



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**EVALUACIÓN DE UN QUÍMICO EN SUB-BASE EN VÍAS
SECUNDARIAS CON LOS MATERIALES TRADICIONALES.**

TUTOR:

MGTR. BORBOR BAJAÑA MARIA ALEJANDRA

AUTORES:

ALCOSER SERRANO DIEGO FERNANDO

MINAYA OCAÑA DENNISSE BELÉN

GUAYAQUIL

2024



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Evaluación de un químico en subbase en vías secundarias con los materiales tradicionales.

AUTOR/ES:

Alcoser Serrano Diego Fernando
Minaya Ocaña Dennisse Belén

TUTOR:

Mgtr. Borbor Bajaña Maria Alejandra

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil.

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería, Industria y
Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2024

N. DE PÁGS:

142

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Material innovador, transporte por carretera, fibra, ingeniería vial.

RESUMEN:

En la ingeniería de carreteras, es crucial mejorar la resistencia y durabilidad de las estructuras pavimentadas, especialmente en vías secundarias que soportan cargas significativas y condiciones ambientales variadas. Este estudio propone la aplicación del químico Shussler Novachem para optimizar las subbases de pavimentos, ofreciendo mejoras sustanciales en términos de resistencia y estabilidad.

Shussler Novachem es un aditivo compuesto por elementos alcalinos y alcalinotérreos, conocido por su capacidad para inmovilizar contaminantes como metales pesados y compuestos orgánicos. Además de promover la sostenibilidad ambiental al reducir la contaminación del suelo, este químico mejora las propiedades mecánicas de los suelos tratados, permitiendo cumplir con las exigentes especificaciones del MTOP.

El estudio se enfoca en evaluar cómo Shussler Novachem puede mejorar la resistencia a la deformación y la capacidad de carga de suelos expansivos y arcillosos, mediante la estabilización química que reduce la plasticidad y aumenta la densidad efectiva. Esto se logra mediante la determinación precisa de dosificaciones adecuadas que aseguren una compactación óptima y una resistencia a la erosión mejorada.

La implementación de este enfoque innovador no solo promete beneficios técnicos significativos, sino también económicos al prolongar la vida útil de las vías secundarias con una menor necesidad de mantenimiento. Este estudio representa un paso hacia adelante en la mejora de infraestructuras viales mediante el uso eficiente de materiales avanzados y técnicas de estabilización química.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<p>CONTACTO CON AUTOR/ES:</p> <p>Alcoser Serrano Diego Fernando</p> <p>Minaya Ocaña Dennisse Belén</p>	<p>Teléfono:</p> <p>0982863648</p> <p>0968516268</p>	<p>E-mail:</p> <p>dalcosers@ulvr.edu.ec</p> <p>dminayao@ulvr.edu.ec</p>
<p>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</p>	<p>Ph.D Marcial Calero Amores. Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción.</p> <p>Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec</p> <p>Mgtr. Jorge Torres Rodriguez Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242 E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec</p>	

Certificado de similitud



PLAGIO_MINAYA_ALCOSER.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	7%	1%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ulvr.edu.ec	7%
	Fuente de Internet	

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos Patrimoniales

Los estudiantes egresados **DIEGO FERNANDO ALCOSER SERRANO Y DENNISSE BELEN MINAYA OCAÑA**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **EVALUACIÓN DE UN QUÍMICO EN SUB BASE EN VÍAS SECUNDARIAS CON LOS MATERIALES TRADICIONALES**, corresponde totalmente los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores:

Firma:



DIEGO FERNANDO ALCOSER SERRANO

C.I. 0925028342

Firma:



DENNISSE BELEN MINAYA OCAÑA

C.I. 0943868067

Certificación de aceptación del docente tutor

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **EVALUACIÓN DE UN QUÍMICO EN SUBBASE EN VÍAS SECUNDARIAS CON LOS MATERIALES TRADICIONALES**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERIA CIVIL, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **EVALUACIÓN DE UN QUÍMICO EN SUBBASE EN VÍAS SECUNDARIAS CON LOS MATERIALES TRADICIONALES** presentado por los estudiantes **DIEGO FERNANDO ALCOSER SERRANO Y DENNISSE BELEN MINAYA OCAÑA** como requisito previo, para optar al Título de (**INGENIERO CIVIL**), encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

MGTR. MARÍA ALEJANDRA BORBOR BAJAÑA

C.C.

Agradecimiento

Yo, Belén Minaya Ocaña quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis. En primer lugar, a mi directora de tesis, por su guía, paciencia y valiosos aportes que han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. A mi familia, pero sobre todo a mi mami que siempre estuvo ahí constantemente por terminar mis estudios y apoyándome a seguir con mis metas, por su amor incondicional y por ser mi mayor fuente de motivación. Gracias por creer en mí, por su comprensión en los momentos difíciles y por estar siempre a mi lado, impulsándome a seguir adelante.

Finalmente, a mis amigos y pareja sentimental quienes me han acompañado en este viaje, compartiendo alegrías y preocupaciones. Han sido un pilar fundamental durante esta etapa.

Yo, Diego Alcoser quiero agradecerles a mis padres de corazón por todo lo que han hecho por mí. Su amor, apoyo y enseñanzas han sido la base de mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado, en los buenos y malos momentos, guiándome con sabiduría y cariño. Y no menos importante a mi hijo Dieguito cada día contigo me llena de un amor inmenso. Eres mi mayor orgullo y alegría, y verte crecer me da fuerza y esperanza. Gracias por ser la luz de mis días y recordarme lo que realmente importa en la vida.

A todos ustedes, gracias de todo corazón.

Dedicatoria

Por Belén Minaya Ocaña.

A la memoria de mi abuelita que siempre creyó en mí y me inspiró a seguir adelante y mi papi que desearía profundamente que pudiera estar presente en este momento, para compartir los frutos de este esfuerzo conjunto. Aunque ya no estén físicamente conmigo, su amor, sabiduría y ejemplo siguen presentes en cada paso de mi vida. Este logro es un homenaje a sus legados y a todo lo que me enseñaron.

Siempre estarás en mi corazón.

Por Diego Alcoser Serrano.

A mi esposa agradezco tu amor y apoyo constante. Contigo a mi lado, encuentro la fuerza para avanzar, a mis padres que estoy profundamente agradecido por su amor y orientación. Todo lo que soy, se lo debo a ustedes gracias por ello, a mi hijo aprecio cómo llenan mi vida de felicidad. Eres mi mayor fuente de inspiración.

Resumen

En la ingeniería de carreteras, es crucial mejorar la resistencia y durabilidad de las estructuras pavimentadas, especialmente en vías secundarias que soportan cargas significativas y condiciones ambientales variadas. Este estudio propone la aplicación del químico Shussler Novachem para optimizar las subbases de pavimentos, ofreciendo mejoras sustanciales en términos de resistencia y estabilidad.

Shussler Novachem es un aditivo compuesto por elementos alcalinos y alcalinotérreos, conocido por su capacidad para inmovilizar contaminantes como metales pesados y compuestos orgánicos. Además de promover la sostenibilidad ambiental al reducir la contaminación del suelo, este químico mejora las propiedades mecánicas de los suelos tratados, permitiendo cumplir con las exigentes especificaciones del MTOP.

El estudio se enfoca en evaluar cómo Shussler Novachem puede mejorar la resistencia a la deformación y la capacidad de carga de suelos expansivos y arcillosos, mediante la estabilización química que reduce la plasticidad y aumenta la densidad efectiva. Esto se logra mediante la determinación precisa de dosificaciones adecuadas que aseguren una compactación óptima y una resistencia a la erosión mejorada.

La implementación de este enfoque innovador no solo promete beneficios técnicos significativos, sino también económicos al prolongar la vida útil de las vías secundarias con una menor necesidad de mantenimiento. Este estudio representa un paso hacia adelante en la mejora de infraestructuras viales mediante el uso eficiente de materiales avanzados y técnicas de estabilización química.

Palabras clave: Material innovador, Transporte por carretera, Fibra, Ingeniería vial.

Abstract

In road engineering, it is crucial to enhance the strength and durability of paved structures, especially in secondary roads subjected to significant loads and varying environmental conditions. This study proposes the application of Shussler Novachem to optimize pavement sub-bases, offering substantial improvements in terms of strength and stability.

Shussler Novachem is an additive composed of alkali and alkaline earth elements, known for its ability to immobilize contaminants such as heavy metals and organic compounds. In addition to promoting environmental sustainability by reducing soil pollution, this chemical enhances the mechanical properties of treated soils, enabling compliance with stringent MTOP specifications.

The study focuses on assessing how Shussler Novachem can improve deformation resistance and load-bearing capacity of expansive and clayey soils through chemical stabilization that reduces plasticity and increases effective density. This is achieved by accurately determining suitable dosages to ensure optimal compaction and improved erosion resistance.

Implementation of this innovative approach not only promises significant technical benefits but also economic advantages by extending the lifespan of secondary roads with reduced maintenance needs. This study represents a step forward in improving road infrastructure through efficient use of advanced materials and chemical stabilization techniques.

Keywords: Innovative material, Road Transport, Fiber, Road Engineering.

Índice General

Certificado de similitud	v
Declaración de Autoría y Cesión de Derechos Patrimoniales	vi
Certificación de aceptación del docente tutor	vii
Agradecimiento	viii
Dedicatoria	ix
Resumen	x
Abstract	xi
Índice General	xii
Índice de Tablas	xvii
Índice de Figuras	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	2
1.1. Tema	2
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Idea a defender/Hipótesis	5
1.6. Línea de investigación Institucional/Facultad	5
CAPÍTULO II	6
MARCO REFERENCIAL	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Antecedentes nacionales	6
2.1.2. Antecedentes internacionales	9
2.2. Marco Teórico	11
2.2.1. Necesidad de Mejoramiento de Vías Asfálticas	11
2.2.1.1. Estado actual de las vías	11
2.2.1.2. Impacto socioeconómico y comunitario	12
2.2.1.3. Normativas y estándares actuales.	12
	xii

2.2.2. Vías secundarias	13
2.2.2.1.1. Vías rápidas	13
2.2.2.1.2. Vía preferencial	14
2.2.3. Tecnologías de Mejoramiento de Sub-Base	14
2.2.3.1. Sub-base.	16
2.2.3.1.1. Sub-base Clase 1	16
2.2.3.1.2. Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas	
MTOP	17
2.2.4. Suelo	18
2.2.4.1. Clasificación de suelos.	19
2.2.4.1.1. Suelo arcilloso.	19
2.2.4.1.2. Arcillas expansivas	20
2.2.4.2. Estabilizadores comerciales	21
2.2.4.3. Pavimentos flexibles	21
2.2.4.1. Métodos de extracción de muestras	22
2.2.4.1.1. Granulometría	22
2.2.4.1.2. CBR	24
2.2.4.1.3. Límites de Atterberg	25
2.2.4.1.4. Prensa de hormigón	27
2.2.4.2. Químico Schussler Novachem	29
2.2.4.2.1. Propiedades del aditivo NovoCrete	30
2.2.4.2.2. Especificaciones técnicas	30
2.2.4.2.3. Proceso de estabilización con NovoCrete	30
2.2.4.2.4. Nuevo método de estabilización	31
2.2.4.2.5. Ventajas del sistema NovoCrete	31
2.2.4.2.6. Aplicaciones típicas del sistema NovoCrete	31
2.2.4.2.7. Control de calidad	32
2.2.4.2.8. Ahorro de CO2	32
2.2.4.2.9. Inmovilización	33
2.2.4.2.10. Sostenibilidad	33
2.2.4.2.11. Amigable con el medio ambiente	34
2.2.4.2.12. Ahorro de material	34
2.2.4.3. Cantera Odcon	37
	xiii

2.3. Marco Legal	38
2.3.1. Normativa Nacional	38
2.3.1.1. Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Superior (Decreto Ejecutivo 742, 2019)	38
2.3.1.2. Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Superior	38
2.3.1.3. Constitución de la República del Ecuador (2008)	39
2.3.1.4. Reglamento de Titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	40
2.3.1.5. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida	41
2.3.2. Normas de los Ensayos a Estudiar	42
2.3.3. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial	42
2.3.4. Normativa Técnica de Diseño Vial	42
2.3.4.1. Alcance y Objetivos de la NEVI-12	43
2.3.4.2. Componentes de la NEVI-12	43
2.3.4.3. Importancia de la NEVI-12 en el Contexto Actual	44
2.3.5. Normas Ambientales	45
2.3.5.1. Ley de Gestión Ambiental (Ley No. 37)	45
2.3.5.2. Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental	45
2.3.5.3. Norma de Calidad del Aire (Norma INEN 2204)	46
2.3.5.4. Normas de Gestión de Residuos (Código Orgánico del Ambiente)	46
2.3.5.5. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Sustancias Peligrosas	46
CAPÍTULO III	47
METODOLOGÍA	47
3.1. Enfoque de la investigación	47
3.2. Alcance de la investigación	47
3.3. Técnica e instrumentos para obtener datos	48
3.4. Población y Muestra	49
3.4.1. Población	49
3.4.2. Muestra	50
3.4.3. Encuesta	51
CAPÍTULO IV	54
PROPUESTA O INFORME	54
	xiv

4.1. Análisis de las encuestas	54
4.1.1. Análisis de pregunta 1	54
4.1.2. Análisis de pregunta 2	55
4.1.3. Análisis de pregunta 3	56
4.1.4. Análisis de pregunta 4	57
4.1.5. Análisis de pregunta 5	58
4.1.6. Análisis de pregunta 6	59
4.1.7. Análisis de pregunta 7	60
4.1.8. Análisis de pregunta 8	61
4.2. Análisis de los ensayos de laboratorio	62
4.2.1. Toma de muestras	62
4.2.2. Materiales utilizados	62
4.2.3. Ensayos de laboratorio	64
4.2.3.1. Ensayo de Granulometría	64
4.2.3.2. Ensayo de Proctor modificado	65
4.2.3.3. Ensayo Relación Soporte de California (CBR)	66
4.2.4. Ensayo de muestras	68
4.2.4.1 Prueba sin químico: muestra 1.	70
4.2.4.2. Prueba con químico: Muestra 1	71
4.2.4.3. Prueba con químico: muestra 2	73
4.2.4.4 Prueba con químico: muestra 3	75
4.2.4.5. Comparación de diferentes porcentajes del NovoCrete	77
4.2.4.6 Prueba sin químico: muestra 1 (7 días).	77
4.2.4.7. Prueba con químico: muestra 1, 6% NovoCrete (7 días)	78
4.2.4.8. Prueba con químico: muestra 1, 1% NovoCrete (7 días)	79
4.2.4.9. Prueba con químico: muestra 1, 3% NovoCrete (7 días)	80
4.2.4.10. Prueba sin químico: muestra 2 (14 días)	81
4.2.4.11. Prueba con químico: muestra 2, 6% NovoCrete (14 días).	83
4.2.4.12. Prueba con químico: muestra 2, 1% NovoCrete (14 días).	84
4.2.4.13 Prueba con químico: muestra 2, 3% NovoCrete (14 días).	84
4.2.4.14 Prueba sin químico: muestra 3, (28 días).	85
4.2.4.15. Prueba con químico: muestra 3, 6% NovoCrete (28 días).	85
4.2.4.16. Prueba con químico: muestra 3, 1% NovoCrete (28 días).	86

4.2.4.17. Prueba con químico: muestra 3, 3% NovoCrete (28 días).	87
4.2.4.18. Análisis de comparación de diferentes porcentajes del NovoCrete.	87
4.3. Informe de Ensayos de Compresión UCS	89
4.3.1. Pruebas UCS sin químico	89
4.3.2. Pruebas UCS con 1% NovoCrete (7,14, y 28 días).	91
4.3.3. Pruebas UCS con 3% NovoCrete (7,14, y 28 días).	93
4.3.4. Pruebas UCS con 6% NovoCrete (7,14, y 28 días).	95
4.4. Presupuesto	97
4.4.1. Análisis de Precios Unitarios subbase clase 1 sin aditivo NovoCrete	98
4.4.2. Análisis de Precio Unitario subbase clase 1 Mantenimiento con aditivo NovoCrete	101
4.4.3. Análisis de Precio Unitario subbase clase 1 con aditivo NovoCrete	103
4.3.4. Conclusión de Análisis de Precio Unitarios	105
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS	112
ANEXOS	115

Índice de Tablas

Tabla 1. Línea de investigación Institucional/Facultad	5
Tabla 2. Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	17
Tabla 3. Resistencia del Hormigón de Cemento Portland en Días de Curado	68
Tabla 4. Análisis de comparación de diferentes porcentajes de NovoCrete	88

Índice de Figuras

Figura 1. Ejemplo de vía rápida	14
Figura 2. Capaz de un pavimento	15
Figura 3. Estructura típica de un pavimento flexible	22
Figura 4. Representación gráfica de resultado de una muestra de suelo para CBR	24
Figura 5. Aumento del porcentaje de agua	26
Figura 6. Requisitos de Agente de Ligación y Capacidad de Carga para Diferentes Tipos de Suelo	34
Figura 7. Comparación de Distribución de Cargas entre Construcción Convencional y Construcción con NovoCrete.....	36
Figura 8. Ubicación de Cantera Odcon	37
Figura 9. Análisis de pregunta 1: ¿Cuántos años de experiencia tiene en ingeniería civil?	54
Figura 10. Análisis de pregunta 2: ¿Qué tan dispuesto está a probar nuevos productos químicos para la estabilización de suelos en proyectos de carreteras?	55
Figura 11. Análisis de pregunta 3: ¿Qué tipo de información considera más importante antes de decidir usar un nuevo químico en sus proyectos?	56
Figura 12. Análisis de pregunta 4: ¿Qué factores considera críticos para la implementación exitosa de un nuevo químico en la estabilización de suelos?	57
Figura 13. Análisis de pregunta 5: ¿Considera viable la implementación del químico Shussler Novachem para el mejoramiento y sub-base en vías secundarias?	58
Figura 14. Análisis de pregunta 6: ¿Qué ventajas esperaría obtener al utilizar un nuevo químico para la estabilización de suelos en comparación con métodos tradicionales?	59

Figura 15. Análisis de pregunta 7: ¿Cuáles son sus principales preocupaciones al considerar el uso de un nuevo químico en proyectos de carreteras?	60
Figura 16. Análisis de pregunta 8: ¿Estaría dispuesto a participar en un proyecto piloto para probar la eficacia del químico Schussler Novachem en vías secundarias?	61
Figura 17. Recolección de muestras.....	62
Figura 18. Ensayo de granulometría.....	64
Figura 19. Ensayo de Proctor modificado	65
Figura 20. Ensayo Relación Soporte de California (CBR).....	66
Figura 21. Gráfico de penetración de CBR	67
Figura 22. Preparación de muestras	69
Figura 23. Secado de Muestras para Separar Fracciones Finas de Gruesas.....	69
Figura 24. Preparación de prueba sin químico: muestra 1	70
Figura 25. Preparación de prueba sin químico: muestra 1	71
Figura 26. Mezcla de los materiales prueba con químico: muestra 1.	71
Figura 27. Mezclas completas.....	72
Figura 28. Extracción de la muestra.....	72
Figura 29. Muestra terminada.	73
Figura 30. Nuevos porcentajes prueba con químico: muestra 2	73
Figura 31. Mezcla de materiales	74
Figura 32. Extracción de la muestra.....	74
Figura 33. Muestra terminada.	75
Figura 34. Mezcla de los materiales prueba con químico: muestra 3	75
Figura 35. Mezcla.....	76
Figura 36. Extracción de la muestra.....	76
Figura 37. Briqueta natural y briqueta con químico.	77
Figura 38. Proceso de obtención de datos de muestra natural	78
Figura 39. Proceso de obtención de datos del 6% NovoCrete.....	79
Figura 40. Proceso de obtención de datos del 1% NovoCrete.....	80
Figura 41. Proceso de obtención de datos del 3%.....	81
Figura 42. Proceso de obtención de datos de muestra natural	82
Figura 43. Proceso de obtención de datos del 6 % de 14 días	83
Figura 44. Proceso de obtención de datos del 1% en 14 días.	84

Figura 45. Proceso de obtención de datos del 3% en 14 días.	84
Figura 46. Proceso de obtención de muestra natural en 28 días.	85
Figura 47. Proceso de obtención del 6% del químico en 28 días.....	85
Figura 48. Proceso de obtención del 1% del químico en 28 días.....	86
Figura 49. Proceso de obtención del 3% del químico en 28 días.....	87
Figura 50. Prueba de Densidad Máxima y Humedad Óptima sin químico (7,14 y 28 días).	89
Figura 51. Informe de ensayo de compresión UCS sin químico (7,14 y 28 días)....	90
Figura 52. Informe de ensayo de compresión UCS sin químico (7,14 y 28 días)....	91
Figura 53. Informe de ensayo de compresión UCS 7,14 y 28 días).....	92
Figura 54. Prueba de Densidad Máxima y Humedad Óptima con 3% NovoCrete (7,14,28 y 28 días).	93
Figura 55. Informe de ensayo de compresión UCS con 3% NovoCrete (7,14 y 28 días).	94
Figura 56. Prueba de Densidad Máxima y Humedad Óptima con 6% NovoCrete (7,14, y 28 días).	95
Figura 57. Informe de ensayo de compresión UCS con 6% NovoCrete (7,14 y 28 días).	96
Figura 58. Análisis de Precios Unitarios Tradicional subbase clase 1 sin aditivo NovoCrete	98
Figura 59. Presupuesto y Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios Tradicional subbase clase 1 sin aditivo NovoCrete	99
Figura 60. Análisis de Precio Unitario subbase clase 1 Mantenimiento con aditivo NovoCrete	101
Figura 61. Análisis de Precio Unitario subbase clase 1 con aditivo NovoCrete. ...	103
Figura 62. Presupuesto y Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios subbase clase 1 con aditivo NovoCrete	104

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Ensayo de granulometría.....	115
ANEXO 2. Ensayo de proctor modificado	116
ANEXO 3. Ensayo de relación soporte de california (CBR)	116
ANEXO 4. Gráfico de penetración en CBR	116
ANEXO 5. Ensayo de compresión con material natural	116
ANEXO 6. Ensayos de compresión con el 1% de Novocrete.....	116
ANEXO 7. Ensayos de compresión con el 3% de Novocrete.....	116
ANEXO 8. Ensayos de compresión con el 6% de Novocrete.....	116

INTRODUCCIÓN

El presente estudio experimental se centra en la evaluación del aditivo químico NovoCrete, desarrollado por Shussler Novachem, con el objetivo de mejorar la calidad de la subbase en vías secundarias. Este aditivo se distingue por su capacidad para acelerar el proceso de hidratación del cemento, lo que resulta en un aumento significativo de la resistencia a la compresión del pavimento, así como en los módulos elásticos estáticos y dinámicos. Adicionalmente, mejora la resistencia a la flexión, tracción y heladas, y facilita la estabilización de suelos con alto contenido de humus.

NovoCrete transforma la elasticidad de las capas del pavimento al modificar el proceso de hidratación del cemento. A diferencia de los cementos convencionales, que alcanzan su máxima resistencia a la compresión después de 28 días, NovoCrete favorece la creación de una estructura cristalina nueva que se desarrolla hasta 90 días. Este proceso cristalino avanzado no solo aumenta la resistencia y la capacidad de recuperación del pavimento, sino que también reduce las tensiones de tracción en el suelo.

El principal objetivo de este estudio es demostrar cómo NovoCrete y el cemento pueden sustituir las capas de soporte minerales en la construcción de vías multifuncionales, resultando en ahorros significativos de tiempo y dinero. Además, el estudio pretende mostrar que la combinación del crecimiento cristalino con otros minerales presentes en NovoCrete proporciona la elasticidad y resistencia necesarias para la capa base.

Este proyecto presenta una propuesta innovadora para mejorar la subbase de las capas asfálticas en vías secundarias, ofreciendo una solución económica y eficiente en comparación con los métodos de construcción tradicionales. La implementación de NovoCrete no solo optimiza el rendimiento del pavimento, sino que también contribuye a la sostenibilidad de las infraestructuras viales mediante la reducción de costos y tiempos de construcción.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1. Tema

Evaluación de un químico en subbase en vías secundarias con los materiales tradicionales.

1.2. Planteamiento del problema

El creciente proceso de urbanización y el constante tránsito de vehículos pesados para el transporte de víveres, materiales de construcción, mercancías, entre otros, han llevado a una gradual impermeabilización del suelo. Este fenómeno se debe a la proliferación de edificaciones, calles y rutas pavimentadas. El desarrollo urbano y la creciente demanda de vías rápidas y seguras han resultado en una ocupación considerable de la superficie en diversas regiones del país, donde el suelo natural con capacidad de infiltración de agua ha sido reemplazado por materiales menos permeables. Esta situación ha expuesto la necesidad de las prefecturas nacionales de abordar la falta de durabilidad en los pavimentos.

