B1	B2	B3		A1	A2	C3		D1	D2	D3		A1	A2	A3	
1.075	1.148	1.223	$\gamma_s \text{ max}$	1.009155	1.076509	1.17834	$\gamma_s \text{ max}$	0.93954	0.9901	0.996606	$\gamma_s \text{ max}$	1.331904	1.40673	1.46351343	$\gamma_s \text{ max}$	1.228679593	1.280347	1.349524169	$\gamma_s \text{ max}$
6.32	11.86	13.54	%CBR	1.87	4.75	11.30	%CBR	2.37	4.47	6.77	%CBR	3.10	11.11	27.67	%CBR	6.25	13.03	30.26	%CBR
2.44	3.15	2.28	%Hincham.	0.58	0.64	0.83	%Hincham.	0.28	0.27	0.28	%Hincham.	0.44	0.38	0.41	%Hincham.	0.17	0.50	0.08	%Hincham.
32	32	32	%Humedad	42%	41%	39%	%Humedad	41%	40%	39%	%Humedad	35%	33%	33%	%Humedad	38%	36%	35%	%Humedad
68.33	120.67	124	0,1 [lb/in ²]	17.33	41.67	108.00	0,1 [lb/in ²]	25.00	41.00	67.00	0,1 [lb/in ²]	26.67	93.33	260.00	0,1 [lb/in ²]	55.00	117.33	289.67	0,1 [lb/in ²]
87	174.67	220.33	0,2 [lb/in ²]	30.00	80.00	177.00	0,2 [lb/in ²]	33.67	72.67	102.67	0,2 [lb/in ²]	53.00	193.33	440.00	0,2 [lb/in ²]	105.00	215.00	473.33	0,2 [lb/in ²]
CBR al 100% =			37.0624 %	CBR al 100% =			40.1232 %	CBR al 100% =			50.15742 %	CBR al 100% =			67.3166302 %	CBR al 100% =			98.47145616 %
CBR al 95% =			32.9431 %	CBR al 95% =			35.3449 %	CBR al 95% =			44.77603 %	CBR al 95% =			51.8635163 %	CBR al 95% =			81.41798477 %



ARENA AGG $\gamma_s \text{ max} = 1,912 \text{ g/cm}^3$ H.O=9,99%																			
Suelo Natural				Suelo + 8% Asfalto				Suelo + 12% Asfalto				Suelo + 16% Asfalto				Suelo + 20% Asfalto			
C1	C2	C3		C1	C2			C1	C2	C3		C1		C3		A1	A2	A3	
1.612	1.701	1.793	$\gamma_s \text{ max}$	1.283016	1.333719			1.34128	1.38285	1.428527	$\gamma_s \text{ max}$	1.410722		1.48033646	$\gamma_s \text{ max}$	1.399606769	1.448972	1.49399955	$\gamma_s \text{ max}$
2.37	6.75	22.67	%CBR	7.03	8.90			11.08	11.14	19.58	%CBR	13.51		24.54	%CBR	13.93	19.81	34.17	%CBR
9.45	10.55	7.32	%Hincham.	0.23	0.20			0.17	0.42	0.33	%Hincham.	0.24		0.01	%Hincham.	0.12	0.12	0.06	%Hincham.
21	19	16	%Humedad	23%	23%			18%	17%	16%	%Humedad	16%		15%	%Humedad	16%	14%	14%	%Humedad
21.33	65	220	0,1 [lb/in ²]	73.67	91.33			115.00	115.00	193.33	0,1 [lb/in ²]	138.33		263.00	0,1 [lb/in ²]	143.00	212.67	328.33	0,1 [lb/in ²]
39	105	350	0,2 [lb/in ²]	100.33	130.00			160.00	161.67	297.33	0,2 [lb/in ²]	197.67		341.67	0,2 [lb/in ²]	203.33	275.33	532.67	0,2 [lb/in ²]
CBR al 100% =			34.221 %	CBR al 100% =			52.5959 %	CBR al 100% =			66.07312 %	CBR al 100% =			84.6968523 %	CBR al 100% =			121.5441217 %
CBR al 95% =			23.4663 %	CBR al 95% =			45.5743 %	CBR al 95% =			56.62876 %	CBR al 95% =			70.9095084 %	CBR al 95% =			101.1866388 %

ARENA G,A $\gamma_s \text{ max} = 1,431 \text{ g/cm}^3$ H.O=23,51%																			
Suelo Natural				Suelo + 8% Asfalto				Suelo + 12% Asfalto				Suelo + 16% Asfalto				Suelo + 20% Asfalto			
D1	D2	D3		D1	D2			D1	D2	D3		C1		C3		A1	A2	A3	
1.236	1.31	1.354	$\gamma_s \text{ max}$	1.046692	1.129974			1.19621	1.2113	1.348288	$\gamma_s \text{ max}$	1.0803		1.1823828	$\gamma_s \text{ max}$	1.227202285	1.276597	1.356704724	$\gamma_s \text{ max}$
23.85	23.58	28.75	%CBR	4.16	7.98			6.78	16.71	33.56	%CBR	9.63		28.52	%CBR	16.89	27.04	63.54	%CBR
1.26	1.77	1.3	%Hincham.	0.13	0.17			0.02	0.04	0.01	%Hincham.	0.08		0.11	%Hincham.	0.33	0.67	0.42	%Hincham.
26	26	26	%Humedad	43%	41%			37%	35%	35%	%Humedad	38%		30%	%Humedad	32%	28%	27%	%Humedad
246.33	205	265	0,1 [lb/in ²]	39.33	67.33			66.67	136.33	364.33	0,1 [lb/in ²]	86.67		280.00	0,1 [lb/in ²]	162.67	265.33	582.00	0,1 [lb/in ²]
346	400	465	0,2 [lb/in ²]	65.67	138.33			103.33	296.67	460.33	0,2 [lb/in ²]	159.00		435.67	0,2 [lb/in ²]	262.67	413.33	1033.33	0,2 [lb/in ²]
CBR al 100% =			30.2174 %	CBR al 100% =			%	CBR al 100% =			46.78381 %	CBR al 100% =			71.6578315 %	CBR al 100% =			89.08396421 %
CBR al 95% =			27.5826 %	CBR al 95% =			%	CBR al 95% =			35.68814 %	CBR al 95% =			58.734946 %	CBR al 95% =			62.65171999 %

Resultados CBR con adición de asfalto reciclado

Para la obtención del CBR se añade los porcentajes de asfalto reciclado a los tipos de suelos ya mencionados, con una participación del 8%, 12%, 16% y 20%, con la intención de analizar los cambios que generan y además compararlos con el CBR del suelo natural.



Figura 8. Resultados del ensayo al 95% CBR de suelos estabilizados con asfalto reciclado.

Se evidencia el incremento en la capacidad de soporte CBR conforme va aumentando el aporte del asfalto reciclado, especialmente se ve un crecimiento considerable en el suelo Tipo 2 al tener un aporte del 20%.

4.4 Estimación de costos de ejecución entre las alternativas planteadas: cemento/cal y asfalto reciclado

Espesor de la capa a estabilizar

Para realizar el diseño de la capa subrasante a estabilizar además de cumplir con el CBR mínimo necesario como subrasante se ha tomado en cuenta dos parámetros de diseño, siendo el primero en base a un similar porcentaje de cemento para todos los suelos donde se cumplan los requisitos mínimos para el suelo más crítico, y otro para un porcentaje mínimo de cemento donde cumpla los requisitos mínimos para cada tipo de suelo, se ha escogido realizar con el segundo diseño para optimizar costos.

Se realiza el diseño en base a los parámetros básicos necesarios de cada suelo, con el fin de economizar el diseño.

Tabla 7. Diseño con distintos porcentajes de asfalto reciclado para todos los suelos.

SUELO	DENOMINACIÓN	%ASFALTO	%CBR	ESPESOR (CM)
TIPO 1	A. Café	12	33.51	9.27
TIPO 2	A. Agg	14	29.93	10.52
TIPO 3	A. G.A	8	33.60	9.28
TIPO 4	A. Negra	8	35.34	9.22



Figura 9. Espesor de la capa estabilizada para el diseño 1 y 2.

Para ambos diseños se puede observar que la capa a estabilizar es muy delgada pero debido a parámetros de diseño no podemos construir una capa que sea inferior a los 15 centímetros por lo cual se ha tomado esta medida como base, además es importante mencionar que, al realizar un cálculo del espesor a estabilizar con este dato, se obtiene un CBR del 16.76%.

Costo del mantenimiento vial

Es necesario conocer cuál es el costo de material, mano de obra y maquinaria empleada en las operaciones de mantenimiento vial por lo que es necesario presentar los siguientes parámetros de los cuales se obtuvieron los precios unitarios:

Tabla 8. Costo unitario por kilómetro de vía de estabilización con asfalto reciclado

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
1	Transporte del asfalto fresado	828.00	M3-KM	\$ 0.25	\$ 207.00
2	Escarificado con motoniveladora	5,000.00	M2	\$ 0.21	\$ 1,050.00
3	Mesclado y tendido del material con motoniveladora	5,000.00	M2	\$ 0.86	\$ 4,300.00
4	Suministro de agua	134.85	M3	\$ 3.10	\$ 418.04
5	Estabilización con asfalto fresado (incluye conformado y compactado)	5,000.00	M2	\$ 0.51	\$ 2,550.00
TOTAL					\$ 8,525.04

Tabla 9. Costo de la estabilización con distintos porcentajes de asfalto reciclado

SUELO	% ASFALTO	COSTO POR KM	COSTO ANUAL PROMED.	LONG. (KM)	COSTO TOTAL (5 ANOS)	COSTO TOTAL PROM. ANUAL
TIPO 1	12	\$ 8,525.04	\$ 1,705.01	6.843	\$ 58,336.81	\$ 11,667.36
TIPO 2	14	\$ 9 235.45	\$ 1 847.09	3.865	\$ 35 695.03	\$ 7 139.01
TIPO 3	8	\$ 7,104.20	\$ 1,420.84	0.767	\$ 5,448.92	\$ 1,089.78
TIPO 4	8	\$ 7,104.20	\$ 1,420.84	2.325	\$ 16,517.26	\$ 3,303.45
TOTAL					\$115,998.02	\$ 23,199.60

Podemos observar que el diseño escogido es más económico debido a que trabaja con diferentes porcentajes de asfalto fresado optimizando así el diseño constructivo; Por lo tanto, será el diseño escogido.

Costo de la vía por lastrado

Para obtener el costo de la vía por lastrado se tomó los valores de un proyecto de mantenimiento por lastrado de una vía similar en el portal se compras públicas SERCOP.

Tabla 10. Costo del lastrado de la vía

SUELO	COSTO POR KM	COSTO ANUAL (KM)	LONGITUD (KM)	COSTO TOTAL	COSTO TOTAL ANUAL	COSTO A LOS 5 ANOS
TIPO 1	\$ 5,953.76	\$11,907.52	6.843	\$40,741.58	\$ 81,483.16	\$ 407,415.80
TIPO 2	\$ 5,953.76	\$11,907.52	3.865	\$23,011.28	\$ 46,022.56	\$ 230,112.82
TIPO 3	\$ 5,953.76	\$11,907.52	0.767	\$ 4,566.53	\$ 9,133.07	\$ 45,665.34
TIPO 4	\$ 5,953.76	\$11,907.52	2.325	\$13,842.49	\$ 27,684.98	\$ 138,424.92
TOTAL				\$82,161.89	\$164,323.78	\$ 821,618.88

Inversión en vía estabilizada con cemento vs vía estabilizada con asfalto.

Para verificar si realmente existe una optimización en el mantenimiento vial se hace una comparativa con un proceso de mantenimiento más general como el lastrado con la estabilización con cemento.

Para hacer una comparativa del costo que será invertido en la vía se hace una proyección de mantenimientos necesarios en 10 años entre el lastrado y un mantenimiento con estabilización de cemento y asfalto reciclado.

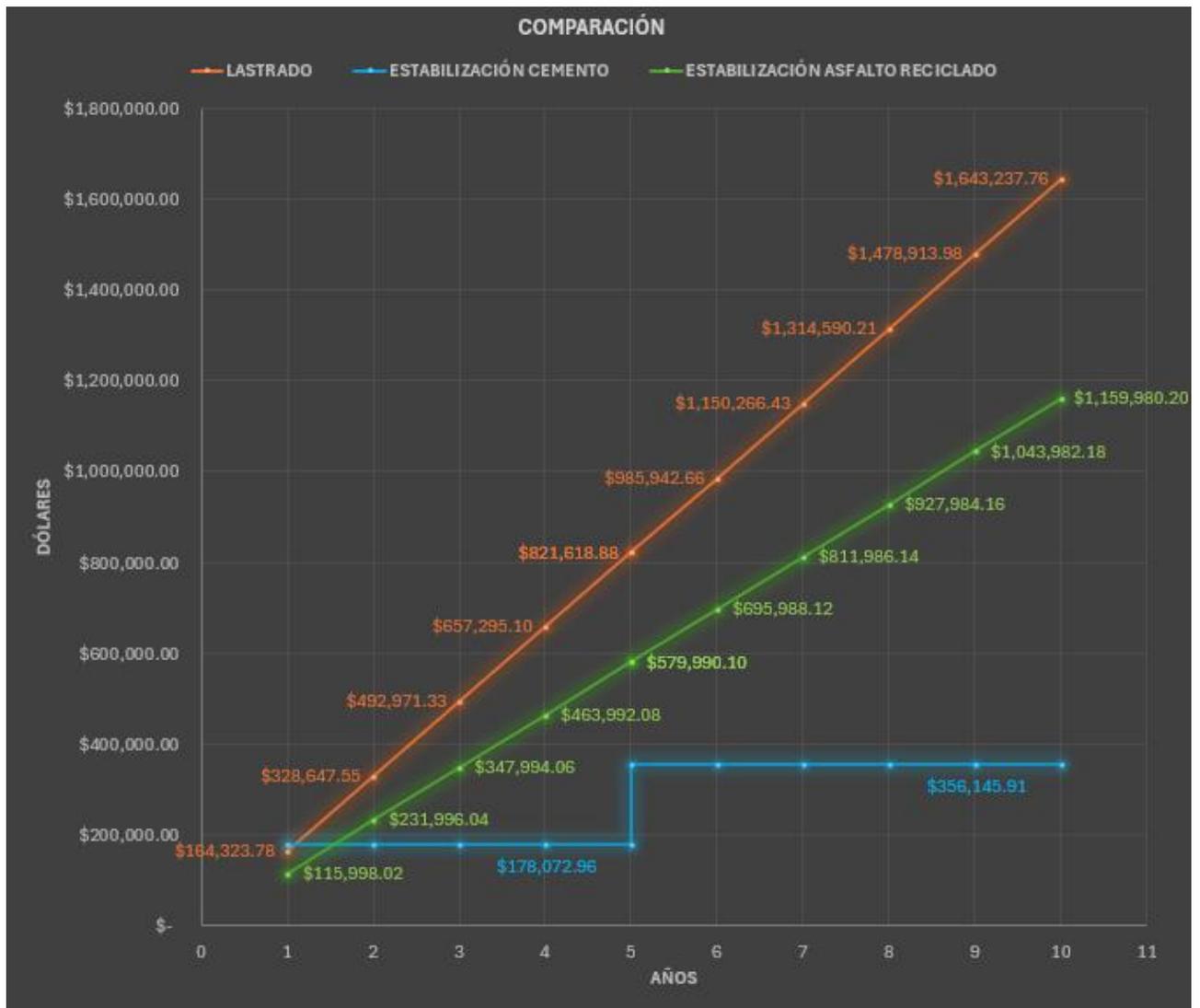


Figura 10. Comparativo temporal entre la inversión de una vía lastrada vs una estabilizada con cemento y asfalto reciclado cada año

Tabla 11. Diferencias de inversión entre una vía lastrada vs una estabilizada con cemento u asfalto reciclado.