Esto ha llevado a la búsqueda de soluciones que puedan mejorar la resistencia y durabilidad de las vías, especialmente en áreas con alto tráfico de vehículos pesados. La infraestructura vial existente a menudo no soporta el desgaste continuo, lo que resulta en frecuentes reparaciones y mantenimientos costosos. Innovaciones en materiales de pavimentación, como el uso de aditivos y mezclas modificadas, son esenciales para abordar estos problemas y asegurar la longevidad de las carreteras. Un enfoque prometedor es el desarrollo de mezclas de asfalto mejoradas que puedan soportar las cargas y condiciones climáticas adversas sin deteriorarse rápidamente.

La estabilidad obtenida por una mezcla tradicional de 5500, con un recurso de 6.5% de asfalto y mezclas mixtas con valor nominal del 1% de PE cemento, es de 4,600, y con un contenido de 6.0% de brotes de bambú de asfalto de 6.0%, lo que representa la mejor opción negativa.

La mezcla óptima de asfalto incluye un polímero al 1% modificado probado, determinado con un espesor del 60%, 39% de rellenos precisos, 1% de polímero y 6.0% de asfalto (Aimacaña Iza, 2017, p. 95).

Las carreteras son vías de transporte de uso público que permiten la conexión de caminos vecinales con autopistas principales. Se clasifican según el número de carriles, la presencia de cruces al mismo nivel y el tipo de tránsito que soportan. Sin embargo, estas carreteras a menudo no cumplen su vida útil, deformándose prematuramente debido a factores climáticos, materiales inadecuados, controles de calidad deficientes y malos manejos en el proceso constructivo. Como resultado, muchas vías presentan deformaciones significativas.

La estructura del pavimento está conformada por materiales de mejoramiento, subbase, base y carpeta asfáltica, todas estas capas se asientan sobre el material existente (arcillas o limos, según su clasificación SUCS). Este material frecuentemente es muy plástico y expansivo, con un C.B.R. $\leq 6\%$, y los espesores de cada capa se determinan mediante el diseño de tráfico y el estudio del suelo.

Los suelos con mayor densidad son más sólidos y ofrecen mejor resistencia a la erosión. Los suelos arcillosos, al ser muy plásticos, tienen alta porosidad y humedad, y se vuelven muy maleables cuando se saturan. Este cambio puede hacer que el suelo pase de sólido a líquido, alterando las fuerzas de cohesión y aumentando la fluidez de sus partículas. Por lo tanto, es necesario implementar mejoras que eviten el deterioro prematuro de la capa de rodadura.

En diferentes sectores del país se ha identificado fisuras longitudinales y transversales, piel de cocodrilo, ondulaciones y escurrimientos en sus vías debido al incremento de vehículos pesados. Este aumento en el tráfico vehicular puede llevar a socavamientos, lo que a su vez provoca accidentes de tránsito.

El presente proyecto de titulación propone el uso del producto Shussler Novachem, desarrollado por NovoCrete, para mejorar la estructura sobre la cual se asienta la capa de rodadura. Este aditivo, de apariencia de polvo blanquecino y

compuesto por elementos alcalinos y alcalinotérreos, promueve la inmovilización de contaminantes, como metales pesados y parámetros orgánicos, que quedan incrustados en nuevas estructuras cristalinas del suelo. Shussler Novachem es de alta calidad, económico, y cumple con los estándares de calidad y efectividad actuales. Se propone como aditivo para el mejoramiento y subbase de vías asfálticas, ofreciendo una solución de bajo costo y mayor durabilidad, capaz de soportar el tránsito de vehículos pesados sin ser agresivo para el medio ambiente ni tóxico para el ser humano. Esto lo convierte en una alternativa viable para mejorar las carreteras en la provincia.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo puede la aplicación del químico Shussler Novachem contribuir de manera efectiva al mejoramiento y fortalecimiento de la subbase en vías secundarias, considerando los requisitos de resistencia, durabilidad y costos asociados, frente a los métodos convencionales disponibles?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la viabilidad de la aplicación del químico Schussler Novachem como material para la subbase en vías secundarias, evaluando su impacto en la reducción de costos y mejora de la durabilidad.

1.4.2. Objetivos específicos

- Aplicar el químico Schussler Novachem en muestras naturales, para someter a ensayos de mecánica de suelos.
- Evaluar el efecto del químico Schussler Novachem en la resistencia y durabilidad del material granular mediante ensayos de mecánica de suelos comparativos entre muestras tratadas y no tratadas

- Comparar los resultados obtenidos en los ensayos de mecánica de suelos aplicados a las muestras naturales y con químico Schussler Novachem.

1.5. Idea a defender/Hipótesis

El uso del químico Schussler Novachem tiene como objetivo mejorar la capacidad de carga del suelo, lo que podría resultar en una estructura de menor espesor en comparación con los métodos de diseño convencionales. Además, se espera lograr beneficios como la reducción de costos y de mano de obra, así como una disminución del impacto ambiental.

1.6. Línea de investigación Institucional/Facultad

Tabla 1

Línea de investigación Institucional/Facultad

Dominio	Institucional	Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovable.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables		

Fuente: ULVR, (2023)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

1.7. Antecedentes

Este proyecto de investigación se basa en diversas fuentes que abordan el tema principal, donde se ha recopilado, analizado y evaluado información metodológica para desarrollar un modelo óptimo que cumpla con los objetivos establecidos. A continuación, se presentan los antecedentes relevantes del proyecto

1.7.1. Antecedentes nacionales

López (2023), En el contexto del mejoramiento de técnicas de construcción, un trabajo de gran relevancia es el *Estudio comparativo entre la mampostería tradicional y la utilización de aditivos en la fabricación de bloques muro en edificaciones de la provincia de Santa Elena*, esta investigación se centra en evaluar cómo los aditivos pueden mejorar las propiedades de los bloques de mampostería, aumentando su resistencia estructural y eficiencia térmica. La investigación abarca pruebas mecánicas y físicas, comparando bloques tradicionales con aquellos mejorados mediante aditivos como fibras y geopolímeros. Los resultados indican que los bloques con aditivos presentan mejoras significativas en términos de durabilidad y resistencia, lo que podría tener un impacto positivo en la construcción sostenible y eficiente en Ecuador. Este estudio proporciona un antecedente valioso para futuras investigaciones que buscan optimizar técnicas constructivas y materiales en regiones con desafíos específicos como Santa Elena.

En resumen, la investigación de López abre nuevas posibilidades para la mejora de las prácticas constructivas en Ecuador y establece un precedente importante para el uso de materiales innovadores en la industria de la construcción. Sus hallazgos no solo benefician a la provincia de Santa Elena, sino que también

tienen el potencial de influir positivamente en la construcción sostenible y eficiente a nivel nacional e internacional.

Parra & Chicaiza (2019), El estudio titulado *"Elaboración de una Guía práctica para el diseño estructural de carreteras"* se fundamenta en proponer soluciones prácticas para recopilar y generar información esencial, con el objetivo de procesarla y obtener parámetros de diseño aplicables a diversas metodologías de pavimentación, incluyendo pavimentos flexibles, rígidos y articulados. Se plantean estrategias para identificar y controlar suelos problemáticos que podrían comprometer la estabilidad de la estructura del pavimento y provocar daños. Además, se presenta una metodología para determinar las proporciones adecuadas de materiales en la mezcla de capas de rodadura, tanto para concreto asfáltico como para concreto de cemento Portland, asegurando que los materiales cumplan con las especificaciones en sus propiedades físicas y mecánicas, detalladas conforme a normativas relevantes. Finalmente, se describe en detalle el procedimiento propuesto para el diseño estructural de carreteras según diversas metodologías reconocidas, como AASHTO 93 y AASHTO 2008 para pavimentos flexibles, AASHTO 93 y PCA 84 para pavimentos rígidos, y AASHTO 93 y Método Inglés para pavimentos articulados.

Un aspecto particularmente valioso de esta investigación es la atención detallada a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la mezcla de capas de rodadura. Este enfoque no solo asegura el cumplimiento de las especificaciones normativas, sino que también optimiza el desempeño de las carreteras, prolongando su vida útil y reduciendo los costos de mantenimiento a largo plazo. La metodología presentada para determinar las proporciones adecuadas de materiales en las mezclas de concreto asfáltico y concreto de cemento Portland es un ejemplo claro de cómo la investigación aplicada puede mejorar significativamente las prácticas de construcción.

Blacio (2022), El trabajo de investigación de titulado *"Estabilización de suelos arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la subrasante,"* se enfoca en mejorar

las propiedades de suelos arcillosos expansivos mediante el uso de materiales reciclados. Los ensayos realizados incluyeron la clasificación del suelo, pruebas de Proctor y CBR, determinando que el suelo arcilloso tenía una alta expansión y plasticidad, características no adecuadas según las especificaciones del MTOP. Al incorporar viruta de madera, caucho reciclado y ceniza volcánica, se logró reducir significativamente la expansión y mejorar las propiedades mecánicas del suelo. La mezcla óptima, compuesta por 50% de arcilla, 10% de viruta de madera y 40% de ceniza volcánica, cumplió con los requisitos de densidad, expansión y CBR necesarios para ser considerada como material adecuado para la subrasante en la construcción de carreteras. Este estudio es un valioso antecedente para investigaciones futuras, ya que demuestra la viabilidad de utilizar materiales reciclados para estabilizar suelos problemáticos, promoviendo prácticas sostenibles en la ingeniería civil.

Este estudio no solo valida la efectividad de estos materiales reciclados en la mejora de suelos problemáticos, sino que también ofrece una alternativa económica y ecológica frente a los métodos tradicionales de estabilización de suelos. La investigación establece un valioso precedente y un marco metodológico que puede ser utilizado en futuros estudios, incentivando a otros investigadores y profesionales a explorar soluciones sostenibles en la ingeniería civil.

Según Avellán (2017), en su estudio sobre la *Estabilización de suelos expansivos utilizando polímeros*, el objetivo principal fue determinar los parámetros óptimos para la aplicación de polímeros con el fin de estabilizar adecuadamente los suelos expansivos basados en datos existentes en Ecuador. Los suelos expansivos, caracterizados por su alta absorción y retención de agua, experimentan variaciones significativas de volumen, lo cual puede ser perjudicial para las estructuras construidas debido a los movimientos diferenciales que causan asentamientos importantes. El estudio incluyó un procedimiento exhaustivo que abarcó desde el muestreo y clasificación de suelos hasta la estabilización química con polímeros, seguido de pruebas adicionales para evaluar las propiedades del suelo estabilizado. Las conclusiones y recomendaciones derivadas de este trabajo apuntaron a optimizar

la dosificación y aplicación de polímeros para lograr resultados técnicos y económicos favorables.

Además, las conclusiones de Avellán sobre la optimización técnica y económica de la dosificación de polímeros resaltan la importancia de evaluar no solo la eficacia técnica de los métodos de estabilización, sino también su viabilidad económica. Este enfoque integral puede ser aplicado al presente estudio para asegurar que las soluciones propuestas no solo mejoren las propiedades mecánicas del suelo, sino que también sean rentables y accesibles para su implementación en proyectos de infraestructura vial.

1.7.2. Antecedentes internacionales

Según Alarcón & Montesinos (2019), el propósito principal de su investigación sobre el *Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal*, es abordar las deficiencias geotécnicas comunes en la construcción y rehabilitación de carreteras, especialmente en áreas con alta presencia de arcilla. La tesis se centra en la implementación de métodos no convencionales de estabilización que minimicen el impacto ambiental, dado que la extracción de materiales granulares tradicionales de canteras fluviales puede tener consecuencias adversas significativas para el medio ambiente. La investigación propone una alternativa efectiva al método de estabilización convencional, que típicamente involucra la sustitución del material natural de la subrasante por grava. Este enfoque no solo busca mejorar las propiedades geotécnicas del suelo, como lo indica el ensayo de CBR, sino que también busca mitigar los impactos ambientales negativos asociados con la extracción de grava de canteras fluviales. Al utilizar cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal, se explora un método que no solo estabiliza el suelo de manera eficaz, sino que también reduce la huella ambiental del proyecto de construcción de carreteras.

Este enfoque innovador no solo aborda la necesidad geotécnica de mejorar la subrasante de carreteras, sino que también responde de manera directa al imperativo

de minimizar el impacto ambiental de las actividades de construcción. Al utilizar residuos industriales como las cenizas volantes y la cal, se abre la posibilidad de desarrollar prácticas sostenibles en la ingeniería civil, donde la eficiencia técnica se combina con la responsabilidad ambiental. Esto no solo beneficia la viabilidad técnica de los proyectos, sino que también contribuye positivamente a la conservación del entorno natural y la biodiversidad local.

Por otra parte, Flores (2017), en su investigación sobre la *Estabilización de subrasante con material de demolición en la avenida Malecón Checa, San Juan de Lurigancho*, en Perú, el objetivo principal fue mejorar la estabilidad de la subrasante mediante el uso de materiales reciclados de demolición. El estudio abordó teorías relacionadas con los tipos de suelos y sus propiedades físicas y mecánicas, destacando la realización de ensayos de laboratorio como el análisis granulométrico, límite de Atterberg, clasificación de suelos según SUCS y AASHTO, coeficientes de curvatura y uniformidad, ensayo de Proctor modificado y ensayo de CBR.

Además, la investigación de Fernández Flores destaca la importancia de realizar ensayos de laboratorio exhaustivos para garantizar que los materiales reciclados cumplan con las especificaciones técnicas requeridas para su uso en subrasantes. Esto subraya la necesidad de un enfoque riguroso y sistemático en la evaluación de las propiedades de los suelos estabilizados, asegurando que las soluciones propuestas no solo sean eficaces en términos de mejora de las propiedades mecánicas del suelo, sino también seguras y duraderas para su aplicación en proyectos de infraestructura vial.

Ortiz & Rojas (2018), En Colombia en un estudio sobre el Análisis experimental de expansividad en suelos bentónicos, plantearon como objetivo principal analizar la actividad fisicoquímica de las arcillas para comprender su comportamiento en masas de suelo, crucial para evaluar su viabilidad en proyectos de ingeniería civil. El estudio incluyó ensayos petrográficos, ensayos índices y análisis de microestructura utilizando imágenes SEM (Scanning Electron Microscope), los

cuales revelaron el potencial de expansión significativo de suelos con altos contenidos de montmorillonita, comercialmente conocida como bentonita.

Estos estudios experimentales son fundamentales para identificar y evaluar el potencial de expansión de suelos antes de iniciar cualquier proyecto de construcción. Los resultados obtenidos de los ensayos índices indicaron que a medida que aumentan el índice plástico y el límite de contracción, el potencial de expansión del suelo también incrementa significativamente. Es crucial destacar que un alto potencial de cambio de volumen, especialmente cuando excede el valor de seis, representa un riesgo crítico que debe ser detectado tempranamente durante los estudios preliminares de ingeniería.

1.7.3. Marco Teórico

1.7.4. Necesidad de Mejoramiento de Vías Asfálticas

Las vías asfálticas son rutas cruciales que conectan áreas urbanas y rurales, desempeñando un papel fundamental en el desarrollo económico y social de la región. Sin embargo, el estado actual de la vía presenta diversos desafíos que requieren intervención urgente para mejorar su infraestructura y garantizar su funcionalidad a largo plazo.

1.7.4.1. Estado actual de las vías

Las vías de nuestro país enfrentan serios problemas estructurales que afectan su operatividad y seguridad:

- **Condición Física:** El pavimento muestra evidentes signos de deterioro, incluyendo grietas, deformaciones y pérdida de capas asfálticas, lo cual compromete la capacidad estructural de la vía.
- **Tráfico y Uso:** A pesar de ser una vía secundaria, soporta un tráfico significativo compuesto por vehículos ligeros y pesados. El volumen de tránsito diario contribuye al desgaste acelerado del pavimento, aumentando los costos de mantenimiento y reparación.

- **Impacto Ambiental:** El mal estado de la vía genera problemas ambientales como la generación de polvo y erosión superficial, afectando negativamente el entorno circundante y la calidad de vida de los residentes locales.

2.1.2.1 Impacto socioeconómico y comunitario

El estado deficiente de las vías tiene repercusiones significativas en varios aspectos socioeconómicos:

- **Accesibilidad:** La accesibilidad a servicios esenciales como salud, educación y comercio se ve comprometida, afectando directamente a la calidad de vida de los habitantes locales y limitando el desarrollo económico de la región.
- **Costos de Mantenimiento:** Los altos costos de mantenimiento vehicular debido al mal estado de la vía representan una carga económica adicional para los usuarios y operadores de transporte.
- **Desarrollo Regional:** Una vía en condiciones óptimas es crucial para fomentar el turismo, facilitar el transporte de productos agrícolas y promover la inversión en la región, impulsando así el desarrollo socioeconómico local.

1.7.4.2. Normativas y estándares actuales

Es fundamental cumplir con las normativas y estándares técnicos establecidos para la construcción y rehabilitación de vías asfálticas en Ecuador:

- **Normativas Técnicas:** La construcción y mantenimiento de carreteras están regulados por normativas que establecen requisitos específicos de diseño, calidad de materiales y procedimientos de construcción.
- **Estándares de Calidad:** Los pavimentos deben cumplir con estándares de resistencia, durabilidad y seguridad para garantizar su adecuado desempeño bajo diversas condiciones climáticas y de tránsito.

Las vías enfrentan desafíos significativos que requieren una intervención inmediata y eficaz. Mejorar su infraestructura vial no solo beneficiará la seguridad y

comodidad de los usuarios, sino que también promoverá el desarrollo económico y social de la región. La implementación del producto Schussler Novachem de NOVACRETE se presenta como una solución innovadora y viable para fortalecer la subbase y prolongar la vida útil del pavimento, cumpliendo con los estándares de calidad y sostenibilidad exigidos actualmente.

1.7.5. Vías secundarias

Las carreteras secundarias son las que establecen la conexión entre áreas rurales y urbanas, y normalmente están diseñadas para soportar menos tráfico y velocidades menores. En comparación, las carreteras primarias son las principales rutas que vinculan ciudades y regiones, y están diseñadas para manejar un mayor flujo de vehículos y permitir velocidades más altas. Las vías de acuerdo a su utilización.

Las vías, de acuerdo a su utilización, son:

- Rápidas.
- Preferencial.
- Secundaria.
- Local.

1.7.5.1. Vías rápidas

Esta vía está destinada al flujo de vehículos de tránsito ágil, sin intersecciones y con accesos y salidas especiales. La autopista y la vía expresa o colectora constituyen esta clase de vía.

Figura 1

Ejemplo de vía rápida



Nota: De acuerdo con la figura 1, se representa una vía rápida donde el flujo de vehículos es más eficaz sin tráficos presentes.

Fuente: Díaz & Pugo, (2012)

1.7.5.2. Vía preferencial

Esta es cualquier ruta pública a lo largo de la cual el movimiento de los vehículos tiene un privilegio de paso, por lo tanto, es obligatorio que todos los conductores detengan sus vehículos antes de ingresar a ella.

De acuerdo con la regulación general de la aplicación de la ley orgánica sobre el transporte terrestre, el tránsito y la seguridad vial en Ecuador, la velocidad determinada para la circulación dentro de ella es:

- Vehículos Livianos:
Dentro del perímetro urbano: 50 km/h
- Vehículos de Transporte Público y Comercial de Pasajeros:
Dentro del perímetro urbano: 40 km/h
- Motociclistas y Similares:
Dentro del perímetro urbano: 50 km/h

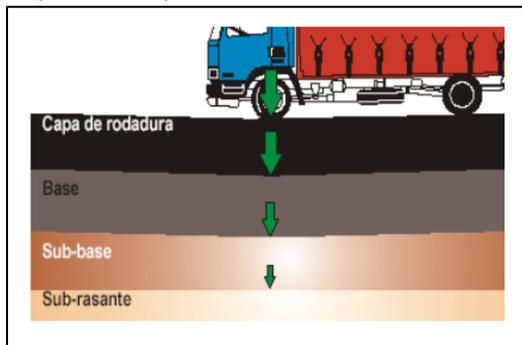
1.7.6. Tecnologías de Mejoramiento de Sub-Base

Piusseaut & Aaenlle (2020), en los pavimentos flexibles, la capa asfáltica en la superficie de rodamiento debe gestionar directamente las demandas del tráfico, absorbiendo los esfuerzos horizontales y una parte de los verticales, ya que las cargas

de los vehículos se transmiten hacia las capas inferiores, como la base y la subbase. La base, ubicada justo debajo de la capa asfáltica, está diseñada para absorber la mayor parte de los esfuerzos verticales. Su rigidez o resistencia a la deformación por las sollicitaciones repetidas del tránsito debe ser adecuada para la intensidad del tráfico pesado. Para el tráfico medio y ligero, se utilizan bases granulares tradicionales, mientras que para el tránsito pesado se recurren a materiales granulares tratados con algún tipo de cementante.

La teoría de utilizar materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbases de pavimentos flexibles es altamente relevante para la propuesta de aplicar el químico Schussler Novachem en vías secundarias. Este químico, al igual que los cementantes, mejora la estabilidad y resistencia de las subbases, permitiendo una mejor distribución de las cargas del tránsito y aumentando la durabilidad del pavimento. En vías secundarias, esta tecnología puede ofrecer una solución innovadora para reducir deformaciones y fallos estructurales, garantizando una infraestructura vial más duradera y con menores necesidades de mantenimiento. Así, la aplicación del Shussler Novachem contribuiría significativamente a la sostenibilidad y calidad de las infraestructuras viales secundarias.

Figura 2
Capaz de un pavimento



Nota: De acuerdo con la figura 2, se puede apreciar las capas asfálticas en la cual son de vital importancia para la durabilidad de las carreteras.

Fuente: Megarok S.A, (2020)

En Ecuador, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) establece directrices mediante un conjunto de especificaciones y normativas nacionales e

internacionales para la edificación de carreteras, caminos, vías y puentes, ya sean pavimentados con asfalto (flexibles) o concreto (rígidos). Este objetivo es garantizar la calidad de las infraestructuras viales. Estas estructuras están compuestas principalmente por múltiples capas superpuestas que son diseñadas y construidas conforme a estándares técnicos, las cuales deben soportar cargas dinámicas de diversas intensidades generadas por el tráfico vehicular.

1.7.6.1. Sub-base

Según la American Association of State Highway and Transportation Officials (1993), una subbase es una capa de material que se coloca debajo de la capa base de una estructura vial o de pavimentación. Su función principal es proporcionar soporte adicional y distribuir las cargas de tráfico de manera uniforme sobre el terreno subyacente. Las subbases son fundamentales para mejorar la estabilidad estructural y la durabilidad de las carreteras, caminos u otras superficies pavimentadas. Generalmente, están compuestas por materiales granulares como grava, piedra triturada o arena compactada, dependiendo de las especificaciones del diseño y las condiciones del sitio.

Es una capa de material que se coloca directamente sobre la subrasante mejorada, como se suele mencionar, y su objetivo es reducir los costos del pavimento al permitir la conversión de un cierto espesor de la capa base a un equivalente en material de sub-base. Esta capa protege la base para evitar problemas como la capilaridad, el deterioro, cambios en el volumen y pérdida de resistencia, además de prevenir la migración de partículas finas hacia las capas superiores.

1.7.6.2. Sub-base Clase 1

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (2001), la Subbase Clase 1 está compuesta por agregados gruesos obtenidos a partir de la trituración de grava o roca, combinados con arena natural o materiales finamente triturados para lograr la granulometría especificada. Estos agregados deben graduarse de manera uniforme

desde gruesos hasta finos y cumplir con los requisitos de granulometría establecidos en la Tabla 2. de las especificaciones. La conformidad con estos requisitos se verifica mediante ensayos granulométricos, siguiendo las Normas INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), después de que el material ha sido mezclado en planta o colocado en el camino.

Tabla 2

Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada

Tamiz	Clase 1	Clase 2	Clase 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.4 mm.)	--	100	--
1 1/2" (38.1 mm.)	100	70 - 100	--
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Nota: De acuerdo con la tabla 2 muestra el porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para las Clases 1, 2 y 3 de subbases.

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, (2001)

1.7.6.3. Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP

Las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) se emplean para asegurar resultados óptimos en términos de durabilidad, eficiencia y calidad de las construcciones. Se consideran las siguientes normativas:

- Coeficiente de Soporte California (CBR) \geq 30 %
- Límite Líquido < 25
- Índice de Plasticidad < 6
- Resistencia a la Abrasión < 50 %

Estas normativas se utilizan para garantizar que las estructuras viales construidas cumplan con estándares adecuados de resistencia y durabilidad.

1.7.7. Suelo

Según Toro (2019), el suelo se define como cualquier material no consolidado compuesto por diversas partículas sólidas, junto con gases o líquidos. No existe un tamaño fijo para las partículas que se consideran suelo, ya que esto depende de la función que desempeñan. Los suelos pueden ser combinaciones de unos pocos minerales específicos o mezclas heterogéneas de varios materiales.

El suelo contiene diferentes tipos de materiales, como grava, arena, mezclas arcillosas de origen glacial, arenas aluviales, limos y arcillas de depósitos fluviales, arcillas marinas, arenas costeras, rocas altamente meteorizadas de los trópicos, y residuos urbanos como escorias, metales y cenizas. La parte biológicamente activa del suelo, situada en la superficie de la corteza terrestre, se forma a partir de la desintegración física y química de las rocas y los residuos de organismos vivos.

Diferentes procesos como la deposición eólica, la sedimentación en cuerpos de agua, la meteorización y la acumulación de material orgánico contribuyen a la formación del suelo. La instalación de microorganismos y vegetación en el sustrato inorgánico inicia la formación del suelo, donde los procesos vitales y metabólicos son esenciales.

La alteración física y química de las rocas, junto con la acción de agentes geológicos y seres vivos, da lugar a la estructura del suelo en niveles superpuestos, conocida como perfil del suelo. Estos procesos, que incluyen la meteorización y la descomposición biológica, resultan en la formación de un manto de alteración o aluvión, que al ser transportado se convierte en coluvión. Finalmente, el suelo, a través de su compleja dinámica física, química y biológica, desarrolla una diferenciación vertical en niveles horizontales influenciados por factores locales como litología, relieve, clima y biota.

El estudio detallado es fundamental para comprender cómo sus propiedades influyen en la efectividad de tratamientos químicos como el Schussler Novachem para mejorar subbases en vías secundarias. Este conocimiento es crucial para optimizar

la estabilidad y resistencia de las carreteras secundarias, adaptando los aditivos a las características específicas del suelo y asegurando una infraestructura vial más duradera y resistente.

1.7.7.1. Clasificación de suelos

Zapata (2018), un sistema de clasificación de suelos proporciona un lenguaje estándar para resumir las características generales de los suelos de manera concisa, agrupándolos según propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas similares. Según el tamaño de las partículas, se distinguen gravas, arenas, limos y arcillas. La clasificación de suelos es crucial para entender sus propiedades y cómo interactúan con diferentes aditivos como el químico Schussler Novachem.

En el contexto del proyecto de investigación, comprender las características específicas de los suelos arcillosos, como su comportamiento mecánico e hidráulico, es fundamental para evaluar cómo este químico podría mejorar la subbase en vías secundarias. Los suelos arcillosos, debido a su alta plasticidad y compresibilidad, presentan desafíos particulares que podrían mitigarse con tecnologías como Schussler Novachem, optimizando así la estabilidad y durabilidad de las carreteras secundarias.

1.7.7.1.1. Suelo arcilloso

Los suelos arcillosos se caracterizan por tener una alta proporción de partículas de tamaño menor a 0,002 mm, conocidas como arcillas, lo que les confiere una alta densidad y dificultad para la infiltración del agua. Estos suelos son importantes para la fertilidad debido a su capacidad para retener sales minerales y humedad al formar agregados con el humus. Sin embargo, su alta permeabilidad los hace vulnerables a la erosión, especialmente en terrenos con pendientes pronunciadas.

Las arcillas se caracterizan por su gran superficie activa y alta capacidad de intercambio catiónico, propiedades determinadas por su pequeño tamaño de partícula,

carga eléctrica negativa y conductividad eléctrica. Estas características proporcionan al suelo arcilloso baja permeabilidad y alta capacidad para retener agua y nutrientes, lo cual favorece su fertilidad. Sin embargo, también limitan la aireación y presentan susceptibilidad a la erosión, dependiendo de la composición mineralógica, como la alófana que mejora la estructura y retención de humedad, o la caolinita con baja capacidad de intercambio catiónico y retención de elementos.

El estudio detallado de los suelos arcillosos es crucial para entender su comportamiento en diferentes aplicaciones, como la agricultura y la construcción. Su capacidad de retención de nutrientes y agua, aunque beneficiosa para algunos cultivos como el arroz, puede representar desafíos significativos, como la erosión y la baja infiltración. Estos factores deben considerarse al proponer mejoras y técnicas de estabilización de suelos, como las que se exploran en la propuesta de aplicación del químico Schussler Novachem para vías secundarias.

El análisis de los suelos arcillosos proporciona una base sólida para la propuesta de utilizar Schussler Novachem en la mejora de subbases de vías secundarias. La capacidad de los suelos arcillosos para retener estabilizadores químicos y la necesidad de mitigar problemas como la baja permeabilidad y la erosión son áreas clave donde nuevas tecnologías pueden ofrecer soluciones efectivas y sostenibles.

1.7.7.1.2. Arcillas expansivas

La expansividad de las arcillas varía según su respuesta a las fluctuaciones de humedad. Cuando absorben agua, experimentan un aumento de volumen o hinchamiento dependiendo de su grado de expansividad. Por el contrario, al perder humedad, se produce un encogimiento que puede resultar en grietas en el suelo. Estos cambios ocurren principalmente en los primeros metros del suelo, conocidos como la profundidad activa.

Este fenómeno es crucial para la ingeniería civil, especialmente al considerar la estabilización de suelos en proyectos de infraestructura vial. La comprensión de

cómo las arcillas reaccionan a la humedad permite diseñar estrategias efectivas para mitigar problemas como el hinchamiento y la contracción, que pueden afectar la estabilidad y durabilidad de las subbases viales mejoradas con tecnologías como el químico Schussler Novachem. Esta investigación proporciona un marco teórico fundamental para evaluar y predecir el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones ambientales, contribuyendo así a soluciones más robustas y sostenibles en ingeniería civil.

1.7.7.2. Estabilizadores comerciales

Ríos & Restrepo (2020), para lograr una estabilización efectiva del suelo en proyectos viales, es crucial entender el proceso de aplicación de estabilizadores químicos. Estos productos manufacturados inicialmente para carreteras actúan principalmente como impermeabilizantes y no mejoran significativamente la resistencia a compresión del suelo. La cantidad necesaria varía entre 0.01 y 1% por peso, lo que requiere un mezclado completo para asegurar una distribución uniforme y efectiva en todo el suelo.

La aplicación exitosa de estabilizadores depende de asegurar que cada partícula del suelo esté en contacto con el producto, lo cual demanda preparación meticulosa y múltiples ensayos para determinar las proporciones óptimas. Esto incluye pruebas de resistencia a compresión tras diferentes condiciones de secado y humedecimiento, así como consideraciones climáticas locales.

Este enfoque detallado es crucial para la tesis sobre la propuesta de aplicación del químico Schussler Novachem en vías secundarias, donde la correcta mezcla y aplicación de estabilizadores químicos como Novachem pueden mejorar significativamente las propiedades del suelo sin incrementar costos innecesariamente.

1.7.7.3. Pavimentos flexibles

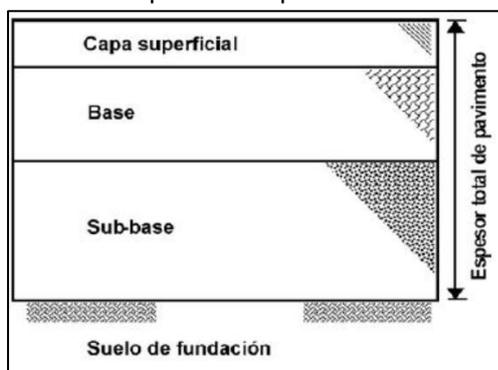
Los pavimentos flexibles son aquellos que se caracterizan principalmente en una base semirrígida en donde se cimienta una capa de rodamiento formada por una

mezcla bituminosa que son derivados del petróleo. Se procede a detallar las siguientes terminologías:

- Pavimento: Estructura que se apoya sobre el suelo de fundación e incluye la subbase, la base y la capa de rodamiento.
- Subbase: Material seleccionado e instalado con una técnica particular, ubicado sobre el terreno de fundación.
- Base: Compuesta por elementos pétreos, mezclas de suelo-cemento o mezclas bituminosas, colocada sobre la subbase.
- Capa de rodamiento: Superficie bituminosa que forma la capa superior.

Figura 3

Estructura típica de un pavimento flexible



Nota: En la figura 3 se puede apreciar las capas en las que está dividida la construcción de un pavimento y de sus espesores junto con el suelo de fundación.

Fuente: Aiassa & Arría, (2007)

1.7.7.4. Métodos de extracción de muestras

Los métodos de extracción son métodos fundamentales para la toma de muestras a su vez para determinar las propiedades del suelo.

1.7.7.4.1. Granulometría

ASTM Internacional (1996), la granulometría se enfoca en analizar y comprender el tamaño de las partículas y sedimentos presentes en una muestra, evaluando la importancia de cada fracción del suelo. Este análisis se realiza mediante

tamizado o sedimentación, siendo esta última utilizada cuando las partículas son demasiado pequeñas para el tamiz.

El proceso incluye la separación del material usando una serie de tamices con diferentes tamaños decrecientes. Estos tamices están numerados para identificar el tamaño, desde el mayor al menor, basándose en la separación de los cuadros de malla. Aunque el análisis granulométrico es adecuado para gravas y arenas, cuando se trata de arcillas, limos, turbas y margas, es necesario complementar el estudio con ensayos que determinen la plasticidad del material. Las partículas que pasan o quedan en el tamiz presentan características específicas.

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas.

En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material granulometría.

Después, se procede a realizar la curva granulométrica donde se adquieren datos mediante una gráfica en la que se obtiene la distribución del tamaño de una partícula dentro de un material granular tales como arena, suelos o arcilla. Dicha curva se utiliza principalmente para comparar los datos obtenidos de una muestra con los parámetros básicos o normativas para este tipo de método (p.40).

1.7.7.4.2. CBR

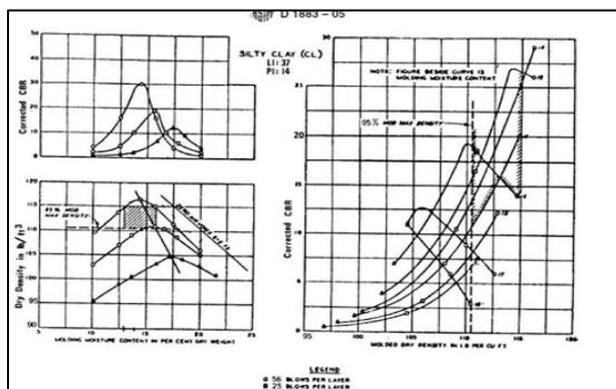
El ensayo de CBR (California Bearing Ratio) es una prueba estándar utilizada en ingeniería civil para evaluar la resistencia de un suelo a la penetración de una punta estándar bajo condiciones específicas de humedad y compactación.

Según la American Society for Testing and Materials (2016), en la versión de CBR de laboratorio, "los especímenes de suelo se compactan con el equipamiento del ensayo Proctor, utilizando moldes de 6" de diámetro y martillo grande. La velocidad de penetración del pistón durante el ensayo es constante e igual a 1.27 mm/min".

El CBR para una humedad óptima se refiere a la variante más conocida de igual manera de la denomina como CBR de tres puntos, La cual se representa en tres modelos o muestras que se compactan en el suelo con energías de 12,25 y 56 golpes por capa. Por otro lado, para conseguir el CBR del suelo se establece en una gráfica resultados el ensayo de las tres muestras poniendo en las abscisas a tal grado de compactación o densidad para después unirse los puntos a través de una curva.

Este CBR del suelo se describe el grado mínimo de compactación establecido de acuerdo las especificaciones del proyecto. En otras palabras, el CBR es una prueba que se puede emplear tanto para la evaluación como para el diseño. Se utiliza para evaluar la subrasante o las superficies donde se colocarán estructuras. Además, se usa para diseñar suelos destinados a servir como materiales para la base y subbase de pavimentos o para rellenos estructurales.

Figura 4
Representación gráfica de resultado de una muestra de suelo para CBR



Fuente: Sánchez, (2012)

La figura 4 representa los valores de CBR se muestran en el eje vertical (Y), mientras que los diferentes niveles de compactación o profundidad de la muestra se representan en el eje horizontal (X). Este análisis es crucial para determinar la capacidad del suelo para soportar cargas y para diseñar adecuadamente bases y subbases de carreteras.

1.7.7.4.3. Límites de Atterberg

Según la ASTM Internacional (2020), indica que los suelos de grano fino, como la arcilla no estructurada, son altamente sensibles a los cambios en su contenido de humedad, lo cual influye significativamente en sus propiedades. La presencia de agua forma una película alrededor de los granos de suelo, aumentando su espesor y afectando su comportamiento mecánico.

En condiciones de alta humedad, la suspensión de suelo se vuelve muy concentrada y carece de resistencia estática al esfuerzo cortante. Sin embargo, la resistencia aumenta gradualmente conforme el suelo pierde humedad, alcanzando un estado plástico más maleable y fácil de manipular. El suelo será sólido y capaz de resistir una gran compresión y tensión si continúa secándose.

Haigh & Shimobe (2018), la ingeniería civil utiliza los suelos como soporte fundamental en pavimentos y construcciones terrestres. Albert Atterberg, científico sueco, fue el primero en definir los límites de la consistencia del suelo para clasificar los suelos de grano fino. Aunque han pasado casi 100 años, sus métodos aún se emplean para determinar el límite de líquido, el límite plástico y el límite de contracción de los suelos (p. 7).

Figura 5

Aumento del porcentaje de agua



Nota: De acuerdo con la figura 5 se puede observar los porcentajes y estados que se comporta el suelo de igual manera de su aspecto y comportamiento.

Fuente: Maldonado, (2020)

De acuerdo con Casagrande (1932), presenta una investigación sobre los límites plásticos de Atterberg de los suelos e indica que los suelos arcillosos experimentan cambios en su consistencia a medida que varía su contenido de humedad, pasando por estados sólido, semisólido, plástico y líquido. Estos cambios definen sus propiedades mecánicas y comportamiento, que son evaluados mediante los límites de Atterberg.

Estas pruebas utilizan puntos críticos de contenido de humedad para determinar estos límites con precisión, siendo esenciales para el diseño de cimientos, la predicción de comportamientos como el asentamiento y la permeabilidad, así como la identificación de suelos expansivos.

Para más detalles sobre los límites de Atterberg y su aplicación en la clasificación de suelos, se detallan los siguientes componentes:

- **Límite de líquido:** Punto en el que el suelo transita de estado plástico a líquido, determinado por la capacidad de cerrar una ranura al barrear la muestra.
- **Límite de plástico:** Contenido de agua en el que el suelo pasa de plástico a semisólido, evaluado por la deformación al enrollar una muestra en hilo hasta que se rompa.

- **Límite de contracción:** Cantidad de agua donde la pérdida adicional no reduce el volumen de la muestra.
- **Índice de plasticidad (PI):** Relación entre el límite de plástico y el límite líquido, crucial para la clasificación del suelo según su plasticidad.

Estos ensayos requieren muestras de suelo tamizadas a través del tamiz N°40, que incluye la fracción de arena fina, asegurando una representación completa del suelo para clasificación geotécnica.

1.7.7.4.4. Prensa de hormigón

La prueba de compresión es una técnica crucial utilizada para determinar la resistencia a la compresión de un material, es decir, su capacidad para soportar cargas aplicadas de manera uniforme hasta el punto de ruptura. A continuación, se describe el proceso paso a paso:

1. Preparación de la Muestra

Moldeo y Alisado: La briqueta de material natural se moldea en una forma adecuada, generalmente cilíndrica, siguiendo los estándares de ensayo. Luego, se alisa su superficie para asegurar un contacto uniforme con las placas de compresión de la máquina.

2. Colocación en la Máquina

Alineación: La briqueta se coloca entre las dos placas de compresión de la prensa. Es fundamental alinear correctamente la muestra para garantizar una carga uniforme.

3. Inicio de la Prueba

Control Inicial: Desde el panel de control, se inicia la prueba. La máquina comienza a aplicar una carga de compresión creciente de manera uniforme sobre la briqueta.

4. Aplicación de la Carga

Carga Gradual: La máquina aplica una carga controlada y gradual. En la pantalla, se muestran en tiempo real los valores de la fuerza aplicada en kilonewtons, (kN), el desplazamiento y la presión en megapascales, MPa.

5. Medición y Monitoreo

Registro Continuo: A medida que la carga aumenta, la máquina mide la resistencia del material. Los datos de carga y desplazamiento se registran continuamente.

6. Ruptura de la Muestra

Punto de Falla: La prueba continúa hasta que la briqueta se rompe o falla, alcanzando el punto de falla cuando el material no puede soportar más carga y se fractura.

7. Registro de Resultados

Carga Máxima y Cálculo: La máquina registra la carga máxima soportada por la briqueta en el momento de la ruptura. Se calcula la resistencia a la compresión utilizando la carga máxima y el área de la sección transversal de la muestra.

Almacenamiento de Datos: Los resultados se almacenan para su análisis y evaluación posterior.

8. Finalidad de la Prueba

Evaluación de la Resistencia: Determinar la resistencia a la compresión del material natural es crucial para entender su capacidad de soportar cargas en aplicaciones estructurales.

Calidad y Durabilidad: Evaluar la calidad y durabilidad del material natural asegura su idoneidad en aplicaciones específicas.

Cumplimiento de Normas: Verificar que el material cumpla con las normas y especificaciones técnicas requeridas para su uso en la construcción u otras industrias.

1.7.7.5. Químico Schussler Novachem

De acuerdo con OPiS (2022), el Manual para la tecnología NovoCrete publicado en el 2022 indica que "NovoCrete es un aditivo de cemento creado a través de una investigación y desarrollo minuciosos y orientados al mercado. Numerosas pruebas científicas realizadas por institutos externos y su aplicación en diversos proyectos de construcción globales bajo diferentes condiciones geológicas y meteorológicas demuestran la efectividad de NovoCrete".

El uso de NovoCrete es adecuado para la estabilización y solidificación de suelos cohesivos y no cohesivos, así como materiales reciclados de construcción y demolición (RCM/D). Se puede aplicar a una amplia gama de proyectos, incluyendo la construcción de carreteras, plataformas industriales, pistas de aeropuertos, bases de vías ferroviarias, áreas de almacenamiento y vertederos.

1.7.7.5.1. Propiedades del aditivo NovoCrete

NovoCrete es un aditivo de cemento altamente eficaz que mejora las propiedades mecánicas del suelo estabilizado. Sus principales beneficios incluyen:

- Aumento de la capacidad de carga: Mejora la resistencia del suelo a cargas pesadas, permitiendo una construcción más duradera.
- Reducción de la permeabilidad: Disminuye la infiltración de agua, mejorando la estabilidad del suelo en condiciones húmedas.
- Mejora de la durabilidad: Prolonga la vida útil de las infraestructuras al aumentar la resistencia del suelo a la erosión y otros factores de deterioro.

1.7.7.5.2. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de NovoCrete varían según el tipo de suelo y las condiciones del proyecto. Sin embargo, en general, el aditivo se dosifica en proporciones específicas para garantizar una mezcla uniforme y efectiva con el suelo existente. Las pruebas de laboratorio previas a la aplicación en campo son esenciales para determinar las proporciones óptimas y asegurar el cumplimiento de las normas y requisitos técnicos.

1.7.7.5.3. Proceso de estabilización con NovoCrete

- Evaluación del suelo: Análisis del suelo existente para determinar su idoneidad para la estabilización con NovoCrete.
- Preparación del terreno: Limpieza y nivelación del área a tratar.
- Aplicación del aditivo: Distribución uniforme del aditivo NovoCrete® sobre el suelo.
- Mezcla y compactación: Uso de maquinaria especializada para mezclar y compactar el suelo estabilizado.

- Curado: Periodo de curado para permitir que el suelo alcance sus propiedades mecánicas óptimas.

1.7.7.5.4. Nuevo método de estabilización

La estabilización del suelo con el sistema NovoCrete consiste en añadir un aditivo específico de cemento al suelo existente, mezclándolo y compactándolo, ofreciendo una alternativa eficiente y económica a los métodos tradicionales.

1.7.7.5.5. Ventajas del sistema NovoCrete

- Económico: Reducción de costos al eliminar la necesidad de transporte de materiales y reducir el espesor de las capas de pavimento.
- Rápido: Tiempos de construcción más cortos, permitiendo un uso rápido de las carreteras recién estabilizadas.
- Sostenible: Menor consumo de recursos naturales, reducción de emisiones de CO2 y menor impacto ambiental.
- Duradero: Mejora las propiedades mecánicas del suelo, aumentando la vida útil de las infraestructuras.

1.7.7.5.6. Aplicaciones típicas del sistema NovoCrete

- Carreteras y caminos: Estabilización de suelos para capas de base y subbase.
- Aeropuertos: Estabilización de suelos para pistas y plataformas.
- Áreas industriales y logísticas: Estabilización de suelos para pavimentos industriales y logísticos.
- Infraestructura ferroviaria: Estabilización de suelos para bases de vías férreas.
- Proyectos especiales: Estabilización de suelos en vertederos y otras áreas específicas.

1.7.7.5.7. Control de calidad

El control de calidad es fundamental en cada etapa del proceso de estabilización. Se llevan a cabo pruebas y análisis rigurosos para asegurar que el suelo estabilizado cumple con todas las especificaciones técnicas y normativas aplicables. Estas pruebas incluyen ensayos de laboratorio y monitoreo en campo para verificar la homogeneidad de la mezcla, la densidad alcanzada y otras propiedades críticas del suelo estabilizado.

El sistema NovoCrete se somete a estrictos controles de calidad en todas las etapas, desde la producción hasta la aplicación en campo, con análisis y pruebas realizadas en laboratorios certificados para asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas.

El sistema NovoCrete ofrece una solución innovadora y eficiente para la estabilización del suelo, proporcionando ventajas económicas, ambientales y técnicas sobre los métodos tradicionales, y contribuyendo significativamente a la mejora de la infraestructura vial y otros proyectos de construcción.

En la actualidad, la economía de costos es un tema ampliamente debatido al realizar mejoras en las subbases de pavimentos. A continuación, se describen las características del material propuesto en este proyecto:

1.7.7.5.8. Ahorro de CO2

Novachem AG (2020), la reducción significativa en el CO2 generado por el transporte y la maquinaria durante la aplicación de Schussler Novachem refleja su eficacia en minimizar el impacto ambiental. Este aspecto resalta la importancia de Schussler Novachem en la mitigación de emisiones durante la fase de construcción, crucial para proyectos que buscan cumplir con estándares ambientales rigurosos.

1.7.7.5.9. Inmovilización

Novachem Research Institute (2018), los estudios de caso presentados por el Instituto de Investigación Novachem destacan cómo Schussler Novachem inmoviliza contaminantes del suelo, convirtiéndolos en materiales seguros y utilizables. Esta capacidad de inmovilización subraya el papel de Shussler Novachem en la protección del agua subterránea y la rehabilitación de suelos contaminados, crucial para la sostenibilidad ambiental de proyectos viales.

1.7.7.5.10. Sostenibilidad

Según Smith & Johnson (2017), En relación con la sostenibilidad las aplicaciones innovadoras de Schussler Novachem mejoran la calidad y durabilidad de las infraestructuras viales de la siguiente manera:

- Generación de resultados resistentes y de larga duración, lo que asegura una mayor vida útil de las estructuras viales.
- Reducción significativa de los costos asociados al mantenimiento, debido a la menor necesidad de reparaciones y renovaciones frecuentes.
- Disminución del grosor requerido para las capas de pavimento en comparación con las técnicas convencionales, optimizando así el uso de materiales y recursos.
- Eficiencia en la gestión de residuos y menor espacio necesario para vertederos, contribuyendo a prácticas más sostenibles y amigables con el medio ambiente.
- Protección activa de los recursos naturales al permitir el desmontaje completo de las capas estabilizadas, facilitando la reutilización de materiales y minimizando el impacto ambiental durante la fase de construcción y demolición.

1.7.7.5.11. Amigable con el medio ambiente

Novachem AG (2021), las especificaciones técnicas detalladas de Novachem AG subrayan el compromiso con componentes minerales no tóxicos y no perjudiciales, fortaleciendo su reputación como una opción ambientalmente amigable para la construcción de sub-bases viales. Schussler Novachem se posiciona como una opción preferida para proyectos viales que buscan minimizar impactos ambientales negativos, al utilizar materiales seguros y eficientes.