TIPO	INVERSIÓN 1 AÑOS	PORCENTAJE AHORRO	INVERSIÓN 2 AÑOS	PORCENTAJE AHORRO
ESTABILIZADO CEMENTO	\$ 178,072.96		\$ 178,072.96	
ESTABILIZADO ASFALTO RECICLADO	\$ 115,998.02	35%	\$ 231,996.04	-30%
AHORRO	\$ 62,323.94		\$ - 53,923.08	
LASTRE	\$ 164,323.78		\$ 328,647.55	
ESTABILIZADO ASFALTO RECICLADO	\$ 115,998.02	29%	\$ 231,996.04	29%
AHORRO	\$ 48,325.76		\$ 96,651.51	

De la Tabla 11 podemos apreciar que la estabilización con asfalto reciclado cada año genera un ahorro del 29% respecto al lastrado, siendo el estabilizado la opción más económica a largo plazo.

Además, si se realiza la comparación entre la estabilización con asfalto reciclado respecto al uso de cemento hay un ahorro del 35% el primer año, pero para el segundo año cambia ya que el mantenimiento será más costoso en la estabilización con asfalto debido al mantenimiento que se realizará cada año, lo cual es distinto a la estabilización con cemento que se realiza cada cinco años.

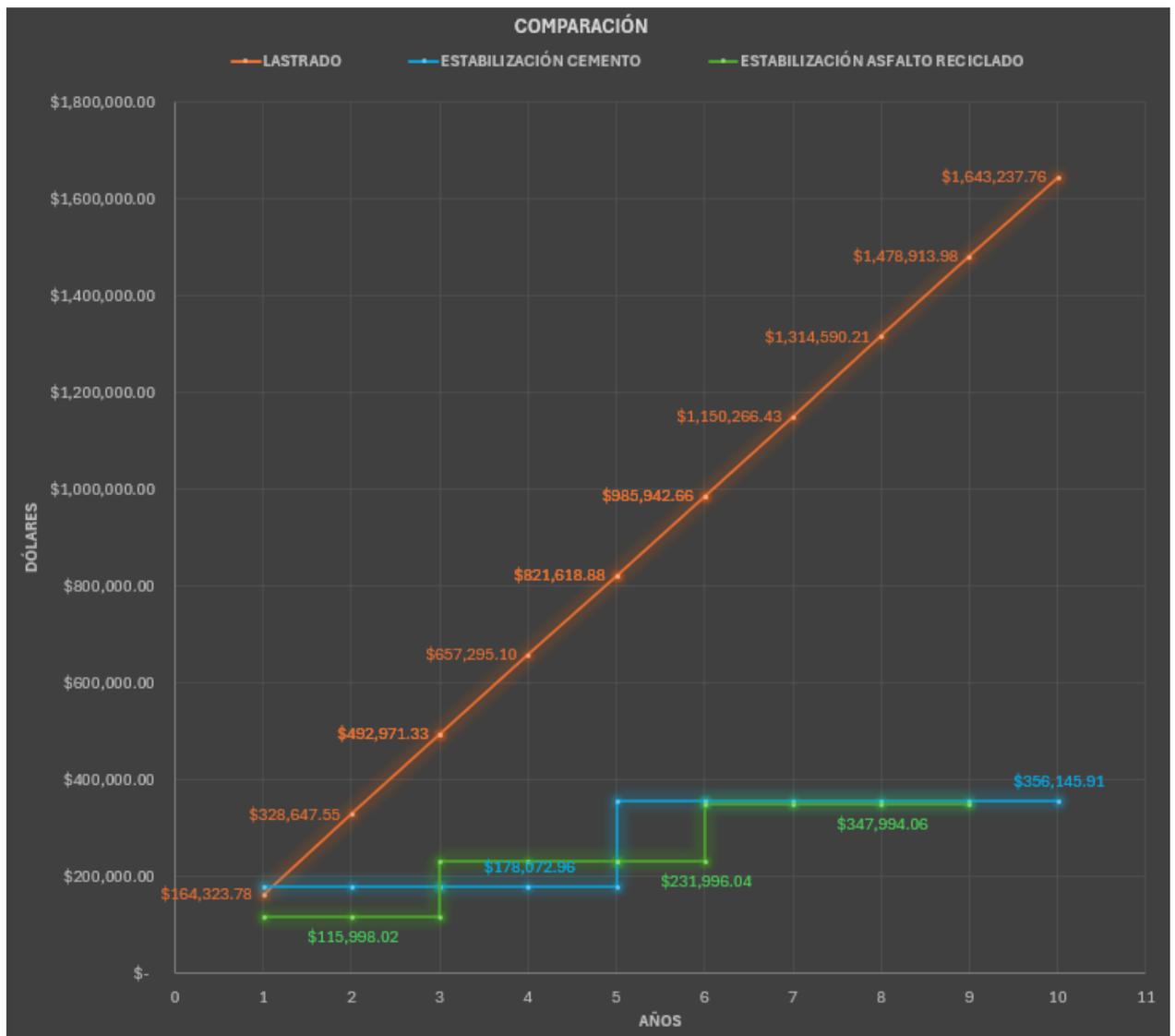


Figura 11. Comparativo temporal entre la inversión de una vía lastrada vs una estabilizada con cemento y asfalto reciclado cada 3 años.

Tabla 12. Diferencias de inversión entre una vía lastrada vs una estabilizada con cemento u asfalto reciclado.

TIP O	INVERSIÓN N1 AÑO	PORCENTAJ EAHORRO	INVERSION 3ANOS	PORCENTAJ EAHORRO
ESTABILIZADO CEMENTO	\$ 178,072.96		\$ 178,072.96	
ESTABILIZADO ASFALTO RECICLADO	\$ 115,998.02	35%	\$ 115,998.02	35%
AHORRO	\$ 62,074.94		\$ 62,074.94	
LASTRE	\$ 164,323.78		\$ 492,971.33	
ESTABILIZADO ASFALTO RECICLADO	\$ 115,998.02	29%	\$ 115,998.02	76%
AHORRO	\$ 48,325.76		\$ 376,973.31	

De la Tabla 12 podemos apreciar que la estabilización con asfalto reciclado cada año genera un ahorro del 29% respecto al lastrado, en el tercer año el ahorro alcanza el 76% siendo el estabilizado la opción más económica a largo plazo.

Además, si se realiza la comparación entre la estabilización con asfalto reciclado respecto al uso de cemento hay un ahorro del 35% siendo la primera la opción menos costosa.

4.5 Discusión

De acuerdo con la investigación de (Jara, 2024) se puede hacer una comparación entre agentes estabilizadores como lo es el cemento, el lastre y el asfalto reciclado, la estabilización con asfalto reciclado cada año genera un ahorro del 29% respecto al lastrado, en el tercer año el ahorro alcanza el 76% siendo el asfalto reciclado la opción más económica a largo plazo. Además, si se realiza la comparación entre la estabilización con asfalto reciclado respecto al uso de cemento hay un ahorro del 35% siendo la primera la opción menos costosa.

Por otra parte, si comparamos la inversión económica durante los dos años de mantenimiento como se indica en la tabla 11, el porcentaje de ahorro en el primer año es del 35 % comparando el cemento con el asfalto reciclado y de un 29 % entre el lastre y el asfalto reciclado, pero esto no sucede en el segundo año ya que se ve un aumento del presupuesto para el segundo año en cuanto el agente estabilizador de asfalto reciclado llegando a un porcentaje negativo del 30 % para lo cual la mejor opción es la estabilización con cemento. La estabilización con asfalto fresado es una alternativa viable y económica a comparación del lastrado ya que los costos de mantenimiento y operación del asfalto reciclado es mucho más económico que el antes mencionado, en cuanto a la comparación del cemento versus el asfalto reciclado en los 3 primeros años existe un ahorro de \$376,973.31 aproximadamente, economizando un 76% en las operaciones y mantenimientos en la vía siendo el asfalto una alternativa de estabilización en el tramo de vía Alao - Pungala, además se puede economizar mucho más si las zonas de stock del asfalto reciclado estén cerca de la vías a intervenir, por otro lado la estabilización en cuanto a porcentajes para la capacidad de CBR es mucho mejor por el motivo de que se requiere menos porcentaje de participación del agente estabilizador para generar una buena capacidad en cuanto al asfalto reciclado se debe agregar el doble de porcentaje para obtener un resultado eficiente y óptimo.

La caracterización de suelos en los 4 diferentes estratos determinaron que la capacidad de la subrasante es buena, muy buena y excelente, a comparación del suelo en estudio de una arcilla expansiva como indica en la investigación de (Huaraca, 2023) que utiliza el polvo de vidrio para mejorar las características mecánicas de la arcilla en porcentajes de 3, 5 y 7% del agente estabilizador, esto quiere decir que el porcentaje de polvo de vidrio para mejorar la subrasante son mucho más bajos que el cemento y asfalto reciclado, sin embargo el costo de este agente es costoso ya que el proceso del polvo de vidrio tiene costos relativamente altos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos en campo determinaron que para el almacenamiento de asfalto reciclado que será empleado en la intervención del tramo de vía de tercer orden Alao-Pungala, existen 20 predios situados en zonas cercanas a la vía a intervenir siendo estas las parroquias de Licto, Pungala y San Luis, mismos que fueron seleccionados de acuerdo a las características mínimas de almacenamiento de asfalto fresado como lo que es el área mínima, accesibilidad de maquinaria y permisos ambientales, garantizando una mejor movilidad del agente estabilizador disminuyendo así los costos de almacenamiento y tiempo de transporte.

Se evidenció el incremento considerable en la capacidad de soporte CBR en los diferentes estratos de suelo en estudio que se empleó en la presente investigación, esto quiere decir a medida que va aumentando el aporte del asfalto reciclado en la subrasante la capacidad aumentará, sin embargo, se notó que el crecimiento excesivo de la capacidad de CBR está en el suelo Tipo 2 al tener un aporte del 20%.

De acuerdo con los ensayos de CBR en los 4 diferentes estratos de subrasante el porcentaje de asfalto fresado debe ser controlado debido a que si se coloca en porcentajes mínimos no ayudara a mejorar las características del suelo por otro lado si se mezcla el asfalto reciclado en grandes cantidades el suelo tiende a hacer rígido y esto a su vez puede generar grietas o fisuras en un corto plazo. Además, se debe considerar que al momento de diseñar el espesor mínimo de estabilización sean menores a 15 cm, por sistema constructivo se debe colocar una capa de 15 cm.

Se determinó la comparación de los costos y mantenimientos en cuanto a las dos alternativas de estabilización de la subrasante, pudiendo apreciar de forma gráfica en la figura 11 los costos para cada uno de las opciones analizadas, llegando así a la conclusión que en los 3 primeros años la estabilización con cemento y asfalto reciclado tendrá un ahorro del 35% en cuanto al lastrado tendremos un ahorro del 76% considerando así que las rutas adecuadas para mejorar la subrasante es con los agentes estabilizadores.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que al momento de realizar los ensayos de CBR los equipos y maquinas implementadas estén correctamente calibradas esto debido a que los resultados no contemplen ningún dato atípico y sea más preciso.

Se recomienda continuar con la línea de investigación utilizando otro agente estabilizador como lo que es el polvo de vidrio reciclado, empleando una comparación de costo inversión en la vía de tercer orden Alao-Pungala, y esto a su vez implementar la estabilización de suelos arcillosos para determinar el porcentaje del agente estabilizador (asfalto fresado o cemento)

El agente estabilizador en este caso el asfalto fresado se debe considerar la calidad del material que servirá para estabilizar ya que es un factor importante en el éxito de la estabilidad de la subrasante, hay que asegurarse que el asfalto reciclado cumpla con las especificaciones locales.

Debido a que no están establecidos intervalos de mantenimiento con asfalto reciclado se realizó el análisis para un intervalo de 1 año y 3 años.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso delodos aceitoso. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 35(1), 5–20.
<https://doi.org/10.4067/s0718-50732020000100005>
- BR. JIM JULIO GUEVARA PAJARES. BR. ROBERTO CARLOS RUIZ VELÁSQUEZ. (2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE ÁRIDOS DEL SECTOR EL MILAGRO ESTABILIZADOS CON ASFALTO DE CAUCHO RECICLADO Y ASFALTO CONVENCIONAL PARA CAPAS BASES*. UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENORORREGO.
- Coronado, J. (2002). *MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS*. EDITORIAL KAMAR.
- DANIELA JOSÉ ESTRADA LUNA CARLOS ALBERTO ROMÁN MARTÍNEZ. (2003). *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ESTABILIZACIÓN DE UN SUELO FINO EMPLEANDO RESIDUO DE PIEDRA CALIZA*. UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.
- Dávila. (2019, marzo 3). *Métodos De Estabilización De Suelos Para Pavimentos Y Su Control De Calidad*. COTECNO | Equipamiento Científico | Prospecciones, Auscultación, Geofísica, Ingeniería; Cotecno. <https://www.cotecno.cl/metodos-estabilizacion-de-suelos-pavimentos/>
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solórzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 170.
<https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>
- GUERRERO ABREGO OSCAR WILLIAN MARTÍNEZ RODRÍGUEZ ORLANDO ERNESTO PORTILLO REVELO JESSICA MARÍA. (2014). *ESTABILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE CARPETA ASFÁLTICA, UTILIZANDO ASFALTO ESPUMADO, MEDIANTE METODOLOGÍA WIRTGEN, PARA SER EMPLEADO COMO BASE EN PAVIMENTOS*. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Huaraca, E. F. (2023). *INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO RECICLADO EN LA SUCCIÓN MATRICIAL DE UNA ARCILLA EXPANSIVA Y SU POTENCIAL DE EXPANSIÓN*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.
- MTC. (2014). *MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS*.

MTOP. (2015, verano 8). *“REHABILITACION DE LAS VIAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA LONGITUD 22 KM.* SERCOP.

https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/08/Literal-k-Proyecto-175200000.0000.372337_PROY.pdf

MTOP. (2018). *REGLAMENTO LEY SISTEMA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL*

TRANSPORTE TERRESTRE. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/10/LOTAIP_8_REGLAMENTO-LEY-ORGANICA-SISTEMA-INFRAESTRUCTURA-VIAL-DEL-TRANSPORTE.pdf

NARANJO. (2018). *TÉCNICA DE MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO A BASE DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL SECTOR LA MARÍN EN LA CIUDAD DE QUITO.* UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS.