El uso de NovoCrete ofrece numerosos beneficios ambientales, entre ellos:

- **Reducción de emisiones de CO₂:** Menor uso de materiales de construcción tradicionales y reducción de la necesidad de transporte.
- **Conservación de recursos naturales:** Uso eficiente de los recursos existentes y reducción de la extracción de materiales vírgenes.
- **Minimización de residuos:** Disminución de la generación de residuos de construcción y demolición.

1.7.7.5.12. Ahorro de material

Este aditivo permite disminuir la necesidad de nuevas capas y el procesamiento de materiales existentes como capas de asfalto viejas y bases antiguas, utilizando además el material de suelo presente en el lugar en lugar de recursos naturales adicionales. Es crucial determinar la cantidad adecuada de agente aglutinante y la profundidad de fresado para cada proyecto, considerando factores como el volumen de tráfico, las condiciones climáticas y los resultados de los ensayos específicos:

En base a la figura 6, para respaldar la tesis sobre el uso de Shussler Novachem en la mejora de infraestructuras viales, NovoCrete (s.f.) ha realizado un

exhaustivo análisis estructural comparativo en su proyecto anual para la tecnología NovoCrete®. Este estudio evaluó diferentes tipos de pavimentos:

- Pavimento rígido con una base de suelo "in situ" tratado con NovoCrete y cemento.
- Pavimento rígido con una base de materiales convencionales.
- Pavimento flexible con una base de suelo "in situ" tratado con NovoCrete y cemento.
- Pavimento flexible con una base de materiales convencionales.

Figura 6

Requisitos de Agente de Ligación y Capacidad de Carga para Diferentes Tipos de Suelo

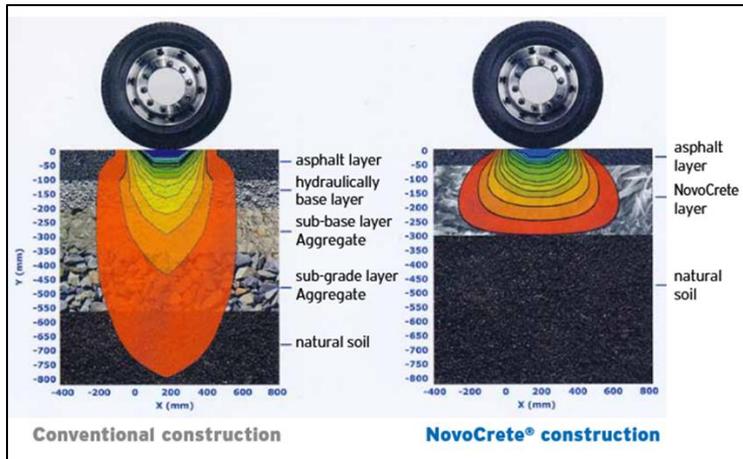
Soil type	Amount of binding agent*	Milling depth	Load bearing capacity MN/m ²
wide-graded gravel narrow-graded gravel intermittently-graded gravel wide-graded sand narrow-graded sand intermittently-graded sand	from 110 kg/m ³ to 180 kg/m ³	0,25 - 0,50 m	300 - 500 (and even higher)
gravel-silt mixture gravel-clay mixture sand-silt mixture sand-clay mixture	from 160 kg/m ³ to 200 kg/m ³	0,30 - 0,50 m	150 - 300
slightly plastic clay slightly plastic silt medium plastic silt medium plastic clay highly plastic clay	from 180 kg/m ³ to 220 kg/m ³	0,30 - 0,50 m	> 150
<small>The final amount of binding agent and the milling depth must be determined for every project in dependance of the traffic volume, the climatic conditions, and the results of respective suitability tests. * Normally binding agent consists of 100 % standard cement + 2 % NovoCrete®</small>			

Fuente: OPIS AG, (2022)

De acuerdo con la figura 7 se muestra el peso ejercido con los materiales tradicionales en un pavimento por otro lado se puede observar la capacidad del químico de soportar grandes pesos como lo ejercen los vehículos pesados.

Figura 7

Comparación de Distribución de Cargas entre Construcción Convencional y Construcción con NovoCrete



Fuente: OPIS AG, (2022)

Las memorias de cálculo detallan todos los componentes de las matrices del sistema multicapa utilizado en cada tipo de pavimento, así como la formulación de los resultados del análisis de matriz para cada caso específico. Estos análisis se basan en métodos matriciales y elementos finitos utilizando el programa WESLEA, conforme a las directrices establecidas por el MEPDG - MSHTO 2008 para evaluar las Repeticiones de Carga Admisibles.

Este estudio proporciona evidencia técnica sólida que respalda la eficacia de NovoCrete en mejorar la resistencia y durabilidad de las estructuras viales, especialmente al compararlas con métodos convencionales. La aplicación de NovoCrete no solo optimiza el rendimiento estructural, sino que también ofrece beneficios significativos en términos de vida útil extendida de la infraestructura y reducción de costos de mantenimiento, apoyando así la tesis sobre la aplicación de este aditivo químico en proyectos de mejora vial.

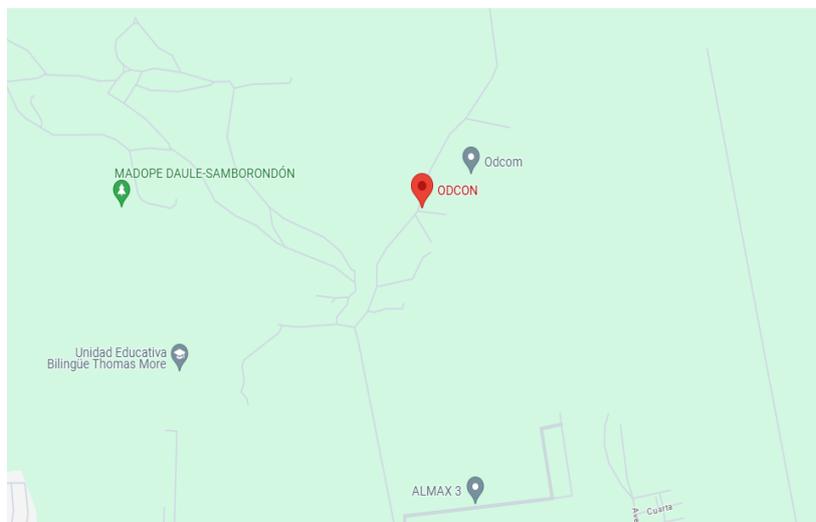
1.7.7.6. Cantera Odcon

La elección de Odcon como sitio para extraer muestras sobre la aplicación del químico Schussler Novachem en subbases viales se fundamenta en su reputación consolidada y su enfoque riguroso en la calidad del hormigón premezclado. Desde su establecimiento en 2016, Odcon se ha distinguido por ofrecer soluciones personalizadas y cumplir con altos estándares de producción y control de calidad.

Las obras realizadas por Odcon, que van desde pavimentos rígidos para helipuertos hasta pisos industriales de alta resistencia, demuestran su capacidad para enfrentar desafíos técnicos diversos y ofrecer resultados de calidad comprobada. Esta trayectoria de éxitos y el compromiso continuo con la innovación y la mejora constante hacen de Odcon un socio estratégico ideal para investigaciones como la mía, donde la precisión y la calidad son cruciales.

Además, la infraestructura avanzada de Odcon, que incluye plantas mezcladoras de última tecnología, dosificadoras de hormigón, y equipos de monitoreo en ruta para asegurar la entrega oportuna y precisa de los materiales, asegura que mi investigación pueda contar con datos confiables y representativos del proceso de producción de hormigón, posicionan a Odcon como un socio estratégico ideal para investigaciones que requieren precisión y fiabilidad en los datos.

Figura 8
Ubicación de Cantera Odcon



Nota: En base a la figura 8 se analiza la ubicación exacta de la cantera Odcon la cual se extrajo las muestras de material finos y gruesos.
Fuente: Google Maps, (2024)

1.8. Marco Legal

La implementación de tecnologías innovadoras en la construcción de infraestructuras viales no solo requiere consideraciones técnicas y económicas, sino también un estricto cumplimiento con el marco legal y normativo vigente.

En el contexto actual, el desarrollo y aplicación de aditivos como Shussler Novachem, destinados a mejorar la resistencia y durabilidad de pavimentos, deben ser evaluados bajo las regulaciones específicas que garantizan la seguridad, sostenibilidad y eficiencia de las obras públicas.

Para la aplicación de Shussler Novachem en la mejora de infraestructuras viales en Ecuador, es crucial considerar las siguientes normativas y regulaciones:

1.8.1. Normativa Nacional

1.8.1.1. Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Superior (Decreto Ejecutivo 742, 2019)

Artículo 352: El Sistema de Educación Superior estará integrado por universidades y escuelas politécnicas; institutos superiores técnicos, tecnológicos y pedagógicos; y conservatorios superiores de música y artes, debidamente acreditados y evaluados.

1.8.1.2. Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Superior

Decreto Ejecutivo 742 (2019), el Estado garantiza sin discriminación alguna, el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales.

1.8.1.3. Constitución de la República del Ecuador (2008)

Artículo 26: La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal.

Artículo 27: La educación se desarrollará en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente y a la democracia.

Artículo 28: La educación responderá al interés público y no estará al servicio de intereses individuales y corporativos.

Artículos 30 y 31: Indican el derecho a una vivienda segura y al respeto de cualquier ideología que pueda tener el ser humano.

Artículos 264.7 y 281.8: Mencionan sobre los implementos de salud, educación, los espacios públicos deportivos y el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica.

Artículos 350 y 385: La educación superior será una formación académica superior con visión científica, tecnológica y humanista, e impulsará la producción nacional que sea eficiente y productiva.

Artículo 344: Sobre el Régimen del Buen Vivir, determina que el sistema nacional de educación, así como las acciones en los niveles de educación inicial, básica y bachillerato, estarán articulados con el Sistema de Educación Superior.

Artículo 350: El Sistema de Educación Superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión del conocimiento.

Artículo 351: El Sistema de Educación Superior estará articulado al sistema nacional de educación y al Plan Nacional de Desarrollo; la ley establecerá los mecanismos de coordinación del Sistema de Educación Superior.

Artículos 5 y 13 del artículo 147: Establecen que corresponde al presidente de la República dirigir la administración pública en forma desconcentrada y expedir los decretos necesarios para su organización.

1.8.1.4. Reglamento de Titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Universidad Laica Vicente Rocafuerte (2019), la unidad de titulación es la unidad curricular que incluye las asignaturas, cursos o sus equivalentes, que permiten la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera para la resolución de problemas, dilemas o desafíos de una profesión.

El resultado final de esta unidad curricular es:

- a) El desarrollo de un trabajo de titulación, o,
- b) La preparación y aprobación de un examen de grado de carácter complejo, con los cuales se realiza la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera por los estudiantes.

En ambas modalidades, el estudiante deberá demostrar el manejo integral de los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional, así como las destrezas alcanzadas al término de esta, sin que le sea permitido realizar otra unidad curricular distinta a las señaladas en la ley.

En ejercicio de la autonomía universitaria establecida en el Art. 351 de la Constitución de la República y al amparo de la potestad reglamentaria ejercida por el Órgano Colegiado Superior (OCAS) de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Art.17: Proyecto de Investigación. - Es una propuesta que pretende encontrar resultados que den respuesta a un problema que surja de las prácticas preprofesionales, vinculación con la sociedad o de su experiencia laboral. En esta

opción se puede hacer uso de cualquiera de los métodos y tipos de investigación existentes que apliquen al tema motivo de la propuesta, una investigación exploratoria y diagnóstica, la base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta.

1.8.1.5. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida

Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

Incentivar la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, impulsar el cambio mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades.

Implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico.

En la presente investigación y trabajos a realizar, regirá la normativa establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de acuerdo con MOP - 001-F 2002

Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes:

- Capítulo 400 (Estructura del pavimento):
- Sección 404 (Bases): Se establecen lineamientos de uso, procedimientos y materiales, acorde a las consideraciones de diseño según lo remarcado para el presente estudio.
- La totalidad de los ensayos han de realizarse bajo los requerimientos de: Norma ASTM (Asociación Americana de Ensayos de Materiales), AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), INV (Instituto Nacional de Vías) y NLT (No Less Than).

1.8.2. Normas de los Ensayos a Estudiar

Todos los ensayos del presente trabajo serán realizados bajo las respectivas normas:

- Norma ASTM, AASHTO, NLT y INV:
- Toma de muestras superficiales de suelo inalterado N.L.T. 203 - 77, INV E 112
- Contenido de humedad ASTM D 2216, INV E 122
- Granulometría ASTM D 422 - 77, INV E 123
- Límite Líquido AASHTO T 89, INV E 125
- Límite Plástico AASHTO T 90, INV E 126

1.8.3. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial

Según la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (2008), todo estudio técnico de seguridad y señalización vial debe cumplir con normas técnicas nacionales e internacionales (Art. 209).

La homologación de materiales es esencial para garantizar condiciones óptimas de operación y compatibilidad (Art. 207).

Las auditorías de seguridad vial son necesarias para asegurar que las mejoras implementadas sean auditadas adecuadamente (Art. 210).

Es importante considerar cómo el mejoramiento de las vías puede influir en la reducción de emisiones (Art. 211).

1.8.4. Normativa Técnica de Diseño Vial

La Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12) es un conjunto integral de directrices técnicas emitidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (2013).

Su objetivo principal es establecer estándares uniformes para el diseño, construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura vial en el país. Esta normativa es esencial para garantizar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de las carreteras y caminos que constituyen la red vial ecuatoriana.

1.8.4.1. Alcance y Objetivos de la NEVI-12

La NEVI-12 abarca diversos aspectos técnicos y operativos necesarios para el desarrollo de proyectos viales, asegurando que se cumplan los requisitos mínimos de seguridad y funcionalidad. Los objetivos principales de la NEVI-12 incluyen:

1. **Establecimiento de Estándares Técnicos:** Proveer especificaciones claras y detalladas para el diseño geométrico, estructural y funcional de las carreteras. Esto incluye la sección transversal, taludes, cunetas, intersecciones, y otros elementos críticos del diseño vial.
2. **Uniformidad y Consistencia:** Asegurar la uniformidad en la implementación de proyectos viales en todo el territorio ecuatoriano, facilitando una red coherente y eficiente que promueva la conectividad y el desarrollo económico.
3. **Seguridad Vial:** Incorporar medidas y prácticas de diseño que minimicen los riesgos de accidentes y mejoren la seguridad de todos los usuarios de la vía, incluyendo conductores, pasajeros, peatones y ciclistas.
4. **Sostenibilidad y Medio Ambiente:** Promover prácticas que reduzcan el impacto ambiental de las infraestructuras viales, integrando criterios de sostenibilidad y preservación del entorno natural.

1.8.4.2. Componentes de la NEVI-12

La NEVI-12 se compone de varios volúmenes y secciones que detallan los diferentes aspectos del diseño y construcción vial:

- 1. Volumen 1 - Procedimientos para Proyectos Viales:** Este volumen proporciona un enfoque sistemático para la planificación y desarrollo de proyectos viales. Incluye metodologías para estudios preliminares, evaluación de impacto ambiental, y criterios para la selección de materiales y técnicas constructivas.
- 2. Volumen 2A - Diseño Geométrico de Carreteras:** En este volumen se especifican los criterios geométricos para el diseño de carreteras, tales como la configuración de la sección transversal, los elementos de dotación vial, y las intersecciones. Se destacan las normas para garantizar la seguridad y funcionalidad del diseño vial, incluyendo el artículo 2A.204.4.1 sobre generalidades y el artículo 2A.204.5 sobre intersecciones.
- 3. Volumen 2B - Materiales y Construcción:** Esta sección aborda los estándares y especificaciones para los materiales utilizados en la construcción de vías, así como las técnicas y procedimientos constructivos. Es crucial para asegurar la durabilidad y calidad de las infraestructuras viales.

1.8.4.3. Importancia de la NEVI-12 en el Contexto Actual

La implementación de la NEVI-12 es fundamental para el desarrollo sostenible del sistema de transporte del Ecuador. Proporciona el marco técnico necesario para evaluar y validar la viabilidad de nuevos materiales y tecnologías. La normativa asegura que cualquier innovación en la infraestructura vial cumpla con los estándares de seguridad y calidad requeridos, promoviendo un desarrollo vial eficiente y seguro.

Al adherirse a las directrices de la NEVI-12, los ingenieros y planificadores viales pueden diseñar y construir carreteras que no solo mejoren la conectividad y movilidad, sino que también respeten el medio ambiente y aseguren la seguridad de todos los usuarios. En resumen, la NEVI-12 es una herramienta esencial para la construcción de un sistema de transporte moderno y sostenible en el Ecuador.

1.8.5. Normas Ambientales

El marco ambiental en Ecuador establece una serie de normativas y regulaciones destinadas a proteger y conservar el medio ambiente, garantizando que las actividades humanas, incluyendo la construcción y mejora de infraestructuras viales, se realicen de manera sostenible y responsable. Estas normas son esenciales para evaluar y mitigar los impactos ambientales de proyectos que involucren el uso de nuevos materiales, como el químico Shussler Novachem, en la construcción y mejoramiento de subbases en vías secundarias.

1.8.5.1. Ley de Gestión Ambiental (Ley No. 37)

Objetivo: Establecer principios y directrices generales para la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales (Asamblea Nacional del Ecuador, 1999).

Esta ley proporciona el marco legal para todas las actividades que puedan afectar el medio ambiente, incluyendo la construcción vial. Es fundamental asegurar que cualquier proyecto cumpla con los principios de esta ley para evitar sanciones y garantizar la sostenibilidad del proyecto.

1.8.5.2. Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental

Objetivo: Detallar los procedimientos y requisitos para la implementación de la Ley de Gestión Ambiental, incluyendo la realización de estudios de impacto ambiental y la obtención de licencias ambientales (Ministerio del Ambiente, 2014).

Para la aplicación del químico Shussler Novachem, es crucial realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que evalúe los posibles efectos del químico en el medio ambiente y establecer medidas de mitigación adecuadas.

1.8.5.3. Norma de Calidad del Aire (Norma INEN 2204)

Objetivo: Establecer límites máximos permisibles para la emisión de contaminantes al aire (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2011).

La aplicación de nuevos químicos en la construcción vial debe considerar las emisiones de compuestos volátiles y otros contaminantes. Cumplir con esta norma asegura que las actividades no deterioren la calidad del aire en las áreas circundantes.

1.8.5.4. Normas de Gestión de Residuos (Código Orgánico del Ambiente)

Objetivo: Regular la gestión integral de residuos, asegurando su adecuada recolección, tratamiento y disposición final en la Asamblea Nacional del Ecuador

Cualquier residuo generado por el uso del químico Shussler Novachem debe ser gestionado conforme a estas normas para prevenir la contaminación del suelo y del agua.

1.8.5.5. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Sustancias Peligrosas

Objetivo: Regular el manejo, almacenamiento, transporte y disposición de sustancias peligrosas para prevenir riesgos ambientales y para la salud en el Ministerio del Ambiente.

Dado que el Schussler Novachem es un químico, es crucial seguir estas regulaciones para su manejo seguro durante todo el proceso de implementación en las vías secundarias.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque de la investigación

Alvarez (2011), el enfoque de investigación define la naturaleza del estudio, que puede ser cuantitativo, cualitativo o mixto. Este enfoque abarca todo el proceso investigativo, desde la elección del tema y la formulación del problema hasta el desarrollo del marco teórico, la selección de la metodología y la recolección, análisis e interpretación de los datos. Así, la elección del enfoque no se realiza de manera arbitraria, sino que está basada en decisiones bien fundamentadas por el investigador, considerando la formulación del problema y los objetivos del estudio.

En el presente proyecto de investigación se utiliza un enfoque mixto, ya que se enfoca en la incorporación de agregados para pavimentos de mezcla de subbase junto con el químico Shussler Novachem. Esta combinación pretende ser capaz de soportar el impacto de los vehículos pesados, además de reducir costos y mejorar la contaminación en comparación con el método tradicional de asfalto.

Asimismo, se recopilará información a través de fuentes bibliográficas sobre los tipos de aditivos para el asfalto y se explorarán estudios previos sobre el comportamiento material y económico de estos aditivos. Además, se analizarán las ventajas y desventajas del aditivo propuesto y se evaluará el costo de construcción del pavimento en comparación con el método tradicional sin aditivos. La integración de ambos enfoques investigativos ofrece una visión completa del proyecto, destacando la reducción de costos, la eficiencia en la mano de obra y el bajo impacto ambiental.

3.2 Alcance de la investigación

La investigación de alcance descriptivo se centra en detallar con precisión las dimensiones de un fenómeno cuyas características ya son conocidas. Aunque no es

obligatorio, en este tipo de investigación es posible formular una hipótesis para caracterizar el fenómeno estudiado (Ramos Galarza, 2020).

En este trabajo de investigación, el alcance se define como exploratorio, descriptivo y evaluativo. El investigador delinearé el proceso a seguir, analizando el comportamiento del asfalto combinado con el químico Shussler Novachem, junto con los beneficios y características de este material innovador para la mezcla utilizada en la estabilización de suelos. Esto mejorará la estructura de la subbase en vías secundarias. Además, se implementarán estudios de suelo y se evaluarán sus resultados.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener datos

Mejía (2005), las técnicas de investigación son métodos y herramientas que se utilizan al comenzar el estudio de un fenómeno específico. Estas técnicas ayudan a recopilar, analizar y presentar datos, facilitando el logro del objetivo principal de la investigación: generar nuevos conocimientos. La elección de la técnica más adecuada se basa en el problema que se pretende resolver y en los objetivos establecidos, por lo que es una decisión fundamental en cualquier proceso investigativo.

En el presente proyecto de investigación, se utilizarán ensayos de clasificación (humedad, granulometría y límites de Atterberg), Proctor, C.B.R y Encuestas. Estos ensayos determinarán si los materiales cumplen con los requisitos para su uso como parte de la estructura del pavimento. Una vez definidas las proporciones adecuadas que permitan reducir la expansión, se realizarán ensayos complementarios para evaluar la expansión obtenida al utilizar la mezcla que cumple con los ensayos de plasticidad, comparándola con los resultados de la compactación del químico en el pavimento. Además, se llevará a cabo una investigación descriptiva de cada especificación del proyecto, utilizando fuentes bibliográficas, tesis, artículos de páginas web académicas, y se recopilarán y analizarán los datos obtenidos, encuestas de preguntas abiertas y cerradas, entre otros aspectos.

Se procederá a realizar ensayos de laboratorio, CBR y Proctor, asegurándose de que cumplan con las especificaciones del MOP e incluso, se pretende a realizar encuestas a ingenieros civiles, arquitectos y conocedores del tema.

3.4 Población y Muestra

La importancia de definir claramente la población y la muestra en una investigación radica en la representatividad de los resultados. La población es el conjunto total de elementos sobre los cuales se desea inferir, mientras que la muestra es un subconjunto de la población que se estudia para hacer inferencias sobre la totalidad. En el contexto de investigaciones de suelos y pavimentos, la población podría incluir extensas áreas geográficas con características similares, mientras que la muestra consiste en los especímenes específicos que se analizan.

3.4.1 Población

Se pretende aplicar el químico Shussler Novachem en estas vías secundarias presentan diversas condiciones de suelo, tráfico y características geográficas que las hacen sujetas a mejoras en su infraestructura.

Según León (2017), la población se define como un conjunto de elementos con ciertas características que se desean estudiar. Existe una relación inductiva entre la población y la muestra, esperando que la muestra observada sea representativa de la realidad (la población) para garantizar la validez de las conclusiones del estudio.

La población en un estudio se define como el conjunto total del fenómeno en cuestión, donde todas las unidades comparten una característica común que se investiga y de la cual se obtienen los datos. Para esta investigación, la población corresponde a la totalidad del terreno del cual se extraerán las muestras para el análisis, el cual está compuesto por suelo arcilloso negro. Las muestras recogidas serán sometidas a diversos ensayos de clasificación.

En esta investigación, la población será toda la extensión de terreno de la cual se tomarán muestras para el estudio, donde se introducirá el químico innovador. A las muestras obtenidas se les realizarán distintos ensayos de clasificación.

El uso de técnicas de clasificación de suelos, como los ensayos de granulometría y los límites de Atterberg, es fundamental para caracterizar los tipos de suelo y determinar su idoneidad para diferentes aplicaciones de ingeniería. Estos ensayos proporcionan datos cruciales sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, que son esenciales para el diseño y construcción de infraestructuras duraderas y seguras.

Por otro lado, la población del proyecto es dirigida a ingenieros civiles para así, obtener opiniones sobre la efectividad del químico Shussler Novachem en el ámbito de la construcción de carreteras, para ser más específicos en la parte económica, durabilidad y eficiencia.

3.4.2 Muestra

La muestra estará compuesta por un subconjunto representativo de estas vías secundarias seleccionadas dentro de la población total. Se elegirán muestras que abarquen diferentes tipos de suelo, niveles de tráfico y variaciones climáticas relevantes para la región de estudio. Estas muestras serán las áreas específicas donde se llevarán a cabo los ensayos y evaluaciones para investigar los efectos del químico Shussler Novachem en la mejora y subbases de las vías secundarias.

El muestreo es fundamental para los investigadores, ya que no es factible entrevistar a todos los miembros de una población, por lo que se selecciona una muestra representativa. Existen varios tipos de muestreo que se eligen según la calidad y la representatividad que se desea para el estudio de la población:

- **Muestreo aleatorio:** Se selecciona al azar, otorgando a todos los miembros de la población la misma probabilidad de ser incluidos.

- Muestreo estratificado: La población se divide en estratos o subgrupos según variables o características relevantes. Cada estrato se representa en proporción a su presencia en la población total.
- Muestreo sistemático: Se establece un patrón o criterio sistemático para seleccionar la muestra.

En el contexto del presente proyecto de investigación, las muestras obtenidas se someterán a ensayos de clasificación (como humedad, granulometría, límite líquido y plástico) con diferentes proporciones del material innovador mezclado con asfalto. Estos ensayos deben cumplir con las normativas especificadas por el MTOP para ser utilizados como material de mejoramiento. Posteriormente, la mezcla será sometida a ensayos de Proctor y C.B.R. para verificar su expansión.

Por otro lado, después de conseguir las opiniones de las personas a las que se les realizó las encuestas, se procede a la tabulación de cada pregunta en donde se refleja el resultado de la posible aceptación del químico Shussler Novachem como un mejoramiento de la sub –base en las carreteras como un material innovador.

3.4.3 Encuesta

En esta fase, se especificará el perfil del personal a ser entrevistado, quienes son 50 ingenieros civiles con especialización en carreteras o vías asfálticas. Esto garantiza una visión más precisa de la información recopilada. Posteriormente, se presentarán datos estadísticos de los encuestados.



**UNIVERSIDAD LAICA
VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
INGENIERÍA CIVIL, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE TITULACIÓN**



ENCUESTA

- 1. ¿Cuántos años de experiencia tiene en ingeniería civil?**
 - a) 0-5 años
 - b) 6-10 años
 - c) 11-15 años
 - d) 16-20 años
 - e) Más de 20 años

- 2. ¿Qué tan dispuesto está a probar nuevos productos químicos para la estabilización de suelos en proyectos de carreteras?**
 - a) Nada dispuesto
 - b) Poco dispuesto
 - c) Medianamente dispuesto
 - d) Muy dispuesto

- 3. ¿Qué tipo de información considera más importante antes de decidir usar un nuevo químico en sus proyectos? (puede seleccionar más de uno)**
 - a) Estudios de caso
 - b) Certificaciones y aprobaciones
 - c) Opiniones de otros profesionales
 - d) Resultados de pruebas de laboratorio
 - e) Costos y beneficios

4. ¿Qué factores considera críticos para la implementación exitosa de un nuevo químico en la estabilización de suelos? (puede seleccionar más de uno)

- a) Coste
- b) Disponibilidad del producto
- c) Conocimiento técnico
- d) Apoyo institucional
- e) Condiciones del suelo
- f) Otros (por favor especifique)

5. ¿Considera viable la implementación del químico Shussler Novachem para el mejoramiento y sub-base en vías secundarias?

- a) Si
- b) No

6. ¿Qué ventajas esperaría obtener al utilizar un nuevo químico para la estabilización de suelos en comparación con métodos tradicionales?

- a) Mejor rendimiento
- b) Reducción de costos
- c) Mayor durabilidad
- d) Menor impacto ambiental
- e) Otros (por favor especifique)

7. ¿Cuáles son sus principales preocupaciones al considerar el uso de un nuevo químico en proyectos de carreteras?

- a) Coste
- b) Eficacia
- c) Seguridad
- d) Impacto ambiental
- e) Disponibilidad
- f) Otros (por favor especifique)

8. ¿Estaría dispuesto a participar en un proyecto piloto para probar la eficacia del químico Shussler Novachem en vías secundarias?

- a) Si
- b) No

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

En este capítulo se presentan los resultados con sus respectivos análisis de la investigación realizada, acorde con el marco metodológico y los objetivos definidos.

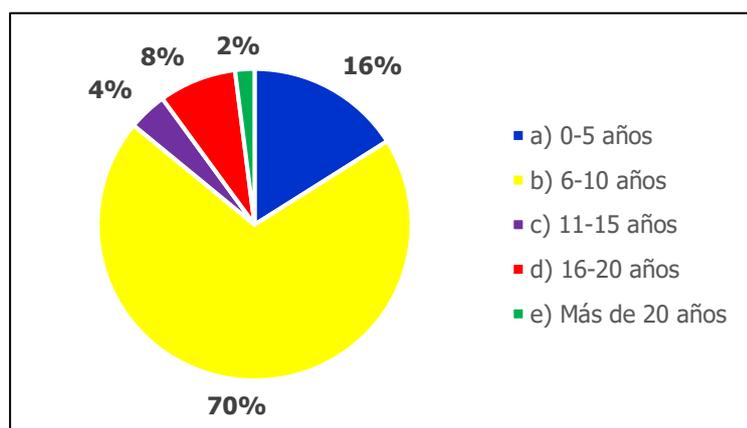
4.1 Análisis de las encuestas

De acuerdo con las encuestas realizadas, se presentan los siguientes resultados de acuerdo con cada pregunta:

4.1.1 Análisis de pregunta 1

Figura 9

Análisis de pregunta 1: ¿Cuántos años de experiencia tiene en ingeniería civil?



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se examinó la experiencia en ingeniería civil entre los encuestados, revelando la siguiente distribución:

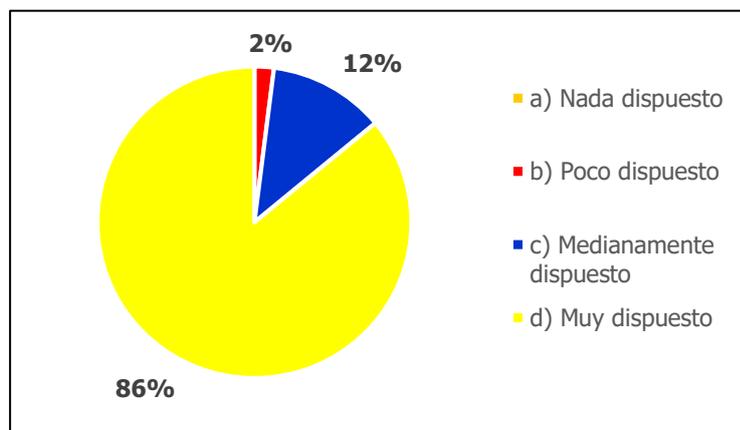
- 6-10 años: Es el grupo más grande con el 70% de los encuestados (35 personas).
- 0-5 años: Representa el 26.7% de la muestra (8 personas).
- 16-20 años: Abarca el 13.3% de los encuestados (4 personas).
- 11-15 años: Consiste en el 6.7% de la muestra (2 personas).
- Más de 20 años: Representa solo el 3.3% de la muestra (1 persona).

Estos resultados destacan que la mayoría de los encuestados tienen entre 6 y 10 años de experiencia en ingeniería civil, seguido por aquellos con menos experiencia. A medida que aumenta la experiencia, la representación disminuye notablemente, sugiriendo una tendencia hacia una mayor participación de ingenieros más jóvenes en la muestra.

4.1.2 Análisis de pregunta 2

Figura 10

Análisis de pregunta 2: ¿Qué tan dispuesto está a probar nuevos productos químicos para la estabilización de suelos en proyectos de carreteras?



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se analizó la disposición de ingenieros civiles hacia la adopción de nuevos productos químicos para estabilización de suelos en proyectos viales, revelando lo siguiente:

- La mayoría de los encuestados (43 personas) que representa el 86%, se mostraron muy dispuestos a probar estos nuevos productos, indicando una fuerte aceptación hacia la innovación en este campo específico.
- Un grupo significativo mostró una disposición moderada (6 personas) que representa el 12%, mientras que solo un (2%) encuestado manifestó estar poco dispuesto.

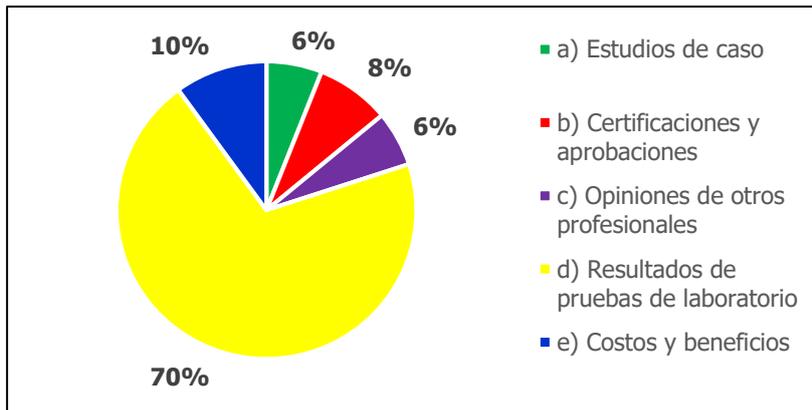
Estos hallazgos subrayan la alta receptividad de los ingenieros civiles hacia la implementación de tecnologías emergentes en la estabilización de suelos para

carreteras, lo que sugiere un entorno propicio para la introducción de nuevos productos químicos en la práctica profesional.

4.1.3 Análisis de pregunta 3

Figura 11

Análisis de pregunta 3: ¿Qué tipo de información considera más importante antes de decidir usar un nuevo químico en sus proyectos?



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se examinaron las preferencias de los ingenieros civiles respecto a la información más importante antes de adoptar nuevos químicos en proyectos, con los siguientes resultados clave:

- El 70% de los encuestados (35 personas) consideraron que los resultados de pruebas de laboratorio son la información más crucial, destacando la importancia de datos científicos y empíricos.
- El 10% (5 personas) mencionaron que los costos y beneficios son cruciales en su decisión.
- El 8% (4 personas) valoraron las certificaciones y aprobaciones como información relevante.
- Tanto los estudios de caso como las opiniones de otros profesionales fueron considerados importantes por el 6% (3 personas cada uno).

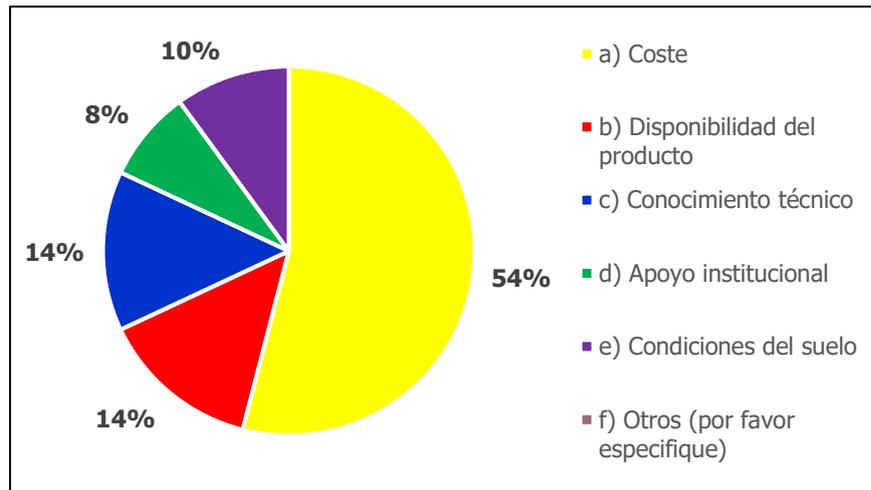
Estos hallazgos indican una clara preferencia por la evidencia científica y los datos concretos, como los resultados de pruebas de laboratorio, como base fundamental para la decisión de implementar nuevos químicos en proyectos de

ingeniería civil. Esto subraya la importancia de una evaluación rigurosa y basada en evidencia antes de la adopción de innovaciones químicas en el campo.

4.1.4 Análisis de pregunta 4

Figura 12

Análisis de pregunta 4: ¿Qué factores considera críticos para la implementación exitosa de un nuevo químico en la estabilización de suelos?



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se evaluaron los factores críticos considerados por ingenieros civiles para la implementación efectiva de nuevos químicos en la estabilización de suelos, con los siguientes resultados destacados:

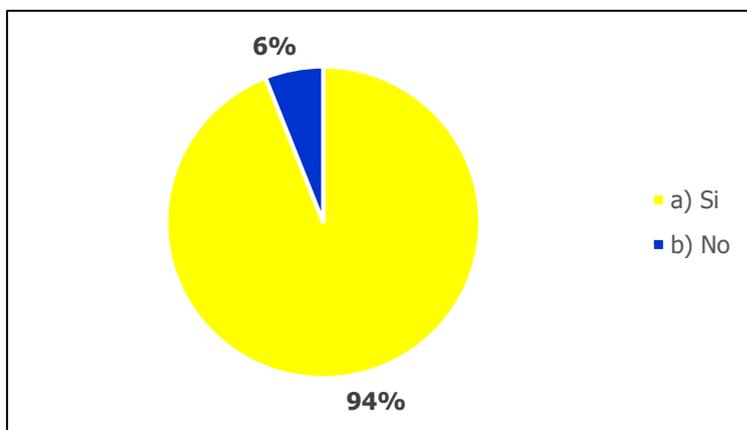
- El 54% de los encuestados (27 personas) identificaron el costo como el factor más crucial, subrayando su impacto económico directo en los proyectos.
- Tanto la disponibilidad del producto como el conocimiento técnico fueron mencionados por el 14% de los encuestados (7 personas cada uno), resaltando la importancia de estos aspectos para la utilización efectiva de los nuevos químicos.
- El apoyo institucional fue considerado crítico por el 8% de los encuestados (4 personas), mientras que las condiciones del suelo fueron mencionadas por el 10% (5 personas).

Estos hallazgos indican que, para los ingenieros civiles, el éxito en la implementación de nuevos químicos en la estabilización de suelos depende significativamente del manejo eficiente del costo, la disponibilidad del producto, y el conocimiento técnico adecuado. Considerar estos factores estratégicamente es crucial para garantizar una integración exitosa de innovaciones químicas en proyectos de ingeniería civil.

4.1.5 Análisis de pregunta 5

Figura 13

Análisis de pregunta 5: ¿Considera viable la implementación del químico Shussler Novachem para el mejoramiento y sub-base en vías secundarias?



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se examinó la opinión de ingenieros civiles respecto a la viabilidad de implementar el químico Shussler Novachem para mejorar y sub-bases en vías secundarias, con los siguientes resultados destacados:

- El 94% de los encuestados (47 personas) consideraron viable esta implementación.
- Solo el 6% de los encuestados (3 personas) expresaron dudas sobre la viabilidad del uso de este químico en dicho contexto.

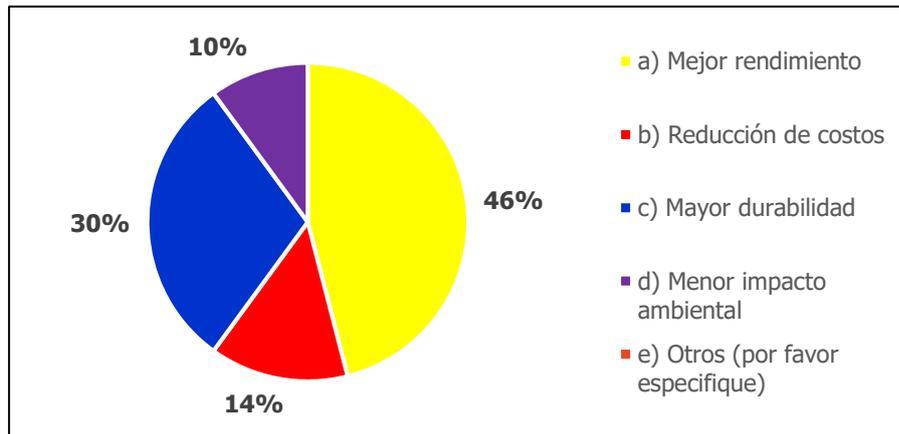
Estos hallazgos muestran un amplio respaldo entre los ingenieros civiles hacia la posibilidad de utilizar el químico Shussler Novachem para mejorar la infraestructura de vías secundarias. Esta alta aceptación sugiere un interés prometedor en explorar

y potencialmente adoptar esta tecnología química en proyectos futuros de ingeniería vial.

4.1.6 Análisis de pregunta 6

Figura 14

Análisis de pregunta 6: ¿Qué ventajas esperaría obtener al utilizar un nuevo químico para la estabilización de suelos en comparación con métodos tradicionales?



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se exploraron las expectativas de los ingenieros civiles respecto a las ventajas al utilizar un nuevo químico para estabilizar suelos en comparación con métodos tradicionales, con los siguientes resultados clave:

- El 46% de los encuestados (23 personas) anticipa mejoras significativas en el rendimiento del proceso.
- El 30% (15 personas) espera una mayor durabilidad de las estructuras como resultado del uso de estos nuevos químicos.
- El 14% (7 personas) considera que habrá una reducción de costos asociados al proyecto.
- El 10% (5 personas) está interesado en los beneficios ambientales, esperando un menor impacto ambiental.

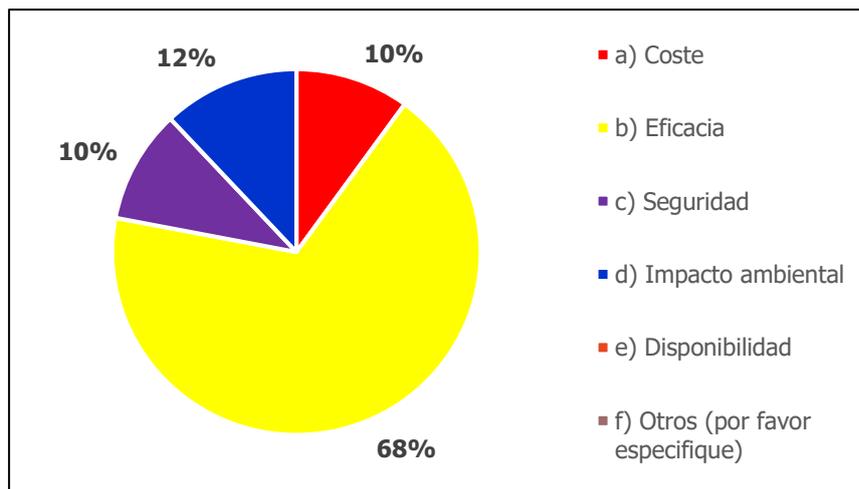
Estos hallazgos indican que los ingenieros civiles ven en los nuevos químicos para estabilización de suelos una oportunidad para mejorar el rendimiento y prolongar la vida útil de las estructuras. Además, existe un interés considerable en aspectos

económicos y ambientales, reflejando una evaluación integral de beneficios al adoptar innovaciones en ingeniería civil

4.1.7 Análisis de pregunta 7

Figura 15

Análisis de pregunta 7: ¿Cuáles son sus principales preocupaciones al considerar el uso de un nuevo químico en proyectos de carreteras?



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se evaluaron las principales preocupaciones de los ingenieros civiles al contemplar la adopción de nuevos químicos en proyectos de carreteras, con los siguientes hallazgos destacados:

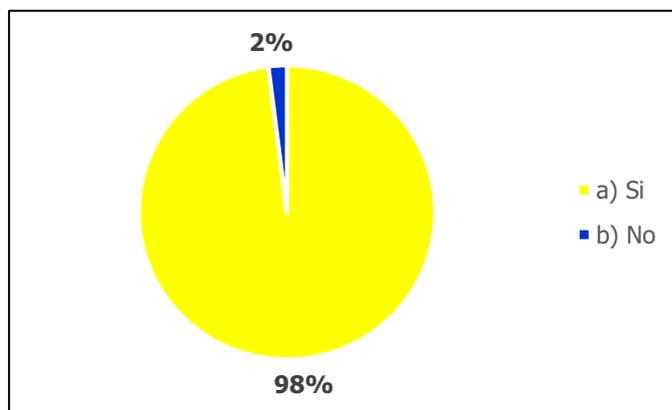
- El 68% de los encuestados (34 personas) expresaron preocupación por la eficacia del químico, enfocándose en su capacidad para mejorar las condiciones de las carreteras.
- El 12% (6 personas) manifestó inquietudes sobre el impacto ambiental del químico utilizado.
- Tanto el coste como la seguridad fueron mencionados por el 10% (5 personas cada uno), resaltando la importancia económica y la seguridad en la aplicación del químico.
- Detalles específicos sobre la disponibilidad y otras preocupaciones no fueron proporcionados en la muestra.

Estos resultados subrayan la importancia crítica que los ingenieros civiles otorgan a la efectividad y los posibles efectos ambientales al considerar nuevos químicos para proyectos viales. Además, indican una evaluación cuidadosa de los costos asociados y la seguridad operativa antes de la adopción de estas innovaciones en la práctica ingenieril.

4.1.8 Análisis de pregunta 8

Figura 16

Análisis de pregunta 8: ¿Estaría dispuesto a participar en un proyecto piloto para probar la eficacia del químico Schussler Novachem en vías secundarias?



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se evaluó la disposición de ingenieros civiles a participar en un proyecto piloto para probar la eficacia del químico Shussler Novachem en vías secundarias, con los siguientes resultados destacados:

- El 98% de los encuestados (49 personas) mostraron disposición para participar en el proyecto piloto.
- Solo el 2% (1 persona) indicó no estar dispuesto a participar.

Estos hallazgos reflejan un amplio interés y apertura entre los ingenieros civiles hacia la prueba del químico Shussler Novachem en el contexto de vías secundarias. Esta alta disposición subraya la importancia de realizar investigaciones piloto para validar la efectividad y viabilidad de nuevas tecnologías químicas en proyectos reales de infraestructura vial.

4.2 Análisis de los ensayos de laboratorio

4.2.1 Toma de muestras

El 1 de julio del 2024 se realizó la toma de muestras en la cantera Odcon, ubicada en Colemba, en la vía Samborondón - Ecotec. En esta localización se recolectaron dos sacos de muestras, que incluían material fino y grueso.

Figura 17
Recolección de muestras



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

De acuerdo con la figura 17 se realizó la recolección de muestras en una cantera reconocida, garantizando la representatividad de las muestras para los ensayos posteriores. Las muestras fueron transportadas al laboratorio siguiendo los protocolos de conservación para evitar alteraciones en sus propiedades físicas.

4.2.2 Materiales utilizados

Se llevaron a cabo las primeras tres pruebas utilizando exclusivamente materiales tradicionales, con las siguientes especificaciones:

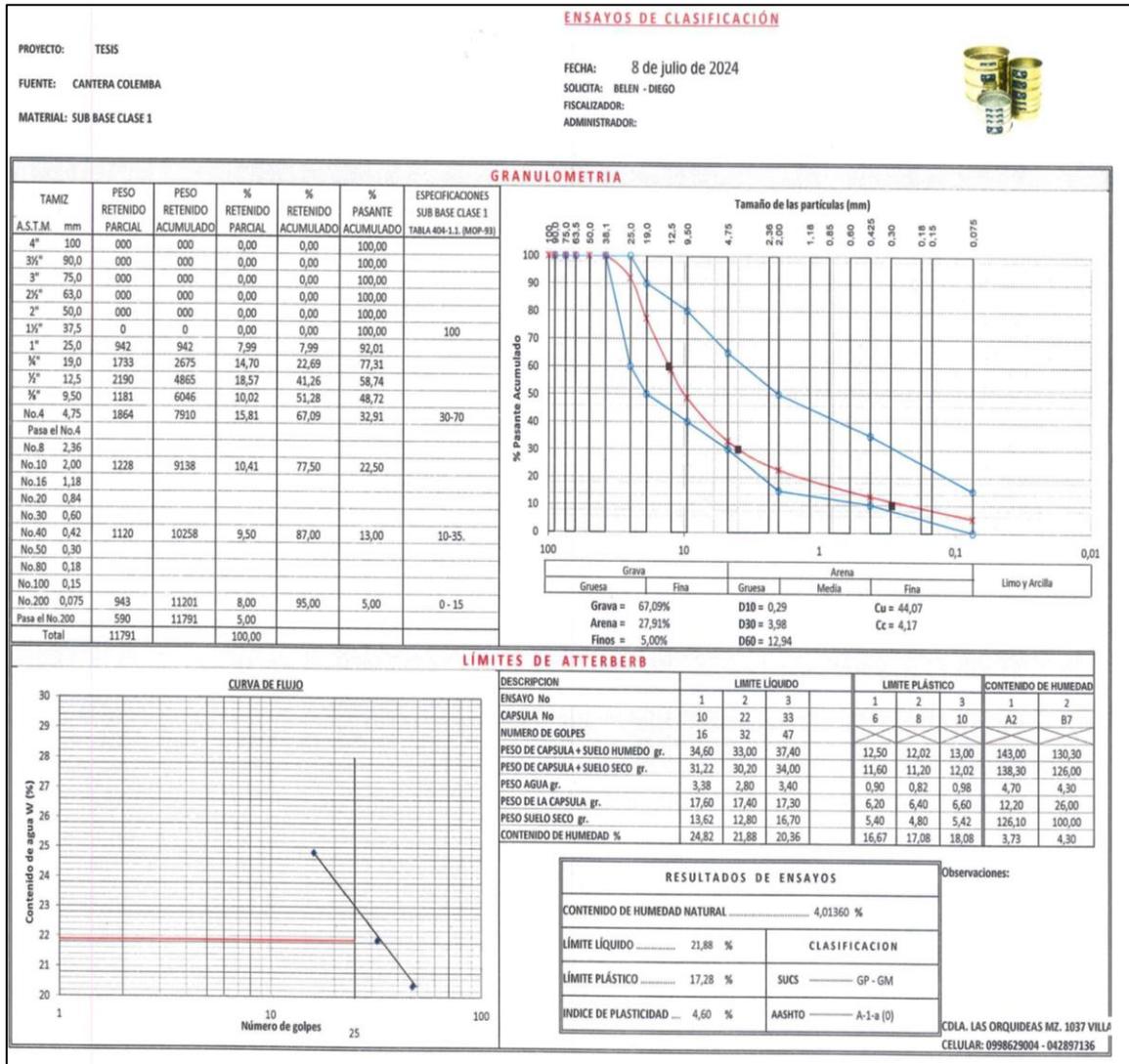
- Cilindro de Compactación: 6 pulgadas de diámetro.
- Martillo de Compactación: 10 libras.
- Áridos: 5000 gramos, con granulometría variada.