N-CMT. (2021). *CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.*

Noboa, I. G. S. (2008). *SISTEMA INSTITUCIONAL DE GESTIÓN DE LAS CARRETERAS DE SEGUNDO ORDEN DEL ECUADOR, PARA DISMINUIR COSTOS DE MANTENIMIENTO VIAL Y DE OPERACIÓN DE VEHÍCULOS* [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO].

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2164/3/Maestr%C3%ADa%20V>

[.%20T.%2035%20-%20Salazar%20Noboa%20Galo%20Fernando.pdf](#)

Toro, J. R. G. (2019). *ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE SUELO-CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VÍAS TERCARIAS EN COLOMBIA QUE POSEAN UN ALTO CONTENIDO DE CAOLÍN* [UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA].

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/140c5ce1-5c92-4735-a9fd-69ed64b95d9e/content>

ANEXOS

7.1 INFORMACIÓN DE LAS CUATRO ETAPAS DE MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS DE ASFALTO EN EL CANTÓN RIOBAMBA

ETAPA 1

PROYECTO: "REASFALTADO EN LAS CALLES PRINCIPALES DE LA CIUDAD
DERIOBAMBA"

PROCESO: LCO-GADMR-007-2015

UBICACIÓN: AV. LEOPOLDO FREIRE, CALLES OLMEDO, GUAYAQUIL, 10
DE AGOSTO Y PRIMERA CONSTITUYENTE

CONTRATO: LICITACION DE OBRA N.º 001-2016

MONTO DE CONTRATO: 1 095

760.81 \$ **ORDEN DE INICIO:** 6

DE MAYO DE 2016 **PLAZO DE**

EJECUCIÓN: 180 DÍAS

FECHA DE TÉRMINO: 2 DE NOVIEMBRE DE 2016

Tabla 13. Información sobre la Etapa 1

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Desprendimiento de la capa asfáltica	m2	60,443.83	0.25	15 110.96

*Fuente. GADM
Riobamba (2024)*

ETAPA 2

PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE LA PROLONGACIÓN DE LA AV. GONZALO DÁVALOS HASTA LA INTERSECCIÓN DE LA AV. MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO Y REASFALTADO DE LAS CALLES PRINCIPALES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA ETAPA II”

PROCESO: LCO-GADMR-001-2017

UBICACIÓN: Las calles que se van a intervenir son la Villarroel, Chile, Colombia, Esmeraldas, José Orozco, argentinos, Junín, Ayacucho, Venezuela, Gonzalo Dávalos.

CONTRATO: LICITACION DE OBRA N.º 002-2016

MONTO DE CONTRATO: 9'340.775,19 \$

ORDEN DE INICIO: 2 de marzo del 2017

PLAZO DE EJECUCIÓN: 360 DÍAS

FECHA DE TERMINO: 12 DE FEBRERO DE 2018

Tabla 14. Información sobre la Etapa 2

Calle	Intervención	Longitud (m)	Área (m²)	Precio unitario	Precio total
Villarroel	Desde la calle Darquea hasta la calle Uruguay	1878.00	16902.00	0.17	2873.34
Chile	Desde la Av. Félix Proaño hasta la Av. Unidad Nacional.	2480.00	22320.00	0.17	3794.40
Colombia	Desde la calle Puruhá hasta la calle Uruguay	2135.00	18147.50	0.17	3085.08

Esmeraldas	Desde la calle Puruhá hasta la calle Duchicela	2308.00	19848.80	0.17	3374.30
José de Orozco	Desde la Av. Celso Augusto Rodríguez hasta la calle Uruguay	3195.00	27636.75	0.17	4698.25
Argentinos	Desde la calle la Paz hasta la calle Uruguay	2910.00	24735.00	0.17	4204.95
Junín	Desde la calle la Paz hasta la Av. Gonzalo Dávalos	2796.00	23766.00	0.17	4040.22
Ayacucho	Desde la calle la Paz hasta la calle Uruguay	2494.00	21199.00	0.17	3603.83
Venezuela	Desde la calle la Paz hasta la calle Uruguay	2310.00	20790.00	0.17	3534.30
Gonzalo Dávalos	Desde el redondel de la Prensa hasta la Av. Monseñor Leonidas Proaño	1800.00	34942.80	0.17	5940.28
TOTAL		24306.00	230297.85		

*Fuente. GADM
Riobamba (2024)*

En resumen, se ejecutaron 24.30 Km de longitud y 230297.85 m² de intervención en esta etapa de reasfaltado de la ciudad.

ETAPA 3

PROYECTO: "REASFALTADO EN LAS CALLES PRINCIPALES DE LA CIUDAD DERIOBAMBA TERCERA ETAPA"

PROCESO: LCO-GADMR-004-2018

UBICACIÓN: Las calles que se van a intervenir son la Villarroel, Chile, Colombia, Esmeraldas, José Orozco, argentinos, Junín, Ayacucho, Venezuela, Gonzalo Dávalos.

CONTRATO: LICITACION DE OBRA N° 002-2016

MONTO DE CONTRATO: \$. 3 063 129.85

ORDEN DE INICIO: 17 de enero

de 2019 **PLAZO DE EJECUCIÓN:**

365 DÍAS **FECHA DE TERMINO:**

17 de enero de 2020

Tabla 15. Información sobre la Etapa 3

Intervención	Área (m2)	Precio unitario	Precio total
AVENIDA LA PRENSA (Av. Pedro Vicente Maldonado - Av. Lizarzaburu)	16 773.29	0.28	4 696.52
AVENIDA CELSO AUGUSTO RODRIGUEZ (Calle Puruhá - Av. Edelberto Bonilla)	20 174.70	0.28	5 648.92
AVENIDA ANTONIO JOSÉ DE SUCRE (Calle Venezuela - Av. de los H. de Tapi)	4 463.60	0.28	1 249.81
AVENIDA UNIDAD NACIONAL (Calle Carabobo - Av. M. A. León)	2 993.20	0.28	838.10

ROCAFUERTE, AV. 21 DE ABRIL Y			
VICENTE RAMON ROCA (Av. Cordovez - Av. A. J. de Sucre)	15 419.50	0.28	4 317.46
AVENIDA LUIS CORDOVEZ (Av. A. J. de Sucre - Calle Espejo)	6 769.00	0.28	1 895.32
AVENIDA LA PAZ (Av. C. A. Rodríguez - Calle Chimborazo)	6 648.90	0.28	1 861.69
CALLE CARABOBO (Av. 9 de octubre - Av. A. J. de Sucre)	14 740.10	0.28	4 127.23
CALLE EUGENIO ESPEJO (Av. 9 de octubre - Olmedo y Orozco - Av. E. Bonilla)	18 441.20	0.28	5 163.54
CALLE JOSE VELOZ (Calle Alvarado - Calle Puruhá)	5 365.40	0.28	1 502.31
CALLE BOYACÁ (Calle Carabobo - Calle Loja)	10 920.10	0.28	3 057.63
CALLE BARÓN DE CARONDELET (Calle Carabobo - Calle Loja)	12 366.80	0.28	3 462.70
TOTAL	135 072.79		

*Fuente. GADM
Riobamba (2024)*

En resumen, se intervinieron 135 072.79 m² en esta etapa de reasfaltado de la ciudad.

ETAPA 4

PROYECTO: “REHABILITACIÓN DE VARIAS VÍAS ASFALTADAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

PROCESO: COTO-GADMR-019-2022

UBICACIÓN: L AV. DANIEL LEÓN BORJA, AV. CARLOS ZAMBRANO, AV. DANIEL LEÓN BORJA, CALLE EDMUNDO CHIRIBOGA, AV. UNIDAD NACIONAL, CALLE PRIMERA CONSTITUYENTE, AV. BOLIVAR BONILLA, CALLE CARACAS, AV. JUAN MONTALVO, AV. SAINT AMAND, CALLE DUCHICELA

CONTRATO: COTIZACION OBRA N° 010-2023

MONTO DE CONTRATO: \$. 730 938.5179

ORDEN DE INICIO: 13 de junio de 2023

PLAZO DE EJECUCIÓN: 90 DÍAS

FECHA DE TERMINO: 6 de diciembre de 2023

Tabla 16. Información sobre la Etapa 4

Vía intervenida	Inicio	Fin	Área m ²	Volumen m ³	Longitud km
AV. DANIEL LEÓN BORJA	Av. La Prensa	Av. Carlos Zambrano	9415.45	471.10	0.584
AV. CARLOS ZAMBRANO	Av. Daniel León Borja	Calle Veloz	1518.14	75.95	0.146
AV. DANIEL LEÓN BORJA	Calle Carabobo	Av. Miguel Ángel León	4382.53	219.13	0.308
CALLE EDMUNDO CHIRIBOGA	Puente Quebrada Las Abras	Semáforo Mallas BBC-11	1378.73	-	0.160

AV. UNIDAD NACIONAL	Av. La Prensa	Av. Miguel Ángel León	18699.11	934.94	1.226
CALLE PRIMERA CONSTITUYENTE	Av. Carlos Zambrano	Calle Carabobo	6819.65	340.98	0.800
AV. BOLIVAR BONILLA	Av. Celso Augusto Rodríguez	Av. Leopoldo Freire	7461.20	373.06	0.557
CALLE CARACAS	Av. Dr. Edelberto Bonilla	Av. Bolívar Bonilla	6647.40	332.37	0.587
AV. JUAN MONTALVO	Calle México	Av. Dr. Edelberto Bonilla	2470.16	123.51	0.321
AV. SAINT AMAND	Av. Lizarzaburu	Av. Pedro Vicente Maldonado	16563.97	828.97	1.05
CALLE DUCHICELA	Av. Manuel Elicio Flor	Av. 9 de Octubre	8729.72	436.49	1.02
TOTAL			84086.06	4136.50	6.76

*Fuente. GADM
Riobamba (2024)*

7.2 ENSAYOS CBR SUELO – A. CAFÉ

**ADICIÓN DE ASFALTO RECICLADO 8% – 12% –
16% – 20%**

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	11
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.488 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	22.80%
Asfalto (%)	8.00%
Peso de la muestra tot (kg)	11.88

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+Sh	Peso T+Ss	Peso Sh [Ww] [g]	Peso Ss [Wd] [g]	HUMEDAD (w) [%]
12	33	6.72	51.86	38.02	45.14	31.3	44%
	35	6.82	65.38	50.01	58.56	43.19	36%
25	9	6.81	51.23	38.9	44.42	32.09	38%
	7	6.85	55.04	40.85	48.19	34	42%
56	A19	7.5	51.74	39.14	44.24	31.64	40%
	A17	7.41	47.09	36.23	39.68	28.82	38%

DENSIDAD SECA			
Molde	1	01	13
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	8	6	7.5
Peso suelo sat + molde (kg)	11	9.45	11
Peso del suelo saturado (kg)	3	3.45	3.5
Densidad Humeda (kg/m ³)	1244.249	1430.886	1451.623
Porcentaje de humedad (%)	40%	40%	39%
Densidad Seca (kg/m ³)	889.371	1021.483	1046.195
Densidad Seca (g/cm ³)	0.889	1.021	1.046
%CBR	3.62	5.67	10.75

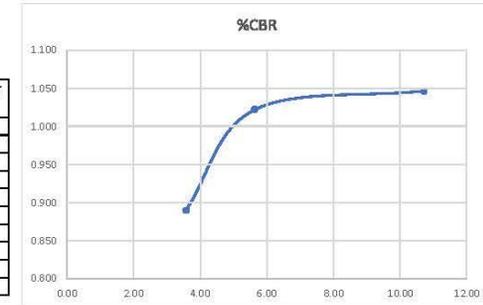
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	24/10/2023	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	
1	0.013	0.071	0.071	0.075	0.06
01	0.01	0.01	0.01	0.014	0.01
13	0.016	0.016	0.016	0.016	0.01

CBR al 100% de compactación 24.52
 CBR al 95% de compactación 21.88

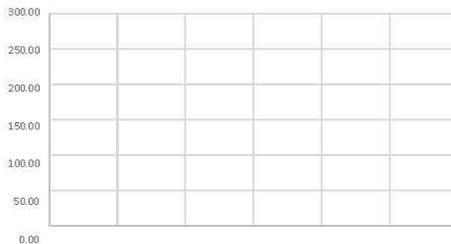
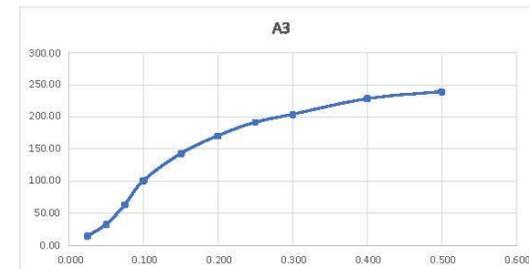
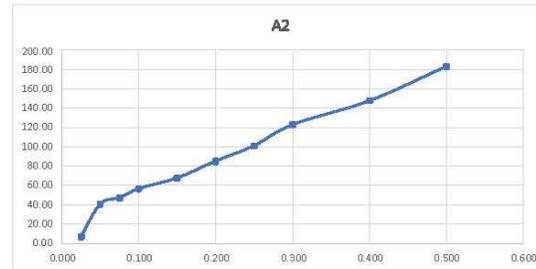
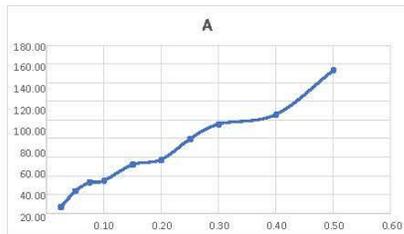
Penetración [p]g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	18	6.00	
0.050	70	23.33	
0.075	98	32.67	
0.100	103	34.33	1000
0.150	156	52.00	
0.200	171	57.00	1500
0.250	238	79.33	
0.300	286	95.33	1900
0.400	317	105.67	2300
0.500	460	153.33	2600

Penetración [p]g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	20	6.67	
0.050	122	40.67	
0.075	141	47.00	
0.100	170	56.67	1000
0.150	203	67.67	
0.200	260	85.00	1500
0.250	303	101.00	
0.300	369	123.00	1900
0.400	443	147.67	2300
0.500	550	183.33	2600

Penetración [p]g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	45	15.00	
0.050	98	32.67	
0.075	190	63.33	
0.100	303	101.00	1000
0.150	429	143.00	
0.200	513	171.00	1500
0.250	575	191.67	
0.300	612	204.00	1900
0.400	685	228.33	2300
0.500	718	239.33	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración	Carga	Molde	1	Molde	2	Molde	3
in	Estándar	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in	%
0.1	1000	34.33	3.43	56.67	5.67	101.00	10.10
0.2	1500	57.00	3.80	85.00	5.67	171.00	11.40
PROMEDIO			3.62		5.67		10.75

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	10
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.488 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	22.80%
Asfalto (%)	12.00%
Peso de la muestra tot (kg)	11.2

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+Sh	Peso T+Ss	Peso Sh (Ww) [g]	Peso Ss (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	2	6.81	61.26	47.91	54.45	41.1	32%	31%
	3	6.87	104.77	82.95	97.9	76.08	29%	
25	28	6.78	42.93	35.43	36.15	28.65	26%	28%
	35	6.82	98.69	77.2	91.87	70.38	31%	
56	1	6.84	51.2	41.2	44.36	34.36	29%	26%
	36	6.69	112.21	92.8	105.52	86.11	23%	