- Químico Shussler Novachem: 5% del peso total del material, aproximadamente 29 gramos.
- Agua:
 - 477 ml para la primera muestra.
 - 350 ml para la segunda muestra, ajustado para reducir la humedad.
- Probetas: para medir la cantidad de agua.
- Horno: para el secado de las muestras.
- Tamices: para el proceso de granulometría.
- Bandejas de Aluminio: para mezclar y calentar las muestras.
- Balanza: para pesar los materiales.
- Herramientas de Mezcla: palas y recipientes para la mezcla manual de los materiales.
- Máquina de Extracción de Muestras: para extraer las muestras después de la compactación.
- Recipientes de Reposo: para almacenar las muestras durante el periodo de reposo.
- Prensa de Hormigón: para verificar la calidad de las muestras.

4.2.3 Ensayos de laboratorio

4.2.3.1 Ensayo de Granulometría

Figura 18
Ensayo de granulometría

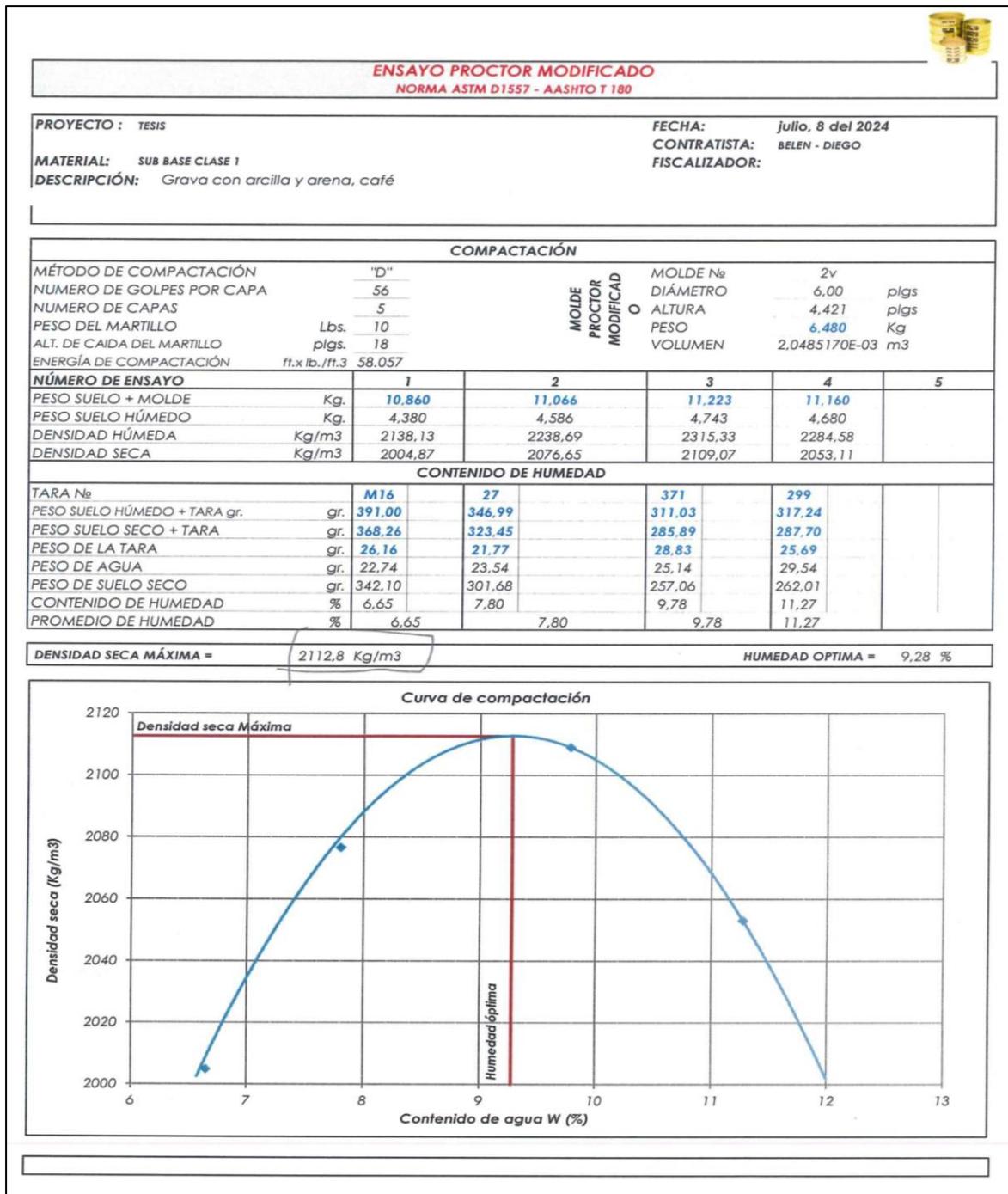


Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO A para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

4.2.3.2 Ensayo de Proctor modificado

Figura 19
Ensayo de Proctor modificado



Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO B para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

4.2.3.3 Ensayo Relación Soporte de California (CBR)

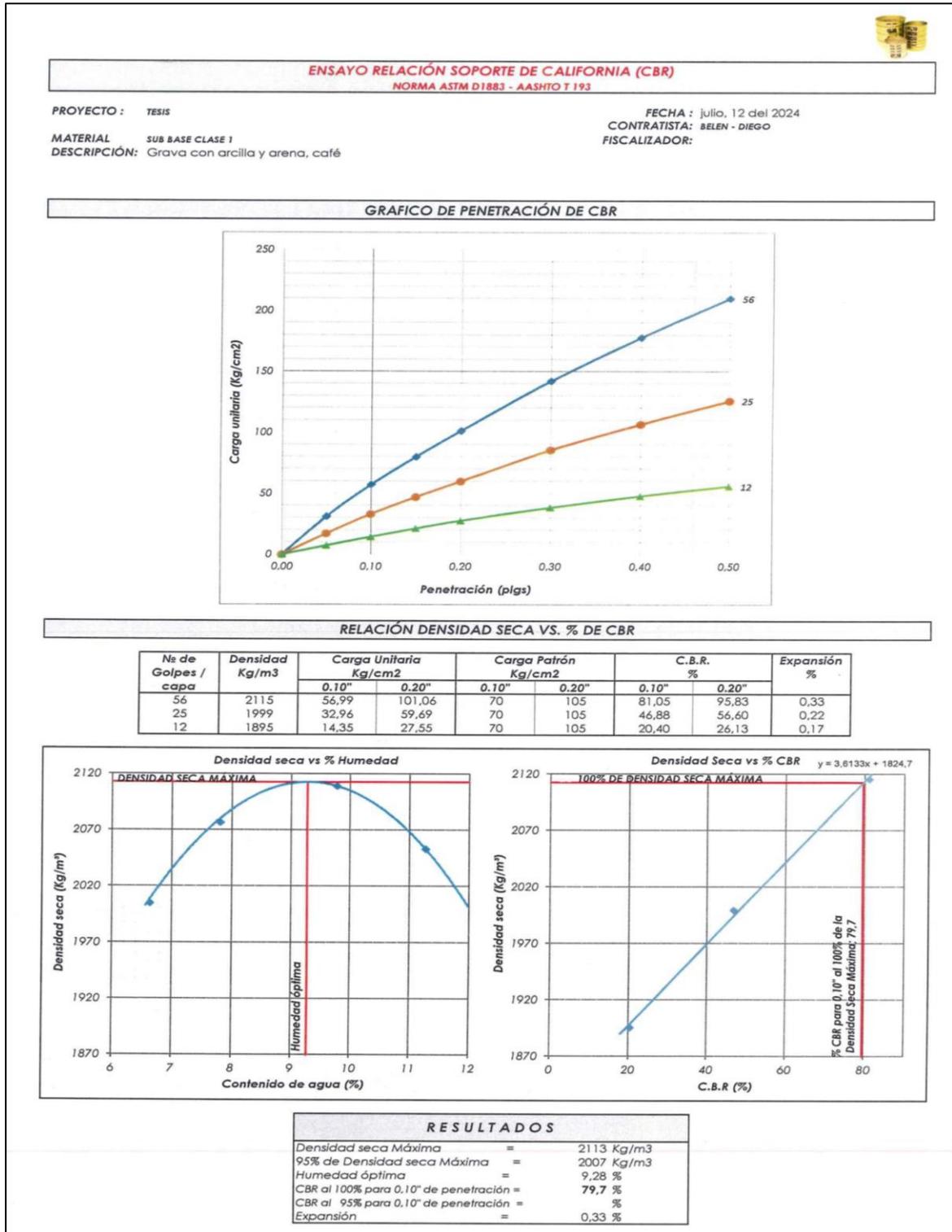
Figura 20
Ensayo Relación Soporte de California (CBR)

ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																	
NORMA ASTM D1883 - AASHTO T 193																	
PROYECTO : TESIS				FECHA : julio, 8 del 2024													
MATERIAL : SUB BASE CLASE 1				CONTRATISTA: BELEN - DIEGO													
DESCRIPCIÓN: Grava con arcilla y arena, café				FISCALIZADOR:													
Molde de C.B.R Diámetro = 6,00 plgs. = 0,1524 m Altura = 4,58 plgs. = 0,1164 m Volumen = ##### ft3 = 2,12331760E-03 m3							Martillo de compactación y número de capas Peso del martillo = 10 Lbs. = 4,5455 Kg. Altura caída martillo = 18 plgs. = 45,72 cm. Número de capas = 5										
PROBETAS DE ENSAYO CON DIFERENTES ENERGÍAS DE COMPACTACIÓN																	
No de Molde		23				14				13							
No de Golpes por capa		56				25				12							
Condición de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO					
Peso de molde + suelo húmedo (Kg)		13,278		13,346		12,737		12,851		12,492		12,727					
Peso de molde (Kg)		8,364		8,364		8,087		8,087		8,085		8,085					
Peso del suelo húmedo (Kg)		4,914		4,982		4,650		4,764		4,407		4,642					
Densidad húmeda (Kg/m3)		2314,30		2346,33		2189,97		2243,66		2075,53		2186,20					
Densidad seca (Kg/m3)		2115,26		2084,51		1999,24		1921,60		1895,46		1825,33					
Contenido de Humedad	Tara No	116	108	182	21	196	25	2A	29	268	207	16a	186				
	Peso de tara + suelo húmedo (gr)	317,14	369,26	226,58	190,71	229,24	292,71	204,72	231,47	265,67	290,48	270,40	258,10				
	Peso de tara + suelo seco (gr)	292,46	339,88	203,91	173,18	211,78	269,53	179,74	202,11	244,07	267,93	231,41	219,42				
	Peso de agua (gr)	24,68	29,38	22,67	17,53	17,46	23,18	24,98	29,36	21,60	22,55	38,99	38,68				
	Peso de tara (gr)	31,05	26,71	29,37	28,72	29,00	26,24	29,20	28,73	20,73	26,29	28,85	28,82				
	Peso de suelo seco (gr)	261,41	313,17	174,54	144,46	182,78	243,29	150,54	173,38	223,34	241,64	202,56	190,60				
	Contenido de humedad (%)	9,44	9,38	12,99	12,13	9,55	9,53	16,59	16,93	9,67	9,33	19,25	20,29				
	Promedio del cont. de humedad (%)	9,41		12,56		9,54		16,76		9,50		19,77					
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA																	
Peso del agua absorbida (Kg)		0,068				0,114				0,235							
Porcentaje del agua absorbida (%)		1,38				2,45				5,33							
EXPANSIÓN																	
Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Lectura del Dial				%	Lectura del Dial				%	Lectura del Dial				%
			plgs.	cm.	mm.			plgs.	cm.	mm.			plgs.	cm.	mm.		
julio, 8 del 2024	20:00	0	0,036	0,0914	0,914	0,00	0,012	0,0305	0,305	0,00	0,025	0,0635	0,635	0,00			
julio, 9 del 2024	20:00	24	0,047	0,1194	1,194	0,24	0,018	0,0457	0,457	0,13	0,030	0,0762	0,762	0,11			
julio, 10 del 2024	20:00	48	0,051	0,1295	1,295	0,33	0,022	0,0559	0,559	0,22	0,033	0,0838	0,838	0,17			
julio, 11 del 2024	20:00	72	0,054	0,1372	1,372	0,39	0,024	0,0610	0,610	0,26	0,034	0,0864	0,864	0,20			
ENSAYO DE PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN		Tiempo min.	Carga Patrón kg/cm2	MOLDE No 23				MOLDE No 14				MOLDE No 13					
plgs.	mm.			Dial 2-C10-200	Carga kg.	Esfuerzo kg/cm2	CBR Corregido %	Dial 2-C10-200	Carga kg.	Esfuerzo kg/cm2	CBR Corregido %	Dial 2-C10-200	Carga kg.	Esfuerzo kg/cm2	CBR Corregido %		
0,000	0,000	0	0	16	0,0		0	16	0,0		0	16	0,0				
0,050	1,270	1	189	598	30,9		102	330	17,1		40	139	7,2				
0,100	2,540	2	70,3	353	1103	57,0	81,1	202	638	33,0	46,9	85	278	14,3	20,4		
0,150	3,810	3		496	1543	79,7		289	906	46,8		128	410	21,2			
0,200	5,080	4	105,5	630	1956	101,1	95,8	370	1155	59,7	56,6	168	533	27,6	26,1		
0,300	7,620	6		887	2747	142,0		532	1654	85,5		235	740	38,2			
0,400	10,160	8		1112	3440	177,8		665	2064	106,6		295	924	47,8			
0,500	12,700	10		1313	4059	209,7		785	2433	125,7		345	1078	55,7			
Observaciones		DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2112,8 Kg/m3															
		HUMEDAD OPTIMA = 9,28 %															
Telefono: 0998629004																	

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO C para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Figura 21
Gráfico de penetración de CBR



Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO D para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

4.2.4 Ensayo de muestras

Se toma como referencia la Tabla de Resistencia del Hormigón de Cemento Portland en días de curado. Esta tabla es esencial para establecer los parámetros y criterios de resistencia del hormigón en diferentes periodos de tiempo.

Tabla 3

Resistencia del Hormigón de Cemento Portland en Días de Curado

Días	% de Resistencia	140 kg/cm ²	180 kg/cm ²	210 kg/cm ²	250 kg/cm ²	280 kg/cm ²	300 kg/cm ²	350 kg/cm ²
3	30%	42	54	63	75	84	90	105
7	38%	53	68	80	95	106	114	133
14	54%	76	97	113	135	151	162	189
21	64%	89	115	134	160	179	192	224
28	77%	108	140	163	195	218	231	270
3	81%	113	146	170	203	227	243	280
7	85%	119	153	178	213	238	255	294
14	89%	125	159	187	224	251	268	308
21	93%	130	165	195	233	262	279	322
28	100%	140	180	210	250	280	300	350
ADELAN	+ 100%	140	180	210	250	280	300	350

Fuente: Portland, (s.f)

- Relación agua/cemento: Aproximadamente 0.50
- Volumen de un saco de cemento (50 kg): 33.33 dm³
- Volumen de un cilindro de hormigón: 5560 cm³
- Peso específico promedio del cemento Portland: 3.150 kg/m³
- Peso unitario suelto aproximado del cemento: 1.500 kg/m³
- Dimensiones de las probetas: 15.24 cm de diámetro y 30.48 cm de altura
- Resistencia: dada en kgf/cm²
- Área de contacto aproximada: 182.41 cm²

En particular, en base a la tabla se consideran los días 7, 14, y 28 para la realización de ensayos en el laboratorio. Estos períodos son cruciales para evaluar la efectividad y el comportamiento del químico aplicado en la subbase, comparándolo con los materiales tradicionales. La elección de estos días se debe a que representan puntos clave en el desarrollo de la resistencia del hormigón, permitiendo así una

evaluación precisa y detallada del rendimiento del material bajo estudio en condiciones controladas de laboratorio.

Se procedió a la toma de las muestras para iniciar los ensayos granulométricos. El primer paso fue el tamizado del material para realizar la granulometría.

Figura 22
Preparación de muestras



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se calentaron las muestras para secar el material y separar las fracciones finas de las gruesas.

Figura 23
Secado de Muestras para Separar Fracciones Finas de Gruesas



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

En la figura 23 se puede observar el secado de muestras para poder separar los finos de las fracciones finas y gruesas con el objetivo de eliminar la humedad presente en el suelo y los resultados sean más precisos sin alterar las propiedades físicas ni químicas del material.

4.2.4.1 Prueba sin químico: muestra 1

Se preparó la muestra 1 sin químico, utilizando un cilindro de 6 pulgadas y aplicando 56 golpes por cada capa en un total de 5 capas, con 2 paladas por capa y un martillo de 10 libras. En donde, Se realizaron tres muestras para evaluar a los 7, 14, 21 y 28 días, respetando los días para observar la resistencia del material.

Figura 24
Preparación de prueba sin químico: muestra 1



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se utilizó un porcentaje de agua de 250 ml en probeta con 5000 g de áridos. Posteriormente, se usó una máquina para extraer la muestra y dejarla reposar durante los días propuestos.

Figura 25
Preparación de prueba sin químico: muestra 1



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

En base a las figuras 25 se observa la mezcla de las proporciones propuestas para una mejor adherencia del químico con los materiales tradicionales en conjunto con agua.

4.2.4.2 Prueba con químico: Muestra 1

La muestra con el químico Shussler Novachem siguió el mismo procedimiento que las muestras sin químico, evaluándose a los 7, 14 y 21 días.

Se utilizó un porcentaje de 5000 g de áridos, 5% (29 g) del material innovador y 477 ml de agua (se está evaluando el porcentaje óptimo de agua debido a la alta humedad y baja adherencia del material).

Figura 26
Mezcla de los materiales prueba con químico: muestra 1



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

De acuerdo con la figura 26 se muestra la mezcla de todos los materiales, tanto tradicionales como el químico NovoCrete en conjunto con agua.

Figura 27
Mezclas completas



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

En base a la figura 27 se presenta la mezcla completa para continuar con la briqueta de la presente muestra.

Figura 28
Extracción de la muestra



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se puede observar la extracción de la muestra de la prenda de hormigón después de los 56 golpes especificados.

Figura 29
Muestra terminada



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Durante los primeros 7 días de reposo, la muestra exhibe un alto nivel de humedad. Por lo tanto, se recomienda mantener los 350 ml de agua durante este período.

4.2.4.3 Prueba con químico: muestra 2

En la muestra 2, se conservan los mismos porcentajes utilizados en las muestras sin el químico, pero se reduce la cantidad de agua a 350 ml para disminuir la humedad y mejorar la adhesión del aditivo.

Figura 30
Nuevos porcentajes prueba con químico: muestra 2



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se observa la muestra con los nuevos porcentajes para tener un resultado óptimo.

Figura 31
Mezcla de materiales



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se puede observar que la mezcla y preparación muestran una mayor adherencia del aditivo propuesto en combinación con los materiales tradicionales.

Figura 32
Extracción de la muestra



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se realiza la extracción de la muestra, donde se evidencia una base más sólida, lo que indica una mejor compactación entre ambos materiales.

Figura 33
Muestra terminada



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Según la figura 33, se observa que la muestra permanece en reposo durante los 14 días de curado. En la segunda muestra, a lo largo de todo el proceso, se destaca una mejora notable con el aditivo en combinación con los materiales tradicionales, evidenciando la efectividad y compactación del químico Shussler Novachem.

4.2.4.4 Prueba con químico: muestra 3

La muestra 3 empleó los mismos porcentajes que la muestra 2 para lograr una mejor adherencia del material propuesto.

Figura 34
Mezcla de los materiales prueba con químico: muestra 3



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se observa la muestra preparada con los porcentajes ajustados buscando la adherencia del químico para una mejor compactación.

Figura 35
Mezcla



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se observa el proceso de mezcla del químico Schussler Novachem con un porcentaje de agua de 350 ml.

Figura 36
Extracción de la muestra



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

La mezcla se extrae y se deja reposar durante los próximos 24 días para su curado. Las tres pruebas de granulometría realizadas han demostrado la adherencia del material innovador junto con los materiales tradicionales.

4.2.4.5 Comparación de diferentes porcentajes del NovoCrete

Para evaluar cómo el aditivo NovoCrete mejora la resistencia de las briquetas de material natural, se realizó una serie de pruebas utilizando diferentes porcentajes de este material innovador. Estas pruebas se llevaron a cabo en distintos intervalos de tiempo (7, 14 y 28 días) y se compararon con muestras que no contenían el químico. A continuación, presentamos los resultados de cada porcentaje de NovoCrete y analizamos su desempeño en términos de resistencia a la compresión y comportamiento frente a fisuras y rupturas.

4.2.4.6 Prueba sin químico: muestra 1 (7 días).

Después de los primeros 7 días de espera, se realizó la ruptura del primer cilindro natural y del cilindro con el 6% de NovoCrete. Se observaron dos briquetas: una de material natural y otra con el material innovador.

Figura 37

Briqueta natural y briqueta con químico



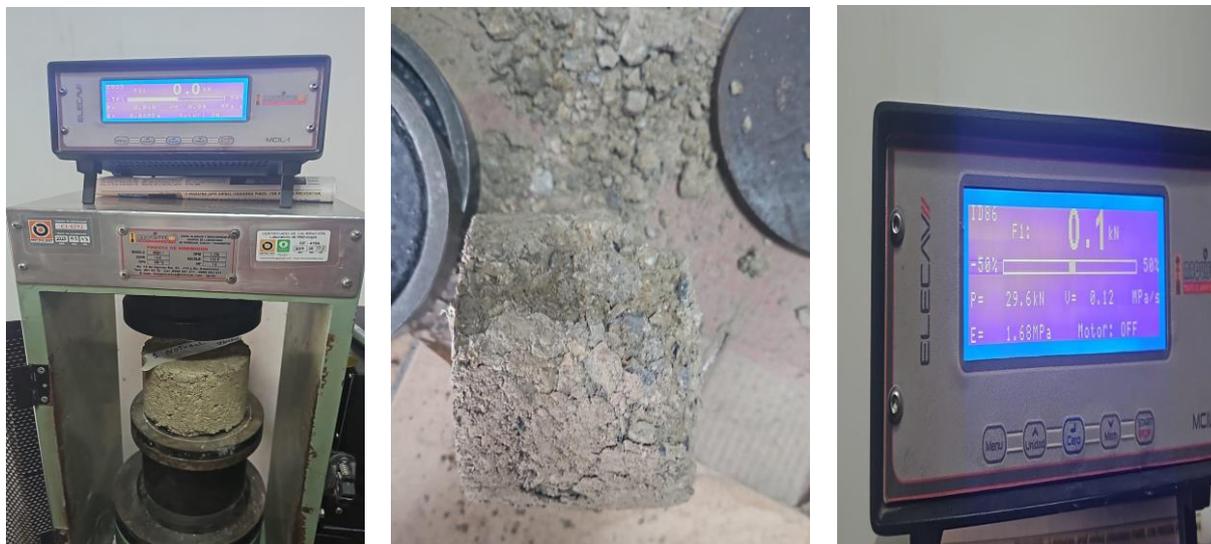
Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

La figura 37 se muestra la briqueta natural y la briqueta con un 6% de NovoCrete.