DENSIDAD SECA			
Molde	02	06	11B
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	6.05	7.55	7.55
Peso suelo sat + molde (kg)	9.48	11	11.27
Peso del suelo saturado (kg)	3.43	3.45	3.72
Densidad Humeda (kg/m ³)	1422.591	1430.886	1542.868
Porcentaje de humedad (%)	31%	28%	26%
Densidad Seca (kg/m ³)	1089.431	1114.778	1226.228
Densidad Seca (g/cm ³)	1.089	1.115	1.226
%CBR	4.43	6.23	16.63

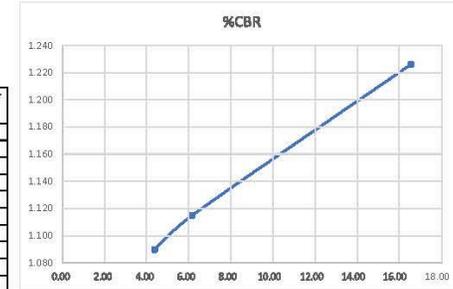
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	01/11/2023	02/11/2023	03/11/2023	04/11/2023	
02	0.042	0.042	0.042	0.042	0.04
06	0.027	0.027	0.027	0.027	0.02
11B	0.032	0.032	0.032	0.032	0.03

CBR al 100% de compactación 40.24
 CBR al 95% de compactación 33.51

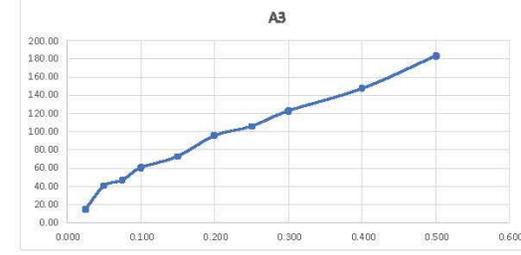
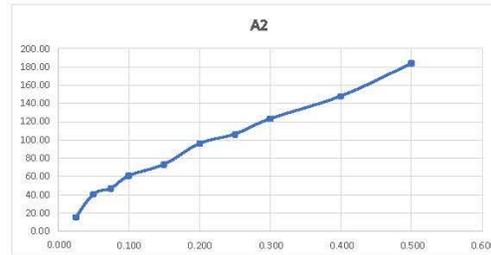
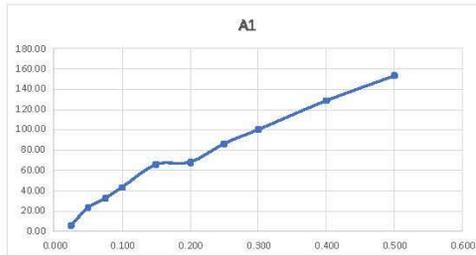
Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	18	6.00	
0.050	70	23.33	
0.075	98	32.67	
0.100	130	43.33	1000
0.150	198	66.00	
0.200	204	68.00	1500
0.250	259	86.33	
0.300	301	100.33	1900
0.400	386	128.67	2300
0.500	460	153.33	2600

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	45	15.00	
0.050	122	40.67	
0.075	141	47.00	
0.100	182	60.67	1000
0.150	219	73.00	
0.200	288	96.00	1500
0.250	318	106.00	
0.300	369	123.00	1900
0.400	443	147.67	2300
0.500	550	183.33	2600

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	87	29.00	
0.050	198	66.00	
0.075	254	84.67	
0.100	399	133.00	1000
0.150	597	199.00	
0.200	898	299.33	1500
0.250	945	315.00	
0.300	1084	361.33	1900
0.400	1113	371.00	2300
0.500	1315	438.33	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración	Carga	Molde	1	2	3		
In	Estándar	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in	%
0.1	1000	43.33	4.33	60.67	6.07	133.00	13.30
0.2	1500	68.00	4.53	96.00	6.40	299.33	19.96
PROMEDIO			4.43		6.23		16.63

0.000 0.100 0.200 0.300 0.400 0.500 0.600

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	11
Diámetro del molde (m)	6.3
Altura del molde (m)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.488 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	22.80%
Asfalto (%)	16.00%
Peso de la muestra tot (kg)	12.76

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+5h	Peso T+5s	Peso 5h (Ww) [g]	Peso 5s (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	32	6.82	83.76	62.62	76.94	55.8	38%	39%
	1	6.84	83.01	61.1	76.17	54.26	40%	
25	25	7.16	83.1	64.5	75.94	57.34	32%	38%
	26	7.5	89.2	64.1	81.7	56.6	44%	
56	8	6.65	62.1	49.8	55.45	43.35	29%	30%
	36	6.69	64.85	50.6	58.16	43.91	32%	

DENSIDAD SECA			
Molde	02	06	11B
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	6.05	7.55	7.55
Peso suelo sat + molde (kg)	9.8	11.6	11.4
Peso del suelo saturado (kg)	3.75	4.05	3.85
Densidad Humeda (kg/m ³)	1555.311	1679.735	1596.786
Porcentaje de humedad (%)	39%	38%	30%
Densidad Seca (kg/m ³)	1117.863	1213.750	1223.788
Densidad Seca (g/cm ³)	1.118	1.214	1.224
%CBR	6.67	10.95	33.44

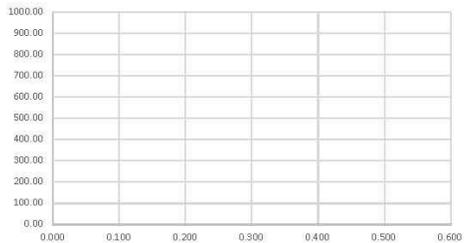
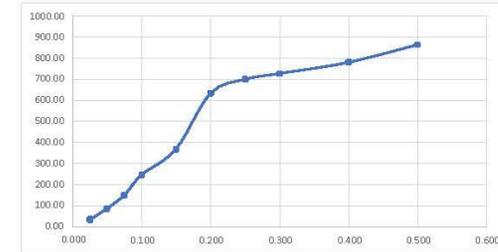
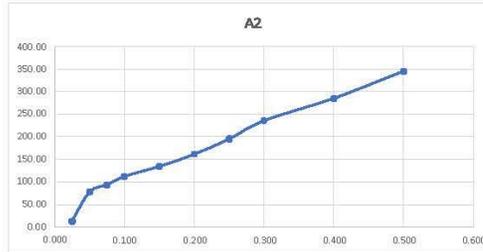
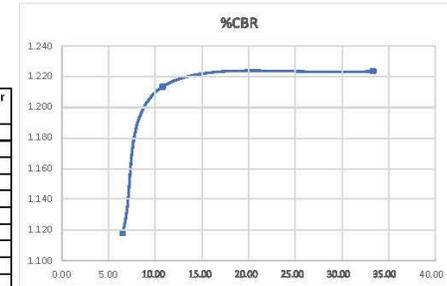
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	01/11/2023	02/11/2023	03/11/2023	04/11/2023	
02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
06	0.032	0.032	0.032	0.032	0.03
11B	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

CBR al 100% de compactación 68.29
 CBR al 95% de compactación 55.70

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	23	7.67	
0.050	92	30.67	
0.075	128	42.67	
0.100	200	66.67	1000
0.150	250	83.33	
0.200	300	100.00	1500
0.250	313	104.33	
0.300	375	125.00	1900
0.400	432	144.00	2300
0.500	622	207.33	2600

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	39	13.00	
0.050	233	77.67	
0.075	279	93.00	
0.100	335	111.67	1000
0.150	402	134.00	
0.200	483	161.00	1500
0.250	584	194.67	
0.300	706	235.33	1900
0.400	855	285.00	2300
0.500	1034	344.67	2600

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	101	33.67	
0.050	259	86.33	
0.075	452	150.67	
0.100	740	246.67	1000
0.150	1105	368.33	
0.200	1900	633.33	1500
0.250	2098	699.33	
0.300	2180	726.67	1900
0.400	2340	780.00	2300
0.500	2590	863.33	2600



CBR CORREGIDO							
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	1 %	Molde lbs/in	2 %	Molde lbs/in	3 %
0.1	1000	66.67	6.67	111.67	11.17	246.67	24.67
0.2	1500	100.00	6.67	161.00	10.73	633.33	42.22
PROMEDIO			6.67		10.95		33.44

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	10
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.488 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	22.80%
Asfalto (%)	20.00%
Peso de la muestra tot (kg)	12

#GOLPES/ CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+Sh	Peso T+Ss	Peso Sh (Vw) [g]	Peso Ss (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	2	6.81	68.7	52.12	61.89	45.31	37%	35%
	27	6.78	43.21	33.9	36.43	27.12	34%	
25	25	7.16	55.11	42.51	47.95	35.35	36%	35%
	37	6.83	52.1	40.28	45.27	33.45	35%	
56	7	6.85	62.8	48.1	55.95	41.25	36%	35%
	33	6.72	39.8	31.25	33.08	24.53	35%	

DENSIDAD SECA			
Molde	11B	7	5B
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	7.55	7.4	5.5
Peso suelo sat + molde (kg)	11.15	11.25	9.5
Peso del suelo saturado (kg)	3.6	3.85	4
Densidad Humeda (kg/m ³)	1493.098	1596.786	1658.998
Porcentaje de humedad (%)	35%	35%	35%
Densidad Seca (kg/m ³)	1102.238	1178.527	1226.654
Densidad Seca (g/cm ³)	1.102	1.179	1.227
%CBR	11.53	16.57	45.89

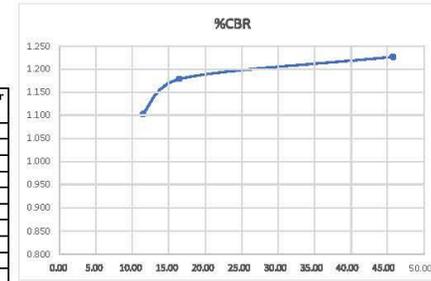
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	16/11/2023	17/11/2023	18/11/2023	19/11/2023	
11B	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
07	0.054	0.054	0.054	0.054	0.05
5B	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05

CBR al 100% de compactación: 106.63
 CBR al 95% de compactación: 87.50

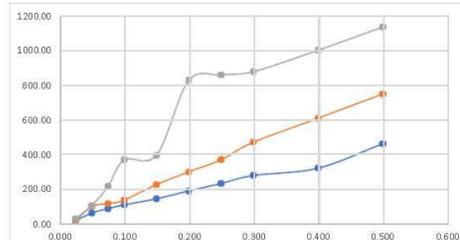
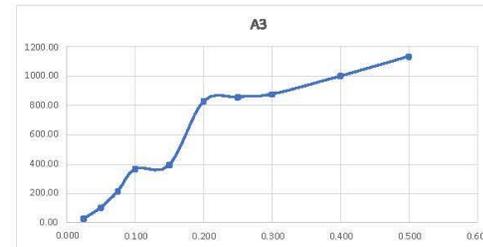
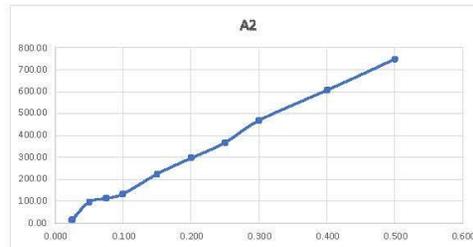
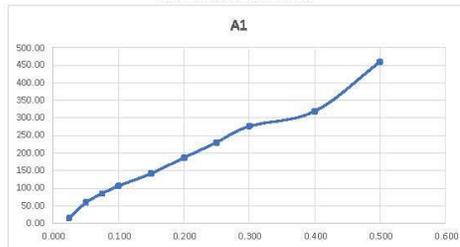
Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	44	14.67	
0.050	176	58.67	
0.075	253	84.33	
0.100	319	106.33	1000
0.150	425	141.67	
0.200	559	186.33	1500
0.250	689	229.67	
0.300	829	276.33	1900
0.400	955	318.33	2300
0.500	1377	459.00	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	45	15.00	
0.050	290	96.67	
0.075	340	113.33	
0.100	400	133.33	1000
0.150	671	223.67	
0.200	891	297.00	1500
0.250	1100	366.67	
0.300	1405	468.33	1900
0.400	1819	606.33	2300
0.500	2240	746.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	77	25.67	
0.050	308	102.67	
0.075	638	212.67	
0.100	1100	366.67	1000
0.150	1175	391.67	
0.200	2480	826.67	1500
0.250	2570	856.67	
0.300	2630	876.67	1900
0.400	2999	999.67	2300
0.500	3401	1133.67	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	1 %	Molde lbs/in	2 %	Molde lbs/in	3 %
0.1	1000	106.33	10.63	133.33	13.33	366.67	36.67
0.2	1500	186.33	12.42	297.00	19.80	826.67	55.11
PROMEDIO			11.53		16.57		45.89

ING. FERNANDA LEMA
ENCARGADA LABORATORIO

ING. CARLOS SALDAÑA
TUTOR DE TESIS

CARLOS PARRA
TESISTA

7.3 ENSAYOS CBR SUELO – A. GG

ADICIÓN DE ASFALTO RECICLADO 8% – 12% – 16% – 20%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba- Ecuador

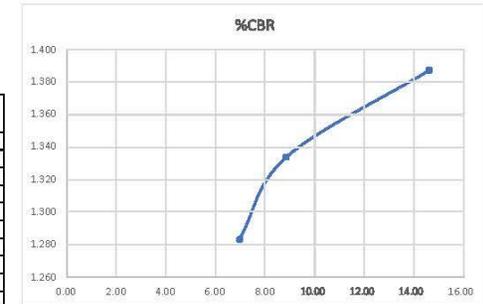
DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	13
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.912 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	9.99%
Asfalto (%)	8.00%
Peso de la muestra tot. (kg)	14.04

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+S	Peso T+S _s	Peso S _h (Ww) [g]	Peso S _s (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]
12	25	7.16	118.96	97.1	111.8	89.94	24%
	26	7.5	119.2	99.53	111.7	92.03	21%
25	36	6.69	81.28	65.8	74.59	59.11	26%
	6	6.85	52.3	44.89	45.45	38.04	19%
56	27	6.78	42.2	36.76	35.42	29.98	18%
	28	6.78	65.12	55	58.34	48.22	21%

DENSIDAD SECA			
Molde	03	09	15
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	6.5	6.5	6.5
Peso suelo sat + molde (kg)	10.3	10.45	10.5
Peso del suelo saturado (kg)	3.8	3.95	4
Densidad Humeda (kg/m ³)	1576.048	1636.261	1658.998
Porcentaje de humedad (%)	23%	23%	20%
Densidad Seca (kg/m ³)	1283.016	1333.719	1387.513
Densidad Seca (g/cm ³)	1.283	1.334	1.388
%CBR	7.03	8.90	14.67

HINCHAMIENTO				
MOLDE	Fecha			%HINCHAMIENTO
	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	
03	0.01	0.017	0.017	0.027
09	0.02	0.017	0.017	0.024
15	0.01	0.016	0.016	0.016

CBR al 100% de compactación 52.60
 CBR al 95% de compactación 45.57

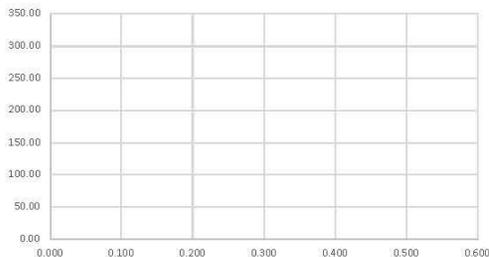
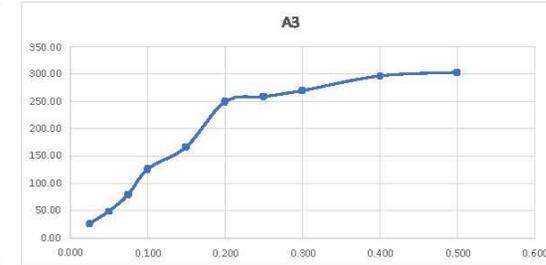
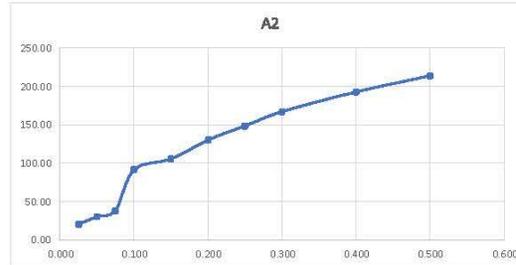
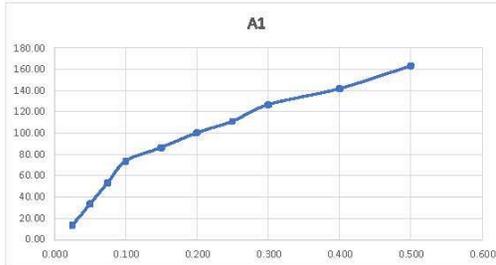


Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	40	13.33	
0.050	100	33.33	
0.075	160	53.33	
0.100	221	73.67	1000
0.150	259	86.33	
0.200	301	100.33	1500
0.250	333	111.00	
0.300	380	126.67	1900
0.400	425	141.67	2300
0.500	489	163.00	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	59	19.67	
0.050	89	29.67	
0.075	113	37.67	
0.100	274	91.33	1000
0.150	315	105.00	
0.200	390	130.00	1500
0.250	445	148.33	
0.300	501	167.00	1900
0.400	578	192.67	2300
0.500	642	214.00	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	80	26.67	
0.050	149	49.67	
0.075	240	80.00	
0.100	380	126.67	1000
0.150	501	167.00	
0.200	750	250.00	1500
0.250	776	258.67	
0.300	810	270.00	1900
0.400	890	296.67	2300
0.500	910	303.33	2600

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO								
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
			%	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in
0.1	1000	73.67	7.37	91.33	9.13	126.67	12.67	
0.2	1500	100.33	6.69	130.00	8.67	250.00	16.67	
PROMEDIO			7.03		8.90		14.67	

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	13
Diámetro del molde (m)	6.3
Altura del molde (m)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.912 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	9.99%
Asfalto (%)	12.00%
Peso de la muestra tot (kg)	14.56

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+S _h	Peso T+S _s	Peso S _h (Ww) [g]	Peso S _s (wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	26	7.5	136.23	114	128.73	106.5	21%	18%
	32	6.82	113.17	100	106.35	93.18	14%	
25	25	7.16	73.1	62.8	65.94	55.64	19%	17%
	37	6.83	91.52	80.2	84.69	73.37	15%	
56	27	6.78	71.1	62.23	64.32	55.45	16%	16%
	38	6.73	98.2	85.4	91.47	78.67	16%	

DENSIDAD SECA			
Molde	03	09	15
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	6.5	6.5	6.5
Peso suelo sat + molde (kg)	10.31	10.4	10.5
Peso del suelo saturado (kg)	3.8	3.9	4
Densidad Humeda (kg/m ³)	1576.048	1617.523	1658.998
Porcentaje de humedad (%)	18%	17%	16%
Densidad Seca (kg/m ³)	1341.277	1382.850	1428.527
Densidad Seca [g/cm ³]	1.341	1.383	1.429
%CBR	11.08	11.14	19.58

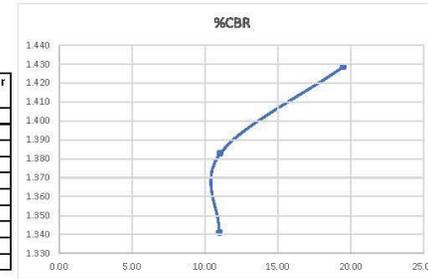
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	01/11/2023	02/11/2023	03/11/2023	04/11/2023	
03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
15	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03

CBR al 100% de compactación 66.07
 CBR al 95% de compactación 56.63

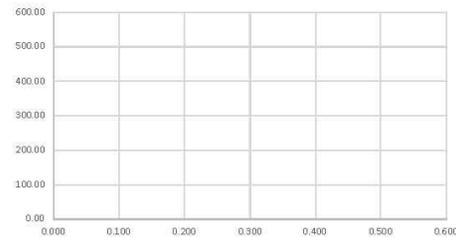
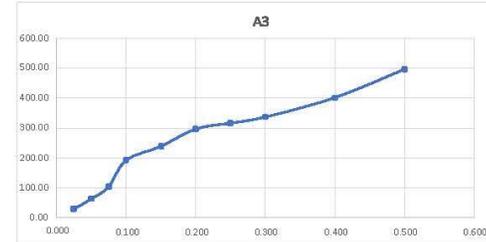
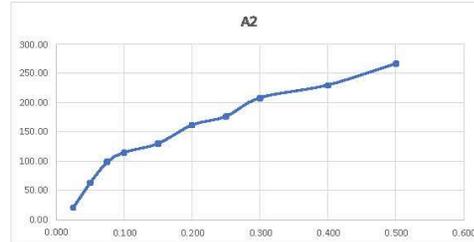
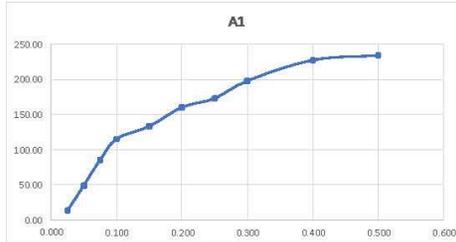
Penetración [p] [g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	40	13.33	
0.050	147	49.00	
0.075	256	85.33	
0.100	345	115.00	1000
0.150	399	133.00	
0.200	480	160.00	1500
0.250	518	172.67	
0.300	593	197.67	1900
0.400	681	227.00	2300
0.500	701	233.67	2600

Penetración [p] [g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	62	20.67	
0.050	189	63.00	
0.075	296	98.67	
0.100	345	115.00	1000
0.150	390	130.00	
0.200	485	161.67	1500
0.250	529	176.33	
0.300	625	208.33	1900
0.400	690	230.00	2300
0.500	799	266.33	2600

Penetración [p] [g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	93	31.00	
0.050	193	64.33	
0.075	315	105.00	
0.100	580	193.33	1000
0.150	719	239.67	
0.200	892	297.33	1500
0.250	950	316.67	
0.300	1012	337.33	1900
0.400	1206	402.00	2300
0.500	1489	496.33	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO								
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
			%	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in
0.1	1000	115.00	11.50	115.00	11.50	193.33	19.33	19.33
0.2	1500	160.00	10.67	161.67	10.78	297.33	19.82	19.82
PROMEDIO			11.08		11.14		19.58	

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		
FACULTAD DE INGENIERIA		
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la via de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	11
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.912 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	9.99%
Asfalto (%)	16.00%
Peso de la muestra tot (kg)	12.75

#GOLPES/ CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+Sh	Peso T+Ss	Peso Sh (Ww) [g]	Peso Ss (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	33	6.72	92.39	80.2	85.67	73.48	17%	16%
	38	6.73	93.1	81.4	86.37	74.67	16%	
25	28	6.78	76.35	66.98	69.57	60.2	16%	15%
	2	6.81	94.55	83.03	87.74	76.22	15%	
56	7	6.85	70.59	62.87	63.74	56.02	14%	15%
	5	6.76	84.5	73.8	77.74	67.04	16%	

DENSIDAD SECA			
Molde	03	09	15
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	6.5	6.5	6.5
Peso suelo sat + molde (kg)	10.44	10.56	10.59
Peso del suelo saturado (kg)	3.95	4.05	4.1
Densidad Humeda (kg/m ³)	1638.261	1679.735	1700.473
Porcentaje de humedad (%)	16%	15%	15%
Densidad Seca (kg/m ³)	1410.722	1456.341	1480.336
Densidad Seca (g/cm ³)	1.411	1.456	1.480
%CBR	13.51	15.78	24.54

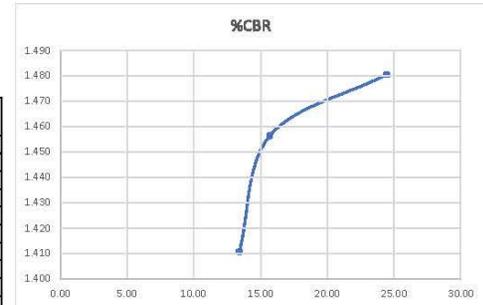
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	28/10/2023	
03	0.029	0.029	0.029	0.029	0.02
09	0.013	0.013	0.013	0.013	0.01
15	0.001	0.001	0.001	0.001	0.00

CBR al 100% de compactación 84.70
 CBR al 95% de compactación 70.91

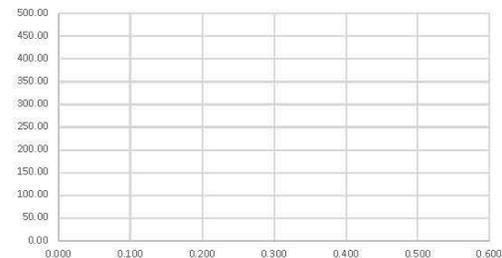
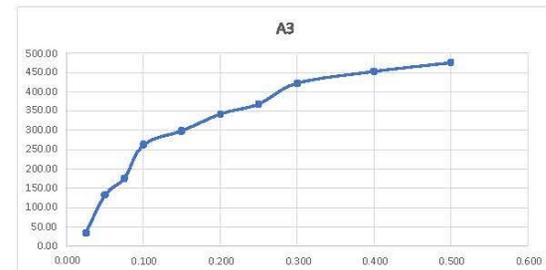
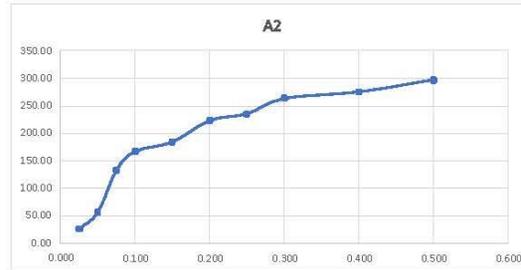
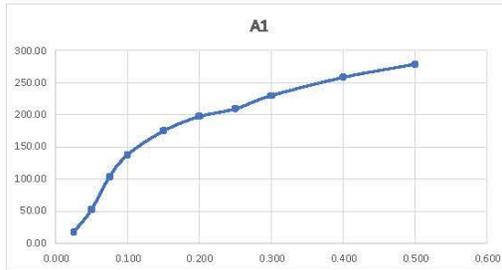
Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	54	18.00	
0.050	159	53.00	
0.075	312	104.00	
0.100	415	138.33	1000
0.150	525	175.00	
0.200	593	197.67	1500
0.250	628	209.33	
0.300	690	230.00	1900
0.400	775	258.33	2300
0.500	836	278.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	79	26.33	
0.050	168	56.00	
0.075	398	132.67	
0.100	501	167.00	1000
0.150	551	183.67	
0.200	669	223.00	1500
0.250	795	255.00	
0.300	789	263.00	1900
0.400	825	275.00	2300
0.500	890	296.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	102	34.00	
0.050	398	132.67	
0.075	526	175.33	
0.100	789	263.00	1000
0.150	895	298.33	
0.200	1025	341.67	1500
0.250	1102	367.33	
0.300	1264	421.33	1900
0.400	1356	452.00	2300
0.500	1425	475.00	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO						
Penetración in	Carga Estándar	Molde 1 lbs/in	Molde 2 lbs/in	Molde 3 lbs/in	%	%
0.1	1000	138.33	167.00	263.00	13.83	16.70
0.2	1500	197.67	223.00	341.67	13.18	22.78
PROMEDIO					13.51	15.78

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la via de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	12
Diámetro del molde (m)	6.3
Altura del molde (m)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.912 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	9.99%
Asfalto (%)	20.00%
Peso de la muestra tot.(kg)	14.4

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+S	Peso T+Ss	Peso Sh (Ww) [g]	Peso Ss (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	5	6.72	53.5	46.8	46.78	40.08	17%	16%
	1	6.73	49.57	44.17	42.84	37.44	14%	
25	8	6.78	89.19	79.22	82.41	72.44	14%	14%
	28	6.81	67.35	59.35	60.54	52.54	15%	
56	26	6.85	52.5	47.4	45.65	40.55	13%	14%
	A19	6.76	61.3	54.16	54.54	47.4	15%	

DENSIDAD SECA			
Molde	1	01	13
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	8	6	7.5
Peso suelo sat + molde (kg)	11.91	10	11.6
Peso del suelo saturado (kg)	3.9	4	4.1
Densidad Humeda (kg/m ³)	1617.523	1658.998	1700.473
Porcentaje de humedad (%)	16%	14%	14%
Densidad Seca (kg/m ³)	1399.607	1448.972	1494.000
Densidad Seca (g/cm ³)	1.400	1.449	1.494
%CBR	13.93	19.81	34.17

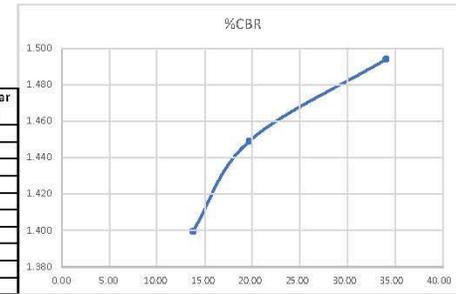
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				5
	16/11/2023	17/11/2023	18/11/2023	19/11/2023	
1	0.014	0.014	0.014	0.014	0.01
01	0.014	0.014	0.014	0.014	0.01
13	0.007	0.007	0.007	0.007	0.01