Muestra 1. Sin el químico en prensa de hormigón (7 días)

Figura 38

Proceso de obtención de datos de muestra natural



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

La primera muestra natural se sometió a una prensa de hormigón, mostrando fisuras y rupturas con una resistencia de 29.6 kN (kilonewtons).

4.2.4.7 Prueba con químico: muestra 1, 6% NovoCrete (7 días)

La briqueta con 6% de material innovador se colocó en la prensa de hormigón, soportando una carga de 79.3 kN. Al comparar ambas muestras (con y sin material innovador) tras los primeros 7 días de curado, se observó una notable diferencia en fisuras y rupturas. La briqueta sin material innovador tenía un color gris y presentaba más fisuras, mientras que la briqueta con material innovador tenía un color blanquecino y menos fisuras.

Muestra 1. 6% NovoCrete (7 días)

Figura 39

Proceso de obtención de datos del 6% NovoCrete



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se puede observar que la muestra natural presenta rupturas significativas, mientras que la muestra con un 6% de químico se mantiene en buen estado.

4.2.4.8 Prueba con químico: muestra 1, 1% NovoCrete (7 días)

Se llevaron a cabo pruebas utilizando diversos porcentajes del material innovador. La muestra con un 1% de NovoCrete, después de 7 días de curado, resistió una carga de 47.6 kN sin mostrar grietas, cumpliendo con las normativas establecidas. Este resultado demuestra que incluso con una baja concentración de NovoCrete, el material puede mantener una resistencia estructural adecuada y cumplir con los requisitos reglamentarios. La capacidad de la muestra para soportar esta carga sin deteriorarse resalta la efectividad del NovoCrete en mejorar la resistencia y durabilidad de los materiales, incluso a concentraciones relativamente bajas, lo cual es relevante para aplicaciones donde se requieren estándares de calidad y resistencia específicos.

Muestra 1. 1% del NovoCrete (7 días)

Figura 40

Proceso de obtención de datos del 1% NovoCrete



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Según la figura 40, se observa la prensa de hormigón junto con la muestra, así como la briqueta con un 1% de NovoCrete durante los primeros 7 días de curado.

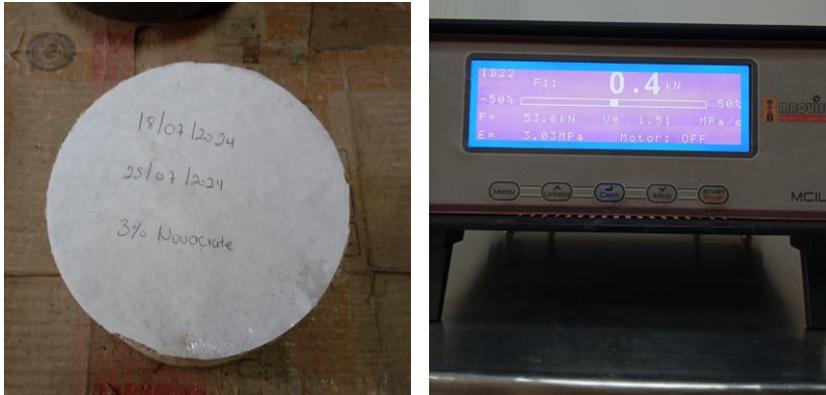
4.2.4.9 Prueba con químico: muestra 1, 3% NovoCrete (7 días)

La muestra con un 3% de NovoCrete, tras 7 días de curado, soportó una carga de 53.6 kN. En comparación con la muestra que contenía un 1% de NovoCrete, esta muestra mostró una mayor capacidad para resistir cargas pesadas, como las generadas por vehículos de gran tamaño. Este aumento en la resistencia sugiere que una mayor concentración de NovoCrete mejora significativamente la capacidad del material para soportar cargas más intensas. La diferencia en el rendimiento entre los dos porcentajes indica que la adición de NovoCrete no solo refuerza la estructura, sino que también proporciona una solución más robusta para aplicaciones que requieren una mayor resistencia a la carga, beneficiando así la durabilidad y estabilidad en condiciones de tráfico pesado

Muestra 1. 3% del NovoCrete (7 días)

Figura 41

Proceso de obtención de datos del 3%



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se puede observar la briqueta con el 3% del NovoCrete dentro de los primeros 7 días de curado de igual manera la prenda de hormigón con dicha briqueta. Cabe recalcar, que la diferencia en el rendimiento entre los dos porcentajes indica que la adición de NovoCrete no solo refuerza la estructura, sino que también proporciona una solución más robusta para aplicaciones que requieren una mayor resistencia a la carga, beneficiando así la durabilidad y estabilidad en condiciones de tráfico pesado.

4.2.4.10 Prueba sin químico: muestra 2 (14 días)

La segunda muestra de material natural, tras 14 días de curado, presentó fisuras y grietas notables, logrando soportar una carga de apenas 34.0 kN. Este resultado indica una resistencia limitada y una posible necesidad de refuerzo adicional para mejorar su durabilidad bajo condiciones de carga.

Muestra 2. Sin el químico (14 días)

Figura 42

Proceso de obtención de datos de muestra natural



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Según la figura 42, la muestra natural, tras 14 días de curado, fue sometida a una prueba con una prensa de hormigón, mostrando signos de ruptura y agrietamiento. La muestra no pudo soportar grandes cargas, lo que refleja su incapacidad para resistir el peso de vehículos de carga pesada.

Este desempeño indica que, sin la adición de mejoradores como el NovoCrete, el material natural tiene limitaciones significativas en términos de resistencia y durabilidad bajo condiciones de carga intensiva. La falta de capacidad para mantener su integridad estructural bajo pruebas de carga sugiere la necesidad de soluciones adicionales para mejorar la capacidad de carga y la estabilidad de los materiales utilizados en subbases para soportar el tráfico pesado.

4.2.4.11 Prueba con químico: muestra 2, 6% NovoCrete (14 días)

Figura 43

Proceso de obtención de datos del 6 % de 14 días



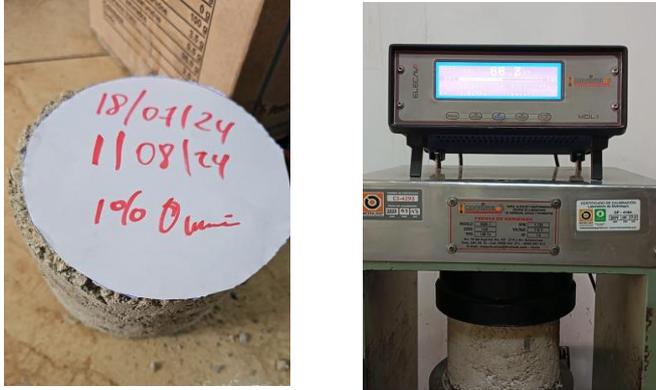
Elaborado por: Alcoser & Minaya,

La muestra que contenía un 6% de NovoCrete, luego de 14 días de curado, soportó una carga de 67.3 kN sin presentar grietas ni deformaciones. Este resultado evidencia la notable eficacia del material innovador para su uso en subbases, demostrando no solo su capacidad para mantener una integridad estructural óptima, sino también su resistencia a cargas significativas. La estabilidad observada en la muestra sugiere que NovoCrete contribuye de manera efectiva a la durabilidad y el rendimiento de las subbases, lo que lo convierte en una opción prometedora para aplicaciones en ingeniería civil que requieren alta resistencia y longevidad.

4.2.4.12 Prueba con químico: muestra 2, 1% NovoCrete (14 días)

Figura 44

Proceso de obtención de datos del 1% en 14 días



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Según la figura 44, se analiza el estado de la muestra después de 14 días de curado con un 1% de aditivo. En esta imagen, se puede apreciar una compactación uniforme sin la presencia de fisuras, lo que sugiere una mejor cohesión y resistencia del material comparado con muestras sin el aditivo. Esto destaca la efectividad del aditivo en mejorar la integridad estructural del material durante el proceso de curado.

4.2.4.13 Prueba con químico: muestra 2, 3% NovoCrete (14 días)

Figura 45

Proceso de obtención de datos del 3% en 14 días



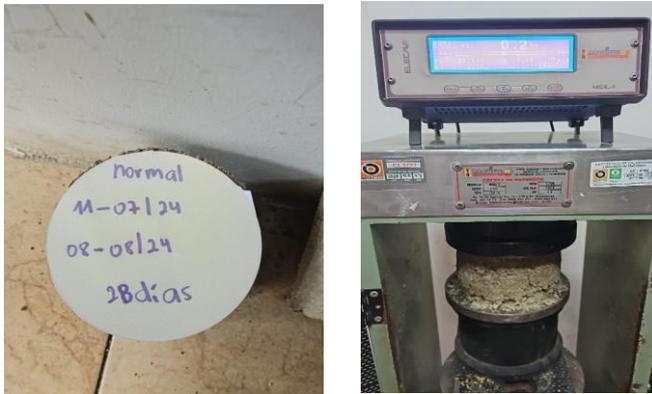
Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Con el 3% del químico en los 14 días de se aprecia pequeñas fisuras en la parte inferior sin embargo en el centro de la briqueta presenta adherencia del NovoCrete siendo capaz de soportar grandes cargas.

4.2.4.14 Prueba sin químico: muestra 3, (28 días)

Figura 46

Proceso de obtención de muestra natural en 28 días.



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Después de los 28 días de curado de acuerdo con la normativa se procede a la ruptura de la briqueta natural en la cual se puede evidenciar signos de falla y desintegración del material lo que implica que se desmoronó ante la presión dada con la prenda de hormigón.

4.2.4.15 Prueba con químico: muestra 3, 6% NovoCrete (28 días)

Figura 47

Proceso de obtención del 6% del químico en 28 días



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Según la figura 47, las muestras analizadas después de 28 días de reposo muestran una mayor solidez y menos desintegración en comparación con las muestras anteriores. Esto indica que el material ha logrado una mayor resistencia tras el período de curado con el químico, soportando una fuerza de 71.0 kN. La menor

desintegración observada en las muestras sugiere que el químico contribuye a mejorar la durabilidad del material, reduciendo el deterioro y aumentando su resistencia general.

4.2.4.16 Prueba con químico: muestra 3, 1% NovoCrete (28 días)

Figura 48

Proceso de obtención del 1% del químico en 28 días



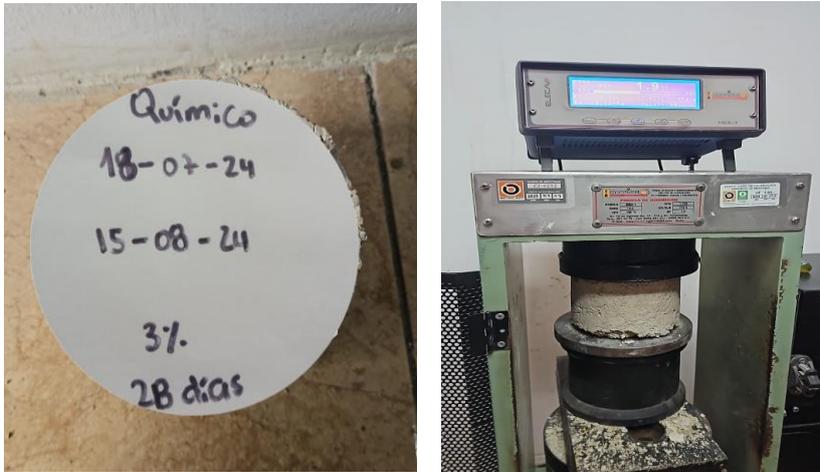
Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

La muestra con el 1% del químico, tras 28 días, muestra algunas fracturas y desmoronamiento, aunque menos pronunciadas que las observadas en la primera imagen. La estructura aún se mantiene relativamente estable, con fracturas menos extensas y severas en comparación con las de la muestra con mayor concentración del químico. Esto indica que una concentración del 1% tiene un efecto menor sobre la integridad estructural en comparación con concentraciones más altas.

4.2.4.17 Prueba con químico: muestra 3, 3% NovoCrete (28 días)

Figura 49

Proceso de obtención del 3% del químico en 28 días



Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Se evaluó la muestra con un 3% de NovoCrete, y aunque se observaron fisuras en la parte inferior del bloque durante la prueba con una prensa de hormigón, la muestra mantiene su firmeza en el centro. Las fisuras en la base sugieren una cierta debilidad estructural en esa área específica, pero la estabilidad en el centro indica que el material sigue ofreciendo un soporte sólido. Este comportamiento señala que, a pesar de las fisuras, el NovoCrete proporciona una mejora notable en la resistencia del material, con la capacidad de mantener su integridad en áreas críticas bajo presión. La presencia de fisuras podría indicar la necesidad de ajustes en la formulación o el proceso de curado para optimizar la distribución de la carga y minimizar los puntos de debilidad.

4.2.4.18 Análisis de comparación de diferentes porcentajes del NovoCrete

Según los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio a los 7, 14 y 28 días de curado, se presenta la siguiente información que se puede observar en la tabla 4.2 y se concluye lo siguiente:

Tabla 4

Análisis de comparación de diferentes porcentajes de NovoCrete

días/%	1%	3%	6%
7 días	47.6 kN	53.6 kN	79.3 kN
14 días	47.8 kN	63.3 kN	67.3 kN
28 días	64.0 kN	68.8 kN	71.0 kN

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

De acuerdo con la tabla 4 se observa kilo newton en la cuales fueron el resultado de las muestras entre los 28 días estimados de acuerdo con la normativa y los diferentes porcentajes del químico Novocrete.

Incremento de Resistencia con Mayor Porcentaje de NovoCrete: Los resultados indican que el uso de NovoCrete en porcentajes del 3% y 6% contribuye a un incremento significativo en la resistencia del hormigón a corto plazo, especialmente a los 7 y 14 días.

Optimización del Contenido de NovoCrete A pesar de la ventaja en resistencia que proporciona el 6% de NovoCrete, la diferencia entre 3% y 6% se reduce a los 28 días, sugiriendo que un porcentaje del 3% podría ser suficiente para muchas aplicaciones prácticas, optimizando costos sin comprometer la resistencia final.

Comparación con Referencias de Hormigón Portland: Los valores obtenidos podrían compararse con los estándares de resistencia para hormigón convencional a los mismos días de curado, lo que permitiría determinar la eficiencia del NovoCrete en mejorar la resistencia respecto a métodos tradicionales.

4.3 Informe de Ensayos de Compresión UCS

4.3.1 Pruebas UCS sin químico

Figura 50
Prueba de Densidad Máxima y Humedad Óptima sin químico (7,14 y 28 días)

DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



Proyecto: TESIS
Solicita: BELEN - DIEGO
Tutor:
Material: SUB BASE CLASE 1
Solicita: 12 de julio del 2024
 PRUEBAS UCS 7 Y 28 DIAS

Suelo 5000g NORMAL

COMPACTACIÓN					
METODO DE COMPACTACION	"D"	MOLDE PROCTOR MODIFICAD	MOLDE No	3v	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56		DIAMETRO	6,00	plgs
NUMERO DE CAPAS	5		ALTURA	4,54	plgs
PESO DEL MARTILLO	Lbs. 10		PESO	5208	Kg
ALT. DE CAIDA DEL MARTILLO	plgs. 18		VOLUMEN	2,079	m3
ENERGIA DE COMPACTACION	ft.x lb./ft.3 56.595				

	7	14	28	4	5
Peso del Material + Molde	9946	9987	9962		
Peso del Molde No.	5208	5208	5208		
Peso del Material	4738	4779	4754		
Densidad Humedad	2,279	2,299	2,287		

Peso muestra húmeda + recpte.					
Peso de muestra seca + recpte.					
Peso recipiente					
Peso muestra seca					
Peso del agua					
% de Humedad					
Contenido de Agua Promedio					
Densidad seca					

Maxima Densidad:
Humedad Optima:

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO E para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Figura 51

Informe de ensayo de compresión UCS sin químico (7,14 y 28 días)

INFORME DE ENSAYOS COMPRESION UCS										
ASTM C - 39										
Proyecto:		<i>TESIS</i>								
Solicita:		<i>BELEN - DIEGO</i>								
Material:		<i>SUB BASE CLASE 1</i>								
Fiscalizador:										
										
Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Dias)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Mpa)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
<i>8 de agosto del 2024</i>										
1	11/07/2024	18/07/2024	7	150,0	150,0	150,0	29,6	1,68	37%	<i>Sub Base Clase 1</i>
2	11/07/2024	25/07/2024	14	150,0	150,0	150,0	34,0	1,93	43%	<i>M # 1 - MATERIAL NORMAL</i>
3	11/07/2024	08/08/2024	28	150,0	150,0	150,0	29,6	1,68		<i>M # 1 - MATERIAL NORMAL</i>

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO F para validación de firmas del laboratorio.
 Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

4.3.2 Pruebas UCS con 1% NovoCrete (7,14, y 28 días)

Figura 52

Informe de ensayo de compresión UCS sin químico (7,14 y 28 días)

DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



Proyecto: TESIS
Solicita: BELEN - DIEGO
Tutor:
Material: SUB BASE CLASE 1
Solicita: 18 de julio del 2024
 PRUEBAS UCS 7 Y 28 DIAS

Suelo 5000g 22 kg/m3 1% Novocrete + 2 % Cemento M#1

COMPACTACIÓN				
METODO DE COMPACTACION	"D"	MOLDE PROCTOR MODIFICAD	MOLDE No	3v
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56		DIAMETRO	6,00 plgs
NUMERO DE CAPAS	5		ALTURA	4,54 plgs
PESO DEL MARTILLO	Lbs. 10		PESO	5208 Kg
ALT. DE CAIDA DEL MARTILLO	plgs. 18		VOLUMEN	2,079 m3
ENERGIA DE COMPACTACION	ft.x lb./ft.3 56.595			

	1	2	3	4	5
Peso del Material + Molde	9696	9717	9748		
Peso del Molde No.	5208	5208	5208		
Peso del Material	4488	4509	4540		
Densidad Humedad	2,159	2,169	2,184		

Peso muestra húmeda + recpte.					
Peso de muestra seca + recpte.					
Peso recipiente					
Peso muestra seca					
Peso del agua					
% de Humedad					
Contenido de Agua Promedio					
Densidad seca					

Maxima Densidad:
Humedad Optima:

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO G para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Figura 53

Informe de ensayo de compresión UCS 7,14 y 28 días)

INFORME DE ENSAYOS COMPRESION UCS ASTM C - 39										
Proyecto:		TESIS								
Solicita:		BELEN - DIEGO								
Material:		SUB BASE CLASE 1								
										
Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Dias)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Mpa)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
<i>15 de agosto del 2024</i>										
1	18/07/2024	25/07/2024	7	150,0	150,0	150,0	47,8	2,71	60%	M # 1 - 22 KG/M3 -- 1% NOVOCRETE
2	18/07/2024	01/08/2024	14	150,0	150,0	150,0		0,00	85%	M # 1 - 22 KG/M3 -- 1% NOVOCRETE
3	18/07/2024	15/08/2024	28	150,0	150,0	150,0		0,00	72%	M # 1 - 22 KG/M3 -- 1% NOVOCRETE

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO H para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

4.3.3 Pruebas UCS con 3% NovoCrete (7,14, y 28 días)

Figura 54
Prueba de Densidad Máxima y Humedad Óptima con 3% NovoCrete (7,14,28 y 28 días)

DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



Proyecto: TESIS
Solicita: BELEN - DIEGO
Tutor:
Material: SUB BASE CLASE 1
Solicita: 18 de julio del 2024
 PRUEBAS UCS 7 Y 28 DIAS

Suelo 5000g 65 kg/m3 3 % Novocrete + 2% Cemento M#2

COMPACTACIÓN				
METODO DE COMPACTACION	"D"	MOLDE PROCTOR MODIFICAD	MOLDE No	3v
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56		DIAMETRO	6,00 plgs
NUMERO DE CAPAS	5		ALTURA	4,54 plgs
PESO DEL MARTILLO	Lbs. 10		PESO	5208 Kg
ALT. DE CAIDA DEL MARTILLO	plgs. 18		VOLUMEN	2,079 m3
ENERGIA DE COMPACTACION	ft.x lb./ft.3 56.595			

	1	2	3	4	5
Peso del Material + Molde	9896	9990	9955		
Peso del Molde No.	5208	5208	5208		
Peso del Material	4688	4782	4747		
Densidad Humedad	2,255	2,300	2,283		

Peso muestra húmeda + recpte.					
Peso de muestra seca + recpte.					
Peso recipiente					
Peso muestra seca					
Peso del agua					
% de Humedad					
Contenido de Agua Promedio					
Densidad seca					

Maxima Densidad:
Humedad Optima:

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO I para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Figura 55

Informe de ensayo de compresión UCS con 3% NovoCrete (7,14 y 28 días)

INFORME DE ENSAYOS COMPRESION UCS ASTM C - 39										
Proyecto:		TESIS								
Solicita:		BELEN - DIEGO								
Material:		SUB BASE CLASE 1								
Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Dias)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Mpa)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
<i>15 de agosto del 2024</i>										
1	18/07/2024	25/07/2024	7	150,0	150,0	150,0	53,6	3,04	68%	M # 2 - 65 KG/M3 -- 3 % NOVOCRETE
2	18/07/2024	01/08/2024	14	150,0	150,0	150,0		0,00	85%	M # 2 - 65 KG/M3 -- 3 % NOVOCRETE
3	18/07/2024	15/08/2024	28	150,0	150,0	150,0		0,00	72%	M # 2 - 65 KG/M3 -- 3 % NOVOCRETE

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO J para validación de firmas del laboratorio

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

4.3.4 Pruebas UCS con 6% NovoCrete (7,14, y 28 días)

Figura 56
Prueba de Densidad Máxima y Humedad Óptima con 6% NovoCrete (7,14, y 28 días)

DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA



Proyecto: TESIS
Solicita: BELEN - DIEGO
Tutor:
Material: SUB BASE CLASE 1
Solicita: 12 de julio del 2024
 PRUEBAS UCS 7 Y 28 DIAS
 Suelo 5000g 130 kg/m3 6 % Novocrete + 2% Cemento M#3

COMPACTACION				
METODO DE COMPACTACION	"D"	MOLDE PROCTOR MODIFICAD	MOLDE No	3v
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56		DIAMETRO	6,00 plgs
NUMERO DE CAPAS	5		ALTURA	4,54 plgs
PESO DEL MARTILLO	Lbs. 10		PESO	5208 Kg
ALT. DE CAIDA DEL MARTILLO	plgs. 18		VOLUMEN	2,079 m3
ENERGIA DE COMPACTACION	ft.x lb./ft.3 56.595			

	1	2	3	4	5
Peso del Material + Molde	10027	10067	10068		
Peso del Molde No.	5208	5208	5208		
Peso del Material	4819	4859	4860		
Densidad Húmedad	2,318	2,337	2,338		
Peso muestra húmeda + recpte.					
Peso de muestra seca + recpte.					
Peso recipiente					
Peso muestra seca					
Peso del agua					
% de Húmedad					
Contenido de Agua Promedio					
Densidad seca					

Maxima Densidad:
Humedad Optima:

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO K para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

Figura 57

Informe de ensayo de compresión UCS con 6% NovoCrete (7,14 y 28 días)

INFORME DE ENSAYOS COMPRESION UCS										
ASTM C - 39										
Proyecto:		<i>TESIS</i>								
Solicita:		<i>BELEN - DIEGO</i>								
Material:		<i>SUB BASE CLASE 1</i>								
										
Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Dias)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Mpa)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
<i>8 de agosto del 2024</i>										
1	11/07/2024	18/07/2024	7	150,0	150,0	150,0	56,8	3,22	72%	<i>DISEÑO</i> <i>M # 3 - 130 KG/M3 -- 6 % NOVOCRETE</i>
2	11/07/2024	25/07/2024	14	150,0	150,0	150,0	67,3	3,81	85%	<i>M # 3 - 130 KG/M3 -- 6 % NOVOCRETE</i>
3	11/07/2024	08/08/2024	28	150,0	150,0	150,0			72%	<i>M # 3 - 130 KG/M3 -- 6 % NOVOCRETE</i>

Nota: "Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas" Ver ANEXO L para validación de firmas del laboratorio.

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

4.4 Presupuesto

El presente trabajo de titulación se enfoca en explorar una solución innovadora para aumentar la calidad y durabilidad de las carreteras secundarias mediante el uso del químico Shussler Novachem, conocido por sus propiedades estabilizadoras del suelo. El objetivo es evaluar tanto la viabilidad técnica como económica de su implementación en proyectos de infraestructura vial.