CBR al 100% de compactación 121.54
 CBR al 95% de compactación 101.19

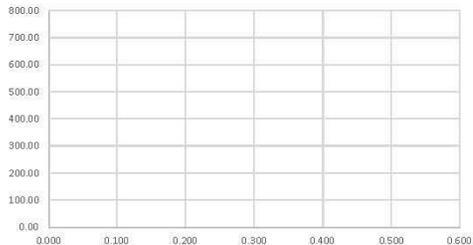
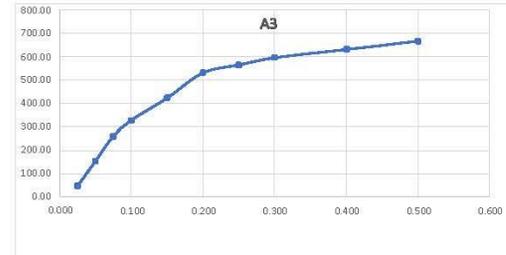
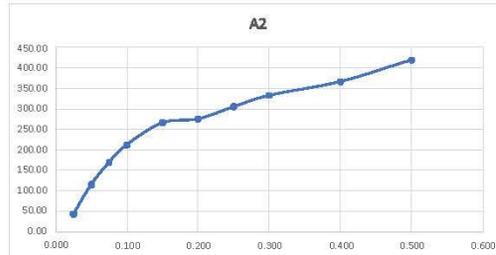
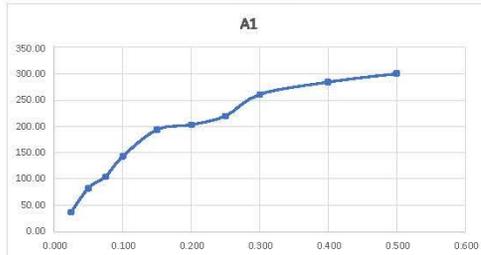
Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	111	37.00	
0.050	248	82.67	
0.075	314	104.67	
0.100	429	143.00	1000
0.150	581	193.67	
0.200	610	203.33	1500
0.250	659	219.67	
0.300	782	260.67	1900
0.400	852	284.00	2300
0.500	901	300.33	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	129	43.00	
0.050	345	115.00	
0.075	509	169.67	
0.100	638	212.67	1000
0.150	798	266.00	
0.200	826	275.33	1500
0.250	915	305.00	
0.300	999	333.00	1900
0.400	1100	366.67	2300
0.500	1258	419.33	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	139	46.33	
0.050	459	153.00	
0.075	782	260.67	
0.100	985	328.33	1000
0.150	1269	423.00	
0.200	1598	532.67	1500
0.250	1695	565.00	
0.300	1789	596.33	1900
0.400	1896	632.00	2300
0.500	2004	668.00	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO								
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	Molde 1		Molde 2		Molde 3	
			%	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in
0.1	1000	143.00	14.30	212.67	21.27	328.33	32.83	
0.2	1500	203.33	13.56	275.33	18.36	532.67	35.51	
PROMEDIO			13.93		19.81		34.17	

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

7.4 ENSAYOS CBR SUELO – A. G.A.

ADICIÓN DE ASFALTO RECICLADO 8% – 12% – 16% – 20%

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	13
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.431 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	23.53%
Asfalto (%)	8.00%
Peso de la muestra tot (kg)	14.04

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+S _h	Peso T+S _s	Peso S _h (Ww) [g]	Peso S _s (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	30	6.66	59.1	43.78	52.44	37.12	41%	43%
	37	6.83	60.12	43.83	53.29	37	44%	
25	2	6.81	54.05	38.89	47.24	32.08	47%	41%
	31	6.79	30.98	24.66	24.19	17.87	35%	
56	8	6.65	51.2	38.38	44.55	31.73	40%	41%
	3	6.87	40.1	30.25	33.23	23.38	42%	

DENSIDAD SECA			
Molde	11	07	55B
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	7.1	7.4	5.5
Peso suelo sat + molde (kg)	10.7	11.25	9.5
Peso del suelo saturado (kg)	3.6	3.85	4
Densidad Humeda (kg/m ³)	1493.098	1596.786	1658.998
Porcentaje de humedad (%)	43%	41%	41%
Densidad Seca (kg/m ³)	1046.692	1129.974	1174.373
Densidad Seca (g/cm ³)	1.047	1.130	1.174
%CBR	4.16	7.98	17.61

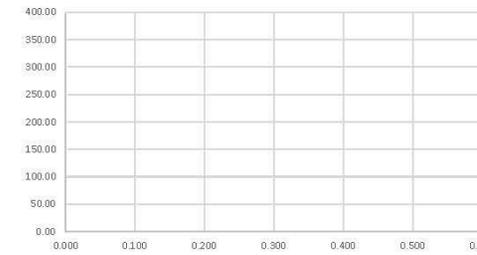
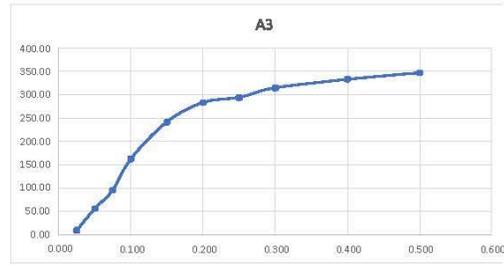
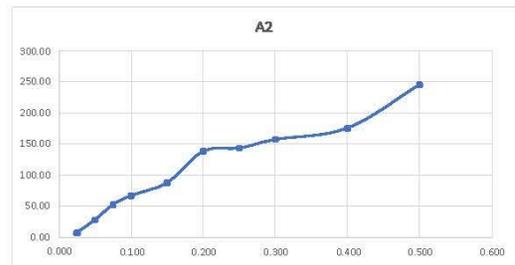
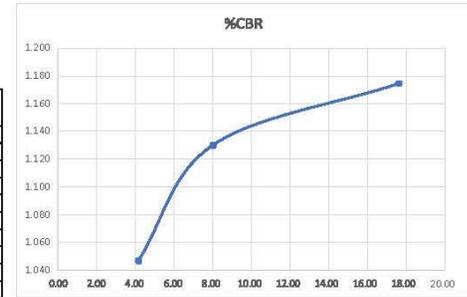
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	24/10/2023	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	
11	0.01	0.01	0.01	0.015	0.01
7	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
55B	0.01	0.01	0.01	0.017	0.01

CBR al 100% de compactación 40.59
 CBR al 95% de compactación 33.60

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	21	7.00	
0.050	57	19.00	
0.075	98	32.67	
0.100	118	39.33	1000
0.150	163	54.33	
0.200	197	65.67	1500
0.250	288	96.00	
0.300	352	117.33	1900
0.400	419	139.67	2300
0.500	524	174.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	23	7.67	
0.050	84	28.00	
0.075	157	52.33	
0.100	202	67.33	1000
0.150	263	87.67	
0.200	415	138.33	1500
0.250	430	143.33	
0.300	472	157.33	1900
0.400	526	175.33	2300
0.500	737	245.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	29	9.67	
0.050	168	56.00	
0.075	286	95.33	
0.100	489	163.00	1000
0.150	725	241.67	
0.200	851	283.67	1500
0.250	883	294.33	
0.300	945	315.00	1900
0.400	999	333.00	2300
0.500	1042	347.33	2600



CBR CORREGIDO							
Penetración	Carga	Molde	1	2	3		
in	Estándar	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in	%
0.1	1000	39.33	3.93	67.33	6.73	163.00	16.30
0.2	1500	65.67	4.38	138.33	9.22	283.67	18.91
PROMEDIO			4.16		7.98		17.61

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERIA		ESCUOLA DE INGENIERIA CIVIL	
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Fungala			Elaborado por: Carlos Julio Parra		
Ensayos: CBR			Revisado por: Ing. Carlos Saldaña		
Normas: ASTM D-1883			Ubicación: Riobamba - Ecuador		

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	11
Diámetro del molde (m)	6.3
Altura del molde (m)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.431 g/cm ³
Humedad Optima (%)	23.51%
Asfalto (%)	12.00%
Peso de la muestra tot (kg)	12.32

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+Sh	Peso T+Ss	Peso Sh (Ww) [g]	Peso Ss (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	9	6.81	99.5	72	92.69	65.19	42%	37%
	A18	7.49	69.15	54.3	61.66	46.81	32%	
25	33	6.72	94	71.2	87.28	64.48	35%	35%
	A17	7.41	85.1	64.9	77.69	57.49	35%	
56	A15	7.55	78	56.4	70.45	48.85	44%	35%
	A19	7.5	79	64.03	71.5	56.53	26%	

DENSIDAD SECA			
Molde	11	07	55B
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	7.1	7.4	5.5
Peso suelo sat + molde (kg)	11.05	11.35	9.9
Peso del suelo saturado (kg)	3.95	3.95	4.4
Densidad Humeda (kg/m ³)	1638.261	1638.261	1824.898
Porcentaje de humedad (%)	37%	35%	35%
Densidad Seca (kg/m ³)	1196.211	1211.300	1348.288
Densidad Seca (g/cm ³)	1.196	1.211	1.348
%CBR	6.78	16.71	33.56

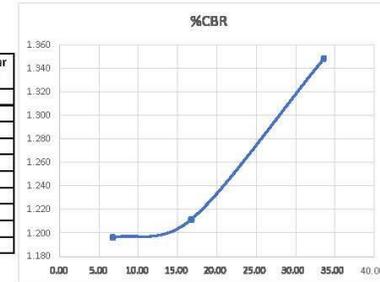
HINCHAMIENTO					
MDLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	01/11/2023	02/11/2023	03/11/2023	04/11/2023	
11	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
07	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004
55B	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

CBR al 100% de compactación 46.78
 CBR al 95% de compactación 35.69

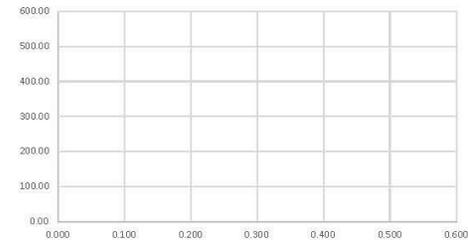
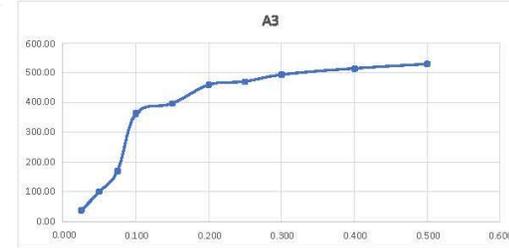
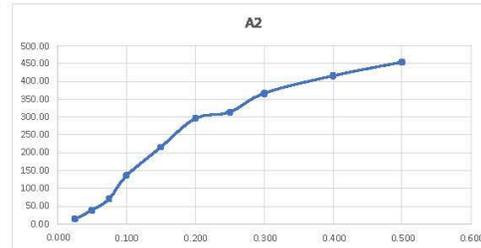
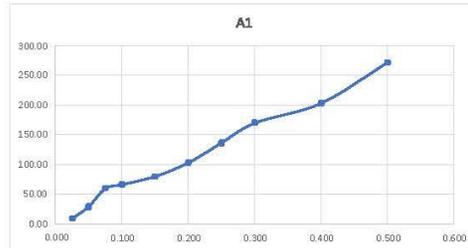
Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	29	9.87	
0.050	89	29.67	
0.075	180	60.00	
0.100	200	66.67	1000
0.150	240	80.00	
0.200	310	103.33	1500
0.250	410	136.67	
0.300	510	170.00	1900
0.400	610	203.33	2300
0.500	815	271.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	41	13.67	
0.050	119	39.67	
0.075	214	71.33	
0.100	409	136.33	1000
0.150	647	215.67	
0.200	890	296.67	1500
0.250	940	313.33	
0.300	1100	366.67	1900
0.400	1247	415.67	2300
0.500	1362	454.00	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	114	38.00	
0.050	304	101.33	
0.075	514	171.33	
0.100	1093	364.33	1000
0.150	1190	396.67	
0.200	1381	460.33	1500
0.250	1412	470.67	
0.300	1482	494.00	1900
0.400	1545	515.00	2300
0.500	1590	530.00	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración	Carga	Molde	1	Molde	2	Molde	3
in	Estándar	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in	%
0.1	1000	66.67	6.67	336.33	13.63	364.33	36.43
0.2	1500	103.33	6.89	296.67	19.78	460.33	30.69
PROMEDIO			6.78		16.71		33.56

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	10
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.431 g/cm ³
Humedad Optima (%)	23.51%
Asfalto (%)	16.00%
Peso de la muestra tot (kg)	11.6

#GOLPES/ CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+S _h	Peso T+S _s	Peso S _h (Ww) [g]	Peso S _s (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	A17	7.41	65.65	48.02	58.24	40.61	43%	38%
	A18	7.49	74.66	57.99	67.17	50.5	33%	
25	3	6.87	73.59	56.94	66.72	50.07	33%	35%
	27	6.78	71.69	54.42	64.91	47.64	36%	
56	A19	7.5	52.08	43.97	44.58	36.47	22%	30%
	A15	7.55	49.3	37.95	41.75	30.4	37%	

DENSIDAD SECA			
Molde	11	558	7
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	7.1	5.5	7.4
Peso suelo sat + molde (kg)	10.7	9.2	11.1
Peso del suelo saturado (kg)	3.6	3.7	3.7
Densidad Humeda (kg/m ³)	1493.098	1534.573	1534.573
Porcentaje de humedad (%)	38%	35%	30%
Densidad Seca (kg/m ³)	1080.300	1138.811	1182.383
Densidad Seca (g/cm ³)	1.080	1.139	1.182
%CBR	9.63	15.80	28.52

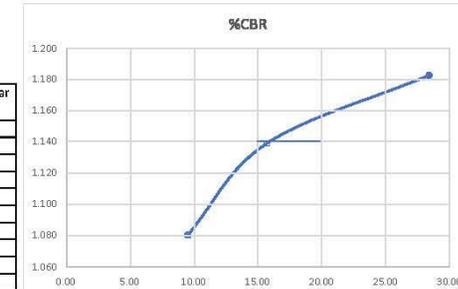
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	01/11/2023	02/11/2023	03/11/2023	04/11/2023	
11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
558	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
7	0.013	0.013	0.013	0.013	0.01

CBR al 100% de compactación 71.66
 CBR al 95% de compactación 58.73

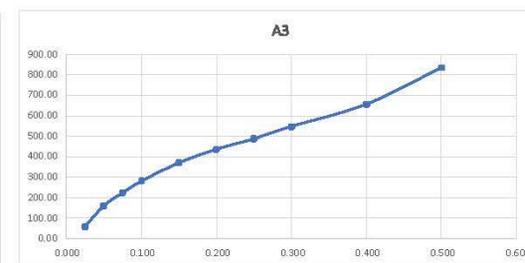
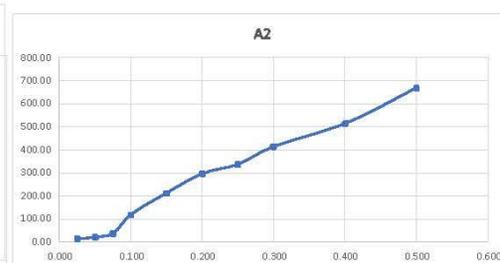
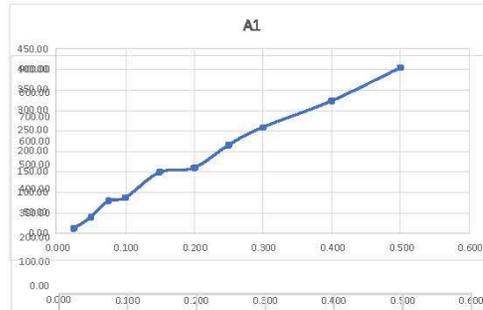
Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	35	11.67	
0.050	119	39.67	
0.075	237	79.00	
0.100	260	86.67	1000
0.150	448	149.33	
0.200	477	159.00	1500
0.250	645	215.00	
0.300	775	258.33	1900
0.400	968	322.67	2300
0.500	1210	403.33	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	42	14.00	
0.050	60	20.00	
0.075	111	37.00	
0.100	356	118.67	1000
0.150	637	212.33	
0.200	888	296.00	1500
0.250	1009	336.33	
0.300	1242	414.00	1900
0.400	1540	513.33	2300
0.500	2002	667.33	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	176	58.67	
0.050	480	160.00	
0.075	671	223.67	
0.100	840	280.00	1000
0.150	1108	369.33	
0.200	1307	435.67	1500
0.250	1462	487.33	
0.300	1640	546.67	1900
0.400	1968	656.00	2300
0.500	2500	833.33	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración in	Carga Estándar	Molde 1 lbs/in	%	Molde 2 lbs/in	%	Molde 3 lbs/in	%
0.1	1000	86.67	8.67	118.67	11.87	280.00	28.00
0.2	1500	159.00	10.60	296.00	19.73	435.67	29.04
PROMEDIO		9.63		15.80		28.52	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala	Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR	Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883	Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	10
Diámetro del molde (n)	6.3
Altura del molde (n)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.433 g/cm ³
Humedad Optima (%)	23.51%
Asfalto (%)	20.00%
Peso de la muestra tot (kg)	12