Para lograr esto, es fundamental realizar un Análisis de Precios Unitarios Tradicional (APU TRAD) y consultar las Órdenes de Precios de Insumos (OPIS). El APU TRAD permitirá descomponer y calcular detalladamente los costos de cada actividad necesaria para aplicar el químico en las carreteras. Los OPIS, por su parte, proporcionarán precios actualizados de los materiales, mano de obra y equipos, lo que permitirá tener una visión precisa y realista de los costos asociados. Por los cuales se han planteado los siguientes objetivos:

- **Establecer Costos Unitarios:** Determinar con precisión el costo de cada componente del proyecto, incluyendo materiales, mano de obra y equipos, para obtener una estimación clara del presupuesto necesario.
- **Analizar la Viabilidad Económica:** Asegurar que el proyecto sea económicamente viable, elaborando un presupuesto detallado que incluya todos los costos directos e indirectos.
- **Actualizar Precios:** Emplear los OPIS para obtener precios actualizados y precisos de los insumos necesarios, garantizando que el análisis refleje la situación real del mercado.
- **Comparar Alternativas:** Evaluar los costos y beneficios de utilizar el químico Shussler Novachem en comparación con los métodos tradicionales de mejoramiento de vías, para tomar decisiones fundamentadas.

4.4.1 Análisis de Precios Unitarios subbase clase 1 sin aditivo NovoCrete

Figura 58

Análisis de Precios Unitarios Tradicional subbase clase 1 sin aditivo NovoCrete

OBRA:		TESIS				
RUBRO :	Sub base clase 1 (inc. transporte, tendido y compactacion)				UNIDAD :	m3
DETALLE :	5,00					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA/HORA B	COSTO HORA C = A*B	REND. R	COSTO D = C*R	
Herramienta menor (5%)	-	-	-	-	0,023	
Motoniveladora	1,000	45,000	45,000	0,012	0,531	
Rodillo liso vibratorio	1,000	38,000	38,000	0,012	0,449	
Volqueta	1,000	30,000	30,000	0,012	0,354	
Tanquero	1,000	35,000	35,000	0,012	0,413	
Equipo topografico	1,000	2,500	2,500	0,012	0,030	
SUBTOTAL M					1,801	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA/HORA B	COSTO HORA C = A*B	REND. R	COSTO D = C*R	
Peón (Estr. Oc. E2)	2,000	4,140	8,280	0,012	0,098	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. C)	0,200	4,650	0,930	0,012	0,011	
Operador motoniveladora	1,000	4,650	4,650	0,012	0,055	
Operador rodillo auto propulsado	1,000	4,420	4,420	0,012	0,052	
Chofer volqueta (Estr. Oc. C1)	1,000	6,080	6,080	0,012	0,072	
Chofer tanquero (Estr. Oc. C1)	1,000	6,080	6,080	0,012	0,072	
Topografo	1,000	4,650	4,650	0,012	0,055	
Cadenero	1,000	4,190	4,190	0,012	0,049	
SUBTOTAL N					0,464	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	COSTO UNI B	COSTO D = A*B		
Sub base clase I	m3	1,120	11,440	12,813		
Agua	m3	0,300	1,000	0,300		
SUBTOTAL O					13,113	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	COSTO UNI B	COSTO D = A*B		
SUBTOTAL P					0,000	
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					15,377	
INDIRECTOS Y UTILIDADES %				20%	3,075	
OTROS INDIRECTOS %						
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18,45	
VALOR OFERTADO					18,45	

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

La figura 58 muestra un análisis de costos para la ejecución de una subbase clase 1, que incluye tendido y compactación, sin el uso del aditivo NovoCrete. Los costos se desglosan en equipos, mano de obra, materiales, y transporte, con un total de costos directos de 15.37 USD por m3.

- Equipos: Incluyen motoniveladora, rodillo liso vibratorio, volqueta, y equipo topográfico, con un costo total de 1.80 USD por m3.
- Mano de obra: Incluye peones, maestros de obra, operadores, choferes, topógrafo, y cadenero, con un costo total de 0.46 USD por m3.
- Materiales: Principalmente la subbase clase I y agua, con un costo total de 13.11 USD por m3.

El costo total del rubro, incluyendo indirectos y utilidades (20%), asciende a 18.45 USD, con un valor ofertado de 18.44 USD por m3.

Figura 59

Presupuesto y Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios Tradicional subbase clase 1 sin aditivo NovoCrete

FORMULARIO No. 1.5					
TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
TRADICIONAL					
No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1,00	Limpieza y desbroce (inc. desalojo)	m2	600,00	\$ 0,38	\$ 228,00
2,00	Trazado y replanteo para vías	m2	900,00	\$ 0,62	\$ 558,00
3,00	Excavacion a maquina en suelo sin clasificar (inc. desalojo)	m3	120,00	\$ 4,13	\$ 495,60
4,00	Mejoramiento con material de prestamo importado (inc. tendida, conformacion y com	m3	1800,00	\$ 14,38	\$ 25.884,00
6,00	Sub base clase 1 (inc. transporte, tendido y compactacion)	m3	1800,00	\$ 18,45	\$ 33.210,00
7,00	Mantenimiento sub base clase 1 (inc. excavacion, tendida, conformacion y compacta	m3	1800,00	\$ 18,88	\$ 33.984,00
TOTAL					\$ 94.359,60

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

El presupuesto total para las actividades tradicionales de construcción y mantenimiento de una subbase clase 1 asciende a \$94,359.60. Los rubros de mayor impacto son el mejoramiento con material de préstamo importado y la construcción y

mantenimiento de la subbase clase 1, que en conjunto representan casi el 85% del costo total. Estos rubros son cruciales para garantizar la calidad y durabilidad del proyecto, justificando sus altos costos.

La conclusión principal es que, mientras que las actividades preliminares como la limpieza, el trazado, y la excavación representan un porcentaje relativamente pequeño del presupuesto, el grueso del costo está en los materiales y en los procesos intensivos de mano de obra para la subbase. Esto resalta la importancia de una planificación adecuada y un uso eficiente de los recursos en estas etapas clave para optimizar los costos y asegurar la viabilidad económica del proyecto.

4.4.2 Análisis de Precio Unitario subbase clase 1 Mantenimiento con aditivo NovoCrete

Figura 60

Análisis de Precio Unitario subbase clase 1 Mantenimiento con aditivo NovoCrete

OBRA: TESIS RUBRO : Mantenimiento sub base clase 1 (inc. excavacion, tendida, conformacion y compactacion) UNIDAD : m3 DETALLE : 7,00					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA/HORA B	COSTO HORA C = A*B	REND. R	COSTO D = C*R
Herramienta menor (5%)	-	-	-	-	0,026
Motoniveladora	1,000	45,000	45,000	0,012	0,531
Rodillo liso vibratorio	1,000	38,000	38,000	0,012	0,449
Volqueta	1,000	30,000	30,000	0,012	0,354
Tanquero	1,000	35,000	35,000	0,012	0,413
Equipo topografico	1,000	2,500	2,500	0,012	0,030
Retroexcavadora	1,000	25,000	25,000	0,012	0,295
SUBTOTAL M					2,099
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA/HORA B	COSTO HORA C = A*B	REND. R	COSTO D = C*R
Peón (Estr. Oc. E2)	2,000	4,140	8,280	0,012	0,098
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	0,200	4,650	0,930	0,012	0,011
Operador motoniveladora	1,000	4,650	4,650	0,012	0,055
Operador rodillo auto propulsado	1,000	4,420	4,420	0,012	0,052
Chofer volqueta (Estr. Oc. C1)	1,000	6,080	6,080	0,012	0,072
Chofer tanquero (Estr. Oc. C1)	1,000	6,080	6,080	0,012	0,072
Topografo	1,000	4,650	4,650	0,012	0,055
Cadenero	1,000	4,190	4,190	0,012	0,049
Operador retroexcavadora	1,000	4,650	4,650	0,012	0,055
SUBTOTAL N					0,519
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	COSTO UNI B	COSTO D = A*B	
Sub base clase I	m3	1,120	11,440	12,813	
Agua	m3	0,300	1,000	0,300	
SUBTOTAL O				13,113	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	COSTO UNI B	COSTO D = A*B	
SUBTOTAL P				0,000	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				15,730
	INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20%				3,146
	OTROS INDIRECTOS %				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				18,88
	VALOR OFERTADO				18,88

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

El costo unitario total para el mantenimiento de la subbase clase 1, incluyendo el uso del aditivo NovoCrete, asciende a \$18.88 por m³.

Impacto de NovoCrete: La adición de NovoCrete no ha incrementado significativamente los costos en comparación con un presupuesto sin el aditivo. Esto podría deberse a la optimización en el uso del material, donde la durabilidad y calidad mejorada del suelo tratado con NovoCrete podrían compensar cualquier incremento en el costo de los materiales.

Eficiencia Coste/Beneficio: A pesar de los costos adicionales que NovoCrete podría implicar, el impacto a largo plazo en la durabilidad y la reducción de la necesidad de mantenimiento frecuente puede justificar el precio unitario resultante. Esto sugiere que, en términos de costo-beneficio, la inversión en NovoCrete es favorable, especialmente en proyectos donde la longevidad y la resistencia de la subbase son prioritarias.

4.4.3 Análisis de Precio Unitario subbase clase 1 con aditivo NovoCrete

Figura 61

Análisis de Precio Unitario subbase clase 1 con aditivo NovoCrete.

OBRA: TESIS					
RUBRO : Sub base clase 1 (inc. transporte, tendido y compactacion)				UNIDAD : m3	
DETALLE : 5,00					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA/HORA B	COSTO HORA C = A*B	REND. R	COSTO D = C*R
Herramienta menor (5%)	-	-	-	-	0,026
Motoniveladora	1,000	45,000	45,000	0,012	0,531
Rodillo vibratorio	1,000	38,000	38,000	0,012	0,449
Volqueta	1,000	30,000	30,000	0,012	0,354
Tanquero	1,000	35,000	35,000	0,012	0,413
Maquina esparcidora NovoCrete	1,000	100,000	100,000	0,012	1,181
Equipo topografico	1,000	2,500	2,500	0,012	0,030
SUBTOTAL M					2,984
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA/HORA B	COSTO HORA C = A*B	REND. R	COSTO D = C*R
Peón (Estr. Oc. E2)	2,000	4,140	8,280	0,012	0,098
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	0,200	4,650	0,930	0,012	0,011
Operador motoniveladora	1,000	4,650	4,650	0,012	0,055
Operador rodillo auto propulsado	1,000	4,420	4,420	0,012	0,052
Chofer volqueta (Estr. Oc. C1)	1,000	6,080	6,080	0,012	0,072
Chofer tanquero (Estr. Oc. C1)	1,000	6,080	6,080	0,012	0,072
Operador maquina especial	1,000	4,650	4,650	0,012	0,055
Topografo	1,000	4,650	4,650	0,012	0,055
Cadenero	1,000	4,190	4,190	0,012	0,049
SUBTOTAL N					0,519
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	COSTO UNIT B	COSTO D = A*B	
Sub base clase I	m3	1,120	11,440	12,813	
Agua	m3	0,300	1,000	0,300	
Aditivo de cemento NovoCrete	m3	0,067	2,250	0,151	
SUBTOTAL O					13,264
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	COSTO UNIT B	COSTO D = A*B	
SUBTOTAL P					0,000
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					16,767
INDIRECTOS Y UTILIDADES % 20%					3,353
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					20,12
VALOR OFERTADO					20,12

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

El costo unitario total para la subbase clase 1 utilizando el aditivo NovoCrete es de \$20.12 por m³, lo que resulta en un valor ofertado total de \$20.12 por m³ para el proyecto.

Impacto de NovoCrete: La utilización de NovoCrete como aditivo ha aumentado los costos ligeramente, especialmente en la categoría de equipos debido a la maquinaria especializada necesaria. Sin embargo, los costos adicionales se justifican por la mejora en la durabilidad y el rendimiento de la subbase.

Costo-Beneficio: A pesar de los costos adicionales, el uso de NovoCrete puede representar un ahorro a largo plazo debido a la reducción en la necesidad de mantenimiento y la prolongación de la vida útil de la subbase.

Este análisis muestra que, aunque el costo inicial es más alto con el uso de NovoCrete, los beneficios en términos de rendimiento y durabilidad justifican la inversión, especialmente en proyectos donde la calidad y la longevidad son cruciales.

Figura 62

Presupuesto y Descripción de rubros, unidades, cantidades y precios subbase clase 1 con aditivo NovoCrete

FORMULARIO No. 1.5					
TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
OPI					
No.	Rubro/ Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1,00	Limpieza y desbroce (inc. desalojo)	m2	600,00	\$ 0,38	\$ 228,00
2,00	Trazado y replanteo para vías	m2	900,00	\$ 0,62	\$ 558,00
3,00	Excavación a máquina en suelo sin clasificar (inc. desalojo)	m3	120,00	\$ 4,13	\$ 495,60
4,00	Mejoramiento con material de préstamo importado (inc. tendido, conformación y compactación)	m3	1800,00	\$ 14,38	\$ 25.884,00
6,00	Sub base clase 1 (inc. transporte, tendido y compactación)	m3	1800,00	\$ 20,12	\$ 36.216,00
7,00	Mantenimiento de sub base clase 1	m3	1800,00	\$ -	\$ -
TOTAL				\$	63.381,60

Elaborado por: Alcoser & Minaya, (2024)

El presupuesto total es de \$63.381,60, con la mayoría de los costos concentrados en el mejoramiento del material de préstamo importado y la construcción de la subbase clase 1 utilizando el aditivo NovoCrete.

Eficiencia del Costo: La inversión en el aditivo NovoCrete y la maquinaria especializada resulta en un costo unitario elevado para la subbase, pero se espera que este costo sea compensado por la durabilidad y menor necesidad de mantenimiento futuro.

Justificación del Aditivo NovoCrete: A pesar del aumento en los costos iniciales, el aditivo NovoCrete justifica su uso por la mejora en la calidad de la subbase y la expectativa de ahorro a largo plazo.

Este análisis respalda la decisión de invertir en tecnología avanzada como NovoCrete en proyectos donde la durabilidad y el rendimiento son críticos, asegurando así la calidad y sostenibilidad de la infraestructura vial.

4.4.4 Conclusión de Análisis de Precio Unitarios

Después de analizar los precios unitarios y los presupuestos de las opciones tradicional y la que incluye el aditivo NovoCrete, es evidente que, aunque el costo inicial de la subbase con NovoCrete es más alto, a largo plazo resulta más económica y eficiente.

El análisis revela que el método tradicional, que no utiliza el aditivo NovoCrete, requiere un mantenimiento constante para asegurar la durabilidad de la vía. Estos mantenimientos generan un incremento en los costos totales del proyecto a lo largo del tiempo. En cambio, la subbase construida con el aditivo NovoCrete, a pesar de tener un costo inicial superior, ofrece una mayor durabilidad y resistencia, reduciendo significativamente la necesidad de mantenimiento posterior.

La inversión inicial en NovoCrete es compensada por la disminución de costos futuros asociados con reparaciones y mantenimientos periódicos. Por lo tanto, "sale más caro" optar por la opción tradicional, ya que los gastos acumulados por el mantenimiento de la vía superan el costo adicional del aditivo NovoCrete. Este aditivo permite que la vía se mantenga en buen estado por más tiempo, lo que se traduce en un ahorro considerable en el ciclo de vida total de la infraestructura vial.

En resumen, la opción con NovoCrete es más rentable y eficiente, ya que garantiza una mayor durabilidad y reduce los costos a largo plazo al eliminar la necesidad de mantenimiento frecuente.

CONCLUSIONES

Los ensayos de laboratorio muestran que el uso del químico Schussler Novachem mejora significativamente las propiedades mecánicas y la durabilidad del material granular. Las muestras tratadas con el químico exhiben una mayor resistencia a la compresión y una menor susceptibilidad a la deformación bajo carga, en comparación con las muestras no tratadas. Esto respalda la hipótesis de que el químico Schussler Novachem puede mejorar la calidad y durabilidad de las subbases en vías secundarias.

Las encuestas realizadas a profesionales del sector de la construcción y mantenimiento vial han mostrado una percepción positiva hacia el uso de aditivos como NovoCrete. La mayoría de los encuestados considera que la inversión en tecnologías que mejoran la durabilidad y la calidad de la subbase es justificable, a pesar del costo inicial más alto. Sin embargo, también se identificó una preocupación común sobre la necesidad de evidencia concreta de los beneficios a largo plazo para tomar decisiones de inversión informadas.

El análisis de precios unitarios revela que, aunque la aplicación de Schussler Novachem incrementa el costo inicial del proyecto, la inversión se justifica por la mejora en la durabilidad y reducción de costos de mantenimiento a largo plazo. El presupuesto comparativo muestra que la opción con NovoCrete es más económica a lo largo del ciclo de vida del proyecto debido a la menor necesidad de mantenimiento frecuente.

La comparación entre el método tradicional y el uso de Schussler Novachem muestra que, a pesar del costo inicial superior, el uso del químico resulta en una subbase más resistente y duradera. El análisis de costo-beneficio sugiere que el incremento en el costo inicial se compensa con la reducción de los costos de mantenimiento y reparación, haciendo que la opción con Schussler Novachem sea más rentable a largo plazo.

Los resultados de los ensayos de laboratorio confirman que el químico Schussler Novachem tiene un efecto positivo en las propiedades del suelo. Los

parámetros evaluados, como la capacidad de carga, la estabilidad y la resistencia a la deformación, mejoran significativamente con la aplicación del químico, validando su eficacia en la estabilización de suelos para proyectos viales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el químico Schussler Novachem en proyectos de construcción y mantenimiento de subbases para vías secundarias debido a sus beneficios en términos de resistencia y durabilidad. Aunque el costo inicial es mayor, los ahorros en mantenimiento y la prolongación de la vida útil justifican la inversión.

Es importante actualizar los presupuestos para proyectos viales incluyendo el costo del químico Schussler Novachem. Los costos deben reflejar tanto el precio del aditivo como los beneficios a largo plazo en términos de reducción de mantenimiento y mayor durabilidad de las infraestructuras.

Se recomienda realizar un seguimiento continuo de las condiciones de las vías tratadas con Schussler Novachem para evaluar la efectividad del aditivo a lo largo del tiempo. La recopilación de datos a largo plazo permitirá ajustar y optimizar las prácticas de aplicación y los presupuestos futuros.

Continuar con la comparación entre diferentes métodos y aditivos para el mejoramiento de subbases. Evaluar otras opciones similares a Schussler Novachem puede proporcionar perspectivas adicionales sobre la eficiencia y costo-beneficio en diferentes contextos y condiciones de suelo.

Invertir en capacitación para los técnicos y operadores encargados de la aplicación del químico Schussler Novachem para asegurar su correcta utilización y maximizar los beneficios del aditivo. Además, considerar la actualización de las normativas y estándares de construcción para incorporar el uso de este tipo de químicos en los proyectos viables.

BIBLIOGRAFÍA

- Aimacaña Iza, J. C. (2017). *Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales* (Trabajo experimental de grado), Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25265>
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1993). *Guide for Design of Pavement Structures* (1993 Edition). AASHTO.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (1996). *Normas ASTM y Guía de Laboratorio Construcción I, UCA*. University of Central America.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2016a). *Standard Test Methods for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. D1883-16. ASTM.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (1999). *Ley de Gestión Ambiental (Ley No. 37)*. Registro Oficial Suplemento 245. Quito, Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento 983. Quito, Ecuador.
- ASTM International. (2020). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. ASTM D4318-20.
- Auqui Parra, J. C., & Ramírez Chicaiza, D. R. (2019). *Elaboración de una "Guía práctica para el diseño estructural de carreteras"*. Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16966/1/UPS-ST003964.pdf>
- Ayala Avellan, G. G. (2017). *Estabilización y control de suelos expansivos utilizando polímeros* (Tesis de pregrado). Universidad de Especialidades Espíritu Santo Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, Ecuador. <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/1945/1/TESIS%20GENESIS%20AYALA.pdf>

- Blacio, J. L. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la subrasante*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5567/1/T-ULVR-4528.pdf>
- Casagrande, A. (1932). *Research on the Atterberg limits of soils*. Journal of the Boston Society of Civil Engineers, 19(6), 257-281.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial N° 449. Recuperado de <https://www.corteconstitucional.gob.ec/>
- Decreto Ejecutivo 742. (2019). Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Superior. Registro Oficial N° 286. Recuperado de <https://www.registroficial.gob.ec/>
- Fernández Flores, N. (2018). *Estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida Malecón Checa, San Juan de Lurigancho en el 2017* (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27076>
- García Toro, J. R. (2019). *Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín* (Proyecto de grado). Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, Bogotá, D.C. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/140c5ce1-5c92-4735-a9fd-69ed64b95d9e/content>
- Gómez, V. (2022). Suelos arcillosos. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/suelos-arcillosos/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011). Norma INEN 2204: Calidad del Aire. Quito, Ecuador.
- Landa Alarcón, J. Y., & Torres Montesinos, S. F. (2019). *Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de*

Caña de Azúcar y Cal (Trabajo de investigación). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil, Lima, Perú. DOI: <http://hdl.handle.net/10757/626177>

Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, No. de Ley 207, Art. 209 (2008). Registro Oficial.

Llano, E., Ríos, D., & Restrepo, G. (2020). Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad. *TecnoLógicas*, 23(49), 164-178. <https://doi.org/10.22430/22565337.1624>

Llor López, N. G. (2023). *Estudio comparativo entre la mampostería tradicional y la mejora de la eficiencia utilizando aditivo en la fabricación de bloque muro en edificaciones de la provincia de Santa Elena*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/6430/1/T-ULVR-5176.pdf>

Mejía Mejía, E. (2005). Técnicas e instrumentos de investigación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Educación, Unidad de Post Grado.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2001). Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes: Nueva edición (MOP-001-F). Quito, Ecuador.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). (2002). MOP-001-F 2002 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Quito, Ecuador. Recuperado de <https://www.obraspublicas.gob.ec/>

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). Norma Ecuatoriana Vial, NEVI-12. Quito, Ecuador.

Ministerio del Ambiente. (2014). Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental. Quito, Ecuador.

- Ministerio del Ambiente. (2015). Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Sustancias Peligrosas. Quito, Ecuador.
- Monje Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía didáctica*. Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Programa de Comunicación Social y Periodismo.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (2015). NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Recuperado de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/>
- Novachem AG. (2020). Annual Report for NovoCrete® Technology.
- Novachem AG. (2021). Technical Specifications and Application Guidelines for Shussler Novachem in Road Construction.
- Novachem Research Institute. (2018). Advances in Environmental Stabilization Techniques: Case Studies with Shussler Novachem.
- NovoCrete (s.f.). NovoCrete®: Tecnología avanzada para pavimentos. Recuperado el 26 de junio de 2024, de <https://opis.ch/es/novocrete/>
- OPiS. (2022). *NovoCrete: Manual de estabilización del suelo* (Versión en inglés). OPiS.
- Orjuela Ortiz, J. & Pérez Rojas, J. C. (2018). *Análisis experimental de la expansividad en suelos bentoníticos*. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/bf9c9da6-799c-4c8b-886f-7cdd072e6888/content>
- Ramos Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1-6. <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Rodríguez, P. C. A. (2020). Un método simplificado de predicción de hinchamiento de arcillas expansivas debido a cambios de humedad. *Obras y Proyectos*, (28), 35-44. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132020000200035>

- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida. Recuperado de <https://www.planificacion.gob.ec/>
- Smith, A., & Johnson, B. (Eds.). (2017). Innovations in Construction Materials: Applications of Shussler Novachem.
- Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. (2019). Reglamento de Titulación. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://www.ulvr.edu.ec>
- Vardanega, P. J., O'Kelly, B. C., Haigh, S. K., & Shimobe, S. (2018). Classifying and characterizing fine-grained soils using fall cones. En XVI Danube - European Conference on Geotechnical Engineering (103, p. 7).
- Ventura León, J. L., (2017). ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública*, 43(4), 648-649.
- Zambrano Mesa, I., Tejeda Piusseaut, E., & Aaenlle, A. A. (2020). Materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbases de pavimentos. *Infraestructura Vial*, 22(39), 29-42. <https://doi.org/10.15517/iv.v22i39.41574>
- Zapata, R. (2018). *Tipos de suelos: Caracterización de suelos arcillosos y limosos*. Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Escuela de Ingeniería Civil. <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Ensayo de granulometría

PROYECTO: TESIS

FUENTE: CANTERA COLEMBIA

MATERIAL: SUB BASE CLASE 1

FECHA: 8 de julio de 2024

SOLICITA: BELEN - DIEGO