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+5h	Peso T+5s	Peso 5h (Ww) [g]	Peso 5s (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	3	6.87	48.73	37.79	41.86	30.92	35%	32%
	9	6.7	73.2	58.56	66.5	51.86	28%	
25	6	6.85	51.84	44.2	44.99	37.35	20%	28%
	32	6.82	38.12	29.8	31.3	22.98	36%	
56	30	6.66	60.93	51.4	54.27	44.74	21%	27%
	35	6.82	58.31	45.7	51.49	38.88	32%	

DENSIDAD SECA			
Molde	11	02	09
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	7.1	6.05	6.5
Peso suelo sat + molde (kg)	11	10	10.65
Peso del suelo saturado (kg)	3.9	3.95	4.15
Densidad Humeda (kg/m ³)	1617.523	1638.261	1721.710
Porcentaje de humedad (%)	32%	28%	27%
Densidad Seca (kg/m ³)	1227.202	1276.597	1356.705
Densidad Seca (g/cm ³)	1.227	1.277	1.357
%CBR	16.89	27.04	63.54

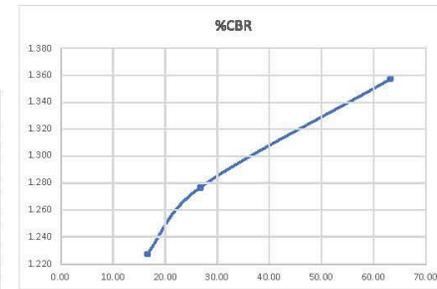
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	16/11/2023	17/11/2023	18/11/2023	19/11/2023	
11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
02	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
09	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04

CBR al 100% de compactación 89.08
 CBR al 95% de compactación 62.65

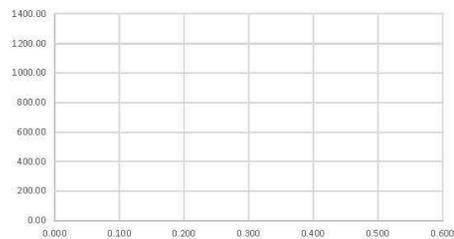
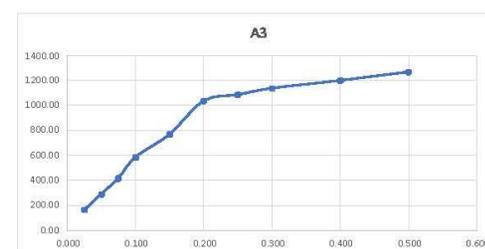
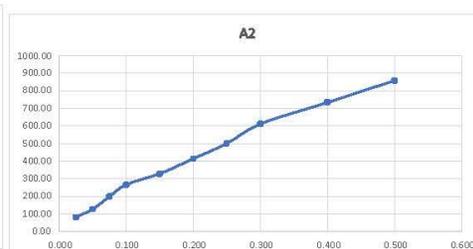
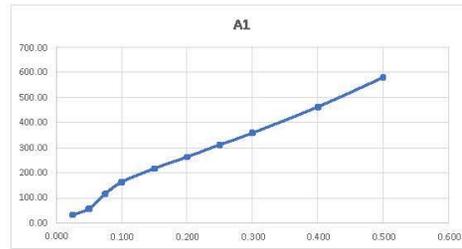
Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	96	32.00	
0.050	169	56.33	
0.075	346	115.33	
0.100	488	162.67	1000
0.150	651	217.00	
0.200	788	262.67	1500
0.250	933	311.00	
0.300	1074	358.00	1900
0.400	1386	462.00	2300
0.500	1738	579.33	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	241	80.33	
0.050	380	126.67	
0.075	594	198.00	
0.100	796	265.33	1000
0.150	985	328.33	
0.200	1240	413.33	1500
0.250	1501	500.33	
0.300	1834	611.33	1900
0.400	2201	733.67	2300
0.500	2574	858.00	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	483	161.00	
0.050	865	288.33	
0.075	1248	416.00	
0.100	1746	582.00	1000
0.150	2300	766.67	
0.200	3100	1033.33	1500
0.250	3250	1083.33	
0.300	3405	1135.00	1900
0.400	3593	1197.67	2300
0.500	3795	1265.00	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	1	Molde lbs/in	2	Molde lbs/in	3
0.1	1000	162.67	16.27	265.33	26.53	582.00	58.20
0.2	1500	262.67	17.51	413.33	27.56	1033.33	68.89
PROMEDIO			16.89		27.04		63.54

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

7.5 ENSAYOS CBR SUELO - ARENA NEGRA

ADICIÓN DE ASFALTO RECICLADO 8% – 12% – 16% – 20%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERIA		ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala				Elaborado por: Carlos Julio Parra	
Ensayos: CBR				Revisado por: Ing. Carlos Saldaña	
Normas: ASTM D-1883				Ubicación: Riobamba - Ecuador	

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	13
Diámetro del molde (n)	6.3
Altura del molde (n)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.693 g/cm ³
Humedad Optima (%)	17.98%
Asfalto (%)	8.00%
Peso de la muestra tot (kg)	14.04

#GOLPES/ CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+Sh	Peso T+Ss	Peso Sh (Ww) [g]	Peso Ss [Wd] [g]	HUMEDAD [w] [%]	
12	32	6.82	73.9	54.9	67.08	48.08	40%	42%
	38	6.73	73.1	52.8	66.37	46.07	44%	
25	A15	7.55	62.47	46.89	54.92	39.34	40%	41%
	A18	7.49	63.44	46.99	55.95	39.5	42%	
56	5	6.76	34.8	27.52	28.04	20.76	35%	39%
	1	6.84	39.5	29.68	32.66	22.84	43%	

DENSIDAD SECA			
Molde	11B	06	02
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	7.55	7.55	6.05
Peso suelo sat + molde (kg)	11	11.2	10
Peso del suelo saturado (kg)	3.45	3.65	3.95
Densidad Humeda (kg/m ³)	1430.886	1513.836	1638.261
Porcentaje de humedad (%)	42%	41%	39%
Densidad Seca (kg/m ³)	1009.155	1076.509	1178.341
Densidad Seca (g/cm ³)	1.009	1.077	1.178
%CBR	1.87	4.75	11.30

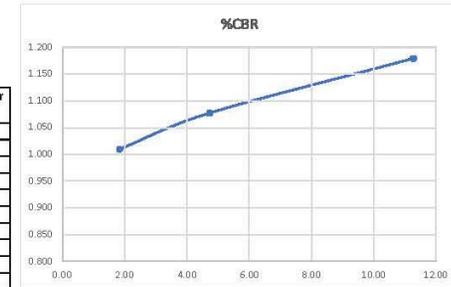
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	28/10/2023	
11B	0.012	0.047	0.047	0.069	0.06
06	0.01	0.054	0.054	0.077	0.06
02	0.03	0.067	0.067	0.1	0.08

CBR al 100% de compactación 40.12
CBR al 95% de compactación 35.34

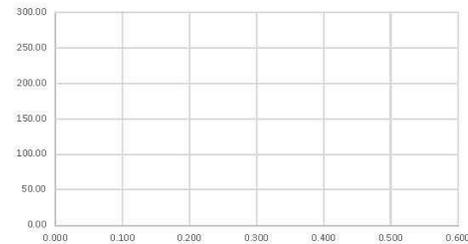
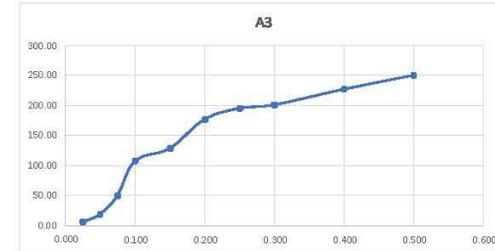
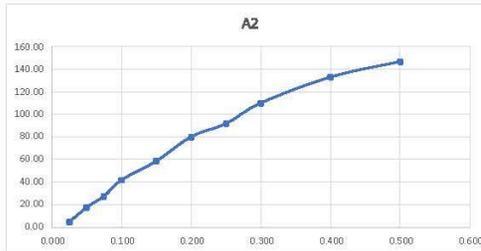
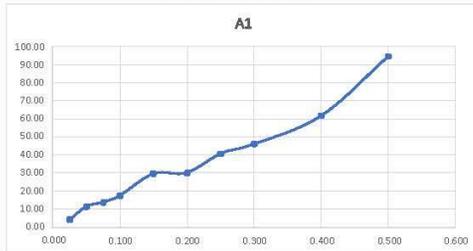
Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	12	4.00	
0.050	34	11.33	
0.075	41	13.67	
0.100	52	17.33	1000
0.150	89	29.67	
0.200	90	30.00	1500
0.250	122	40.67	
0.300	138	46.00	1900
0.400	185	61.67	2300
0.500	284	94.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	13	4.33	
0.050	52	17.33	
0.075	82	27.33	
0.100	125	41.67	1000
0.150	175	58.33	
0.200	240	80.00	1500
0.250	275	91.67	
0.300	330	110.00	1900
0.400	399	133.00	2300
0.500	440	146.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	18	6.00	
0.050	57	19.00	
0.075	150	50.00	
0.100	324	108.00	1000
0.150	384	128.00	
0.200	531	177.00	1500
0.250	585	195.00	
0.300	602	200.67	1900
0.400	680	226.67	2300
0.500	750	250.00	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración	Carga	Molde	1	Molde	2	Molde	3
in	Estándar	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in	%
0.1	1000	17.33	1.73	41.67	4.17	108.00	10.80
0.2	1500	30.00	2.00	80.00	5.33	177.00	11.80
PROMEDIO			1.87		4.75		11.30

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	10
Diámetro del molde (m)	6.3
Altura del molde (m)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.693 g/cm ³
Humedad Optima (%)	17.98%
Asfalto (%)	12.00%
Peso de la muestra tot (kg)	11.2

#GOLPES/ CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+S	Peso T+Ss	Peso S _h (W _w) [g]	Peso S _s (W _d) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	31	6.79	44.5	32.38	37.71	25.59	47%	41%
	30	6.66	86.12	65.45	79.46	58.79	35%	
25	2	6.81	53.9	41.01	47.09	34.2	38%	40%
	8	6.55	87.4	63.13	80.75	56.48	43%	
56	7	6.85	48.8	35.35	41.95	28.5	47%	39%
	5	6.76	95.14	73.9	88.38	67.14	32%	

DENSIDAD SECA			
Molde	1	01	13
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	8	6	7.5
Peso suelo sat + molde (kg)	11.2	9.35	10.85
Peso del suelo saturado (kg)	3.2	3.35	3.35
Densidad Humeda (kg/m ³)	1327.198	1389.411	1389.411
Porcentaje de humedad (%)	41%	40%	39%
Densidad Seca (kg/m ³)	939.539	990.099	996.606
Densidad Seca (g/cm ³)	0.940	0.990	0.997
%CBR	2.37	4.47	6.77

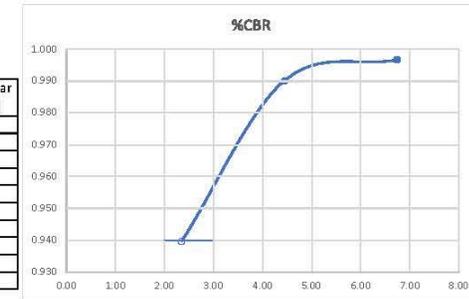
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	01/11/2023	02/11/2023	03/11/2023	04/11/2023	
1	0.034	0.034	0.034	0.034	0.03
01	0.032	0.032	0.032	0.032	0.03
13	0.034	0.034	0.034	0.034	0.03

CBR al 100% de compactación 50.16
 CBR al 95% de compactación 44.78

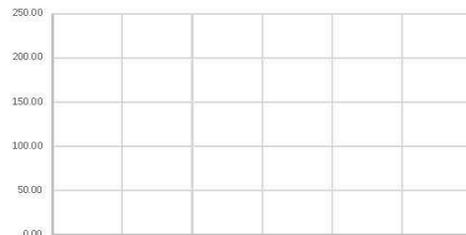
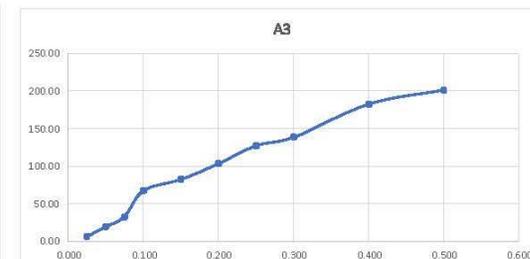
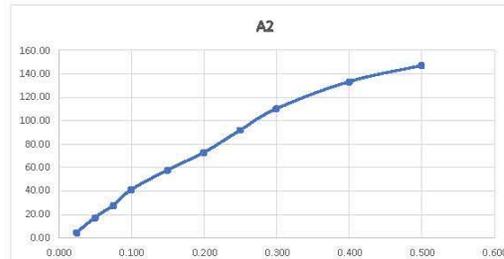
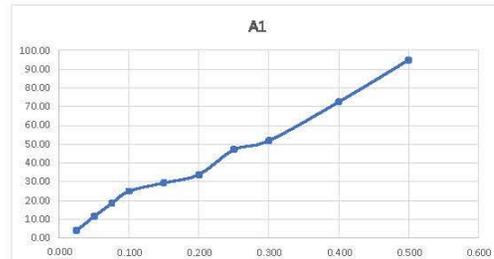
Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	12	4.00	
0.050	34	11.33	
0.075	55	18.33	
0.100	75	25.00	1000
0.150	88	29.33	
0.200	101	33.67	1500
0.250	141	47.00	
0.300	155	51.67	1900
0.400	217	72.33	2300
0.500	284	94.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	13	4.33	
0.050	52	17.33	
0.075	82	27.33	
0.100	123	41.00	1000
0.150	173	57.67	
0.200	218	72.67	1500
0.250	275	91.67	
0.300	330	110.00	1900
0.400	399	135.00	2300
0.500	440	146.67	2600

Penetración [plg]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	18	6.00	
0.050	57	19.00	
0.075	95	31.67	
0.100	201	67.00	1000
0.150	245	81.67	
0.200	308	102.67	1500
0.250	380	126.67	
0.300	413	137.67	1900
0.400	545	181.67	2300
0.500	601	200.33	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	1 %	Molde 2 lbs/in	2 %	Molde 3 lbs/in	3 %
0.1	1000	25.00	2.50	41.00	4.10	67.00	6.70
0.2	1500	33.67	2.24	72.67	4.84	102.67	6.84
PROMEDIO			2.37		4.47		6.77

0.000 0.100 0.200 0.300 0.400 0.500 0.600

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	10
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.893 g/cm ³
Humedad Óptima (%)	17.98%
Asfalto (%)	16.00%
Peso de la muestra tot (kg)	11.6

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+S _h	Peso T+S _s	Peso S _h (W _w) [g]	Peso S _s (W _d) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	6	6.85	80	60	73.15	53.15	38%	35%
	31	6.79	80.51	62.1	73.72	55.31	33%	
25	35	6.82	62.47	47.49	55.65	40.67	37%	33%
	30	6.66	75	58.28	66.34	51.62	29%	
56	37	6.83	88.24	71.35	81.41	64.52	26%	33%
	1	6.84	66.5	49.39	59.66	42.55	40%	

DENSIDAD SECA			
Molde	1	01	13
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	12	25	56
Peso del molde (kg)	8	6	7.5
Peso suelo sat + molde (kg)	12.35	10.5	12.2
Peso del suelo saturado (kg)	4.35	4.5	4.7
Densidad Humeda (kg/m ³)	1804.180	1866.373	1949.323
Porcentaje de humedad (%)	35%	33%	33%
Densidad Seca (kg/m ³)	1331.904	1406.730	1463.513
Densidad Seca (g/cm ³)	1.332	1.407	1.464
%CBR	3.10	11.11	27.67

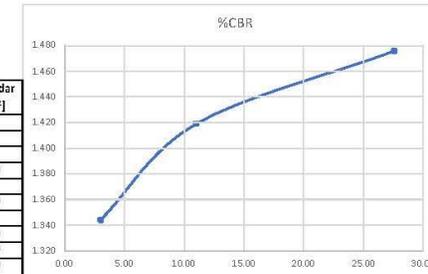
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	01/11/2023	02/11/2023	03/11/2023	04/11/2023	
1	0.053	0.053	0.053	0.053	0.04
01	0.045	0.045	0.045	0.045	0.04
13	0.049	0.049	0.049	0.049	0.04

CBR al 100% de compactación 67.32
 CBR al 95% de compactación 51.86

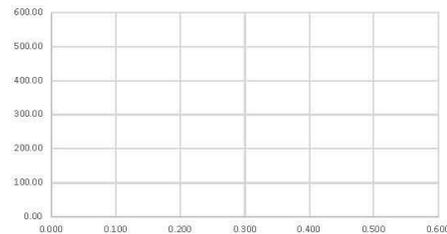
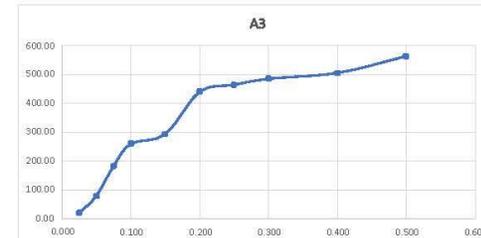
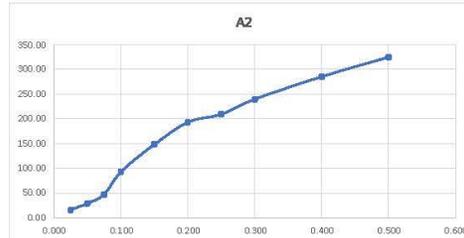
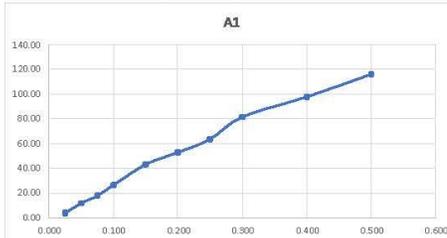
Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	12	4.00	
0.050	36	12.00	
0.075	54	18.00	
0.100	80	26.67	1000
0.150	130	43.33	
0.200	159	53.00	1500
0.250	191	63.67	
0.300	245	81.67	1900
0.400	294	98.00	2300
0.500	348	116.00	2600

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	49	16.33	
0.050	89	29.67	
0.075	142	47.33	
0.100	280	93.33	1000
0.150	445	148.33	
0.200	580	193.33	1500
0.250	628	209.33	
0.300	719	239.67	1900
0.400	856	285.33	2300
0.500	974	324.67	2600

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estándar [lb/in ²]
0.025	62	20.67	
0.050	240	80.00	
0.075	547	182.33	
0.100	780	260.00	1000
0.150	880	293.33	
0.200	1320	440.00	1500
0.250	1394	464.67	
0.300	1456	485.33	1900
0.400	1516	505.33	2300
0.500	1689	563.00	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	Molde 1 %	Molde 2 lbs/in	Molde 3 %	Molde lbs/in	%
0.1	1000	26.67	2.67	93.33	9.33	260.00	26.00
0.2	1500	53.00	3.53	193.33	12.89	440.00	29.33
PROMEDIO			3.10		11.11		27.67

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
Nombre del proyecto: Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao-Pungala		Elaborado por: Carlos Julio Parra	
Ensayos: CBR		Revisado por: Ing. Carlos Saldaña	
Normas: ASTM D-1883		Ubicación: Riobamba - Ecuador	

DATOS INICIALES	
Peso de la muestra (kg)	10
Diámetro del molde (in)	6.3
Altura del molde (in)	4.72
Volumen del molde (m ³)	0.00241
Densidad seca máxima	1.693 g/cm ³
Humedad Optima (%)	17.98%
Asfalto (%)	20.00%
Peso de la muestra tot.(kg)	12

#GOLPES/CAPA	Tara	Peso Tara	Peso T+Sh	Peso T+Ss	Peso Sh (Ww) [g]	Peso Ss (Wd) [g]	HUMEDAD (w) [%]	
12	36	6.69	71.08	55.6	64.39	48.91	32%	38%
	A17	7.41	36.57	27.5	29.16	20.09	45%	
25	31	6.79	70.36	52.5	63.57	45.71	39%	36%
	38	6.73	74.67	57.8	67.94	51.07	33%	
56	A18	7.49	35.26	26.9	27.77	19.41	43%	35%
	A15	7.55	53.98	44	46.43	36.45	27%	

DENSIDAD SECA			
Molde	03	15	06
# de capas	5	5	5
# golpes por capa	32	25	56
Peso del molde (kg)	6.5	6.5	7.55
Peso suelo sat + molde (kg)	10.6	10.7	11.95
Peso del suelo saturado (kg)	4.1	4.2	4.4
Densidad Humeda (kg/m ³)	1700.473	1741.948	1824.898
Porcentaje de humedad (%)	38%	36%	35%
Densidad Seca (kg/m ³)	1278.680	1280.347	1349.524
Densidad Seca (g/cm ³)	1.279	1.280	1.350
%CBR	6.25	13.03	30.26

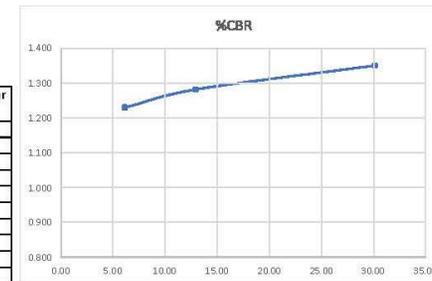
HINCHAMIENTO					
MOLDE	Fecha				%HINCHAMIENTO
	16/11/2023	17/11/2023	18/11/2023	19/11/2023	
3	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
15	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

CBR al 100% de compactación 98.47
 CBR al 95% de compactación 81.42

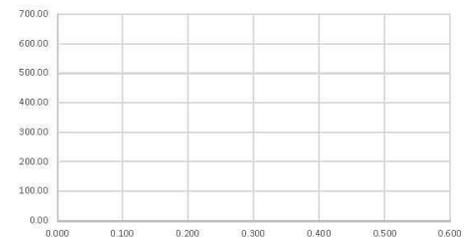
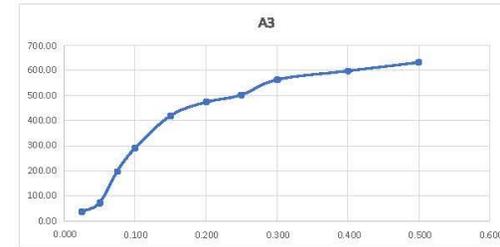
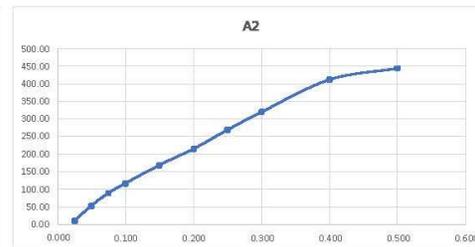
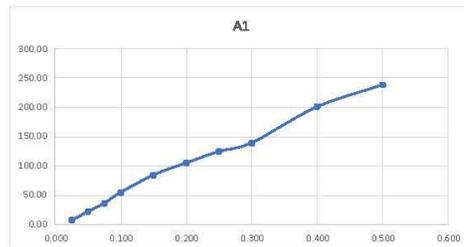
Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	22	7.33	
0.050	66	22.00	
0.075	110	36.67	
0.100	165	55.00	1000
0.150	253	84.33	
0.200	315	105.00	1500
0.250	374	124.67	
0.300	418	139.33	1900
0.400	603	201.00	2300
0.500	715	238.33	2600

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	33	11.00	
0.050	161	53.67	
0.075	269	89.67	
0.100	352	117.33	1000
0.150	506	168.67	
0.200	645	215.00	1500
0.250	807	269.00	
0.300	960	320.00	1900
0.400	1236	412.00	2300
0.500	1333	444.33	2600

Penetración [p/g]	Carga [lbs]	[lb/in ²]	C. Estandar [lb/in ²]
0.025	111	37.00	
0.050	216	72.00	
0.075	593	197.67	
0.100	869	289.67	1000
0.150	1259	419.67	
0.200	1420	473.33	1500
0.250	1505	501.67	
0.300	1689	563.00	1900
0.400	1793	597.67	2300
0.500	1895	631.67	2600



ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



CBR CORREGIDO							
Penetración in	Carga Estándar	Molde lbs/in	1 %	Molde lbs/in	2 %	Molde lbs/in	3 %
0.1	1000	55.00	117.33	11.73	289.67	28.97	
0.2	1500	105.00	7.00	215.00	14.33	473.33	31.56
PROMEDIO			6.25		13.03		30.26

ING. FERNANDA LEMA

ING. CARLOS SALDAÑA

CARLOS PARRA

7.6 ANALISIS PRECIOS UNITARIOS KM DE VIA ESTABILIZADA CON ASFALTO RECICLADO

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 1 DE 5

RUBRO : 01

UNIDAD: M3-KM

DETALLE : TRANSPORTE DE ASFALTO FRESADO

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.00
VOLQUETA 8M3	1.00	30.00	30.00	0.007	0.21
SUBTOTAL M					0.21
<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA E EO C1	1.00	6.08	6.08	0.007	0.04
SUBTOTAL N					0.04
<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL O					0.00
<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL P					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.25
INDIRECTOS (%)	0.00%
UTILIDAD (%)	0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.25
VALOR UNITARIO	0.25

SON: VEINTE Y CINCO CENTAVOS DE DÓLAR

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 2 DE 5

RUBRO : 02

UNIDAD: M2

DETALLE : ESCARIFICADO CON MOTONIVELADORA

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00
MOTONIVELADORA	1.00	30.00	30.00	0.004	0.12
SUBTOTAL M					0.12

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EO E2	3.00	4.14	12.42	0.004	0.05
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA E EO C1	1.00	6.08	6.08	0.004	0.02
MAESTRO MAYOR EO C2	1.00	4.65	4.65	0.004	0.02
SUBTOTAL N					0.09

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL O				0.00

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.21
INDIRECTOS (%)	0.00%
UTILIDAD (%)	0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.21
VALOR UNITARIO	0.21

SON: VEINTIÚN CENTAVOS DE DÓLAR

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 3 DE 5

RUBRO : 03

UNIDAD: M2

DETALLE : MESCLADO Y TENDIDO DEL MATERIAL CON MOTONIVELADORA

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00
MOTONIVELADORA	1.00	30.00	30.00	0.015	0.45
SUBTOTAL M					0.45

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EO E2	4.00	4.14	16.56	0.015	0.25
MAESTRO MAYOR EO C2	1.00	4.65	4.65	0.015	0.07
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA E EO C1	1.00	6.08	6.08	0.015	0.09
SUBTOTAL N					0.41

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL O				0.00

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.86
INDIRECTOS (%)	0.00%
UTILIDAD (%)	0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.86
VALOR UNITARIO	0.86

SON: OCHENTA Y SEIS CENTAVOS DE DÓLAR

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 4 DE 5

RUBRO : 04
 DETALLE : SUMINISTRO DE AGUA

UNIDAD: M3

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00
TANQUERO	1.00	20.00	20.00	0.079	1.58
SUBTOTAL M					1.58
<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EO E2	2.00	4.14	8.28	0.080	0.66
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA E EO C1	1.00	6.08	6.08	0.080	0.49
MAESTRO MAYOR EO C2	1.00	4.65	4.65	0.080	0.37
SUBTOTAL N					1.52
<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL O				0.00	
<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>	
SUBTOTAL P				0.00	

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	3.10
INDIRECTOS (%)	0.00%
UTILIDAD (%)	0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	3.10
VALOR UNITARIO	3.10

SON: TRES DÓLARES CON DIEZ CENTAVOS
 ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 5 DE 5

RUBRO : 05

UNIDAD: M2

DETALLE : ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO FRESADO (INCLUYE CONFORMADO Y COMPACTADO)

<i>EQUIPO DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 0% de M.O.					0.00
MOTONIVELADORA	1.00	30.00	30.00	0.001	0.03
TANQUERO	1.00	20.00	20.00	0.001	0.02
RODILLO COMPACTADOR	1.00	30.00	30.00	0.001	0.03
SUBTOTAL M					0.08

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCION</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEON EO E2	2.00	4.14	8.28	0.001	0.01
CHOFER PROFESIONAL LICENCIA E EO C1	1.00	6.08	6.08	0.001	0.01
OPERADOR DE EQUIPO PESADO EO C1	1.00	6.08	6.08	0.001	0.01
SUBTOTAL N					0.03

<i>MATERIALES DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
AGUA	M3	1.000	0.30	0.30
FRESADO	M3	1.000	0.10	0.10
SUBTOTAL O				0.40

<i>TRANSPORTE DESCRIPCION</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	0.51
INDIRECTOS (%)	0.00%
UTILIDAD (%)	0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	0.51
VALOR UNITARIO	0.51

SON: CINCUENTA Y UN CENTAVOS DE DÓLAR
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA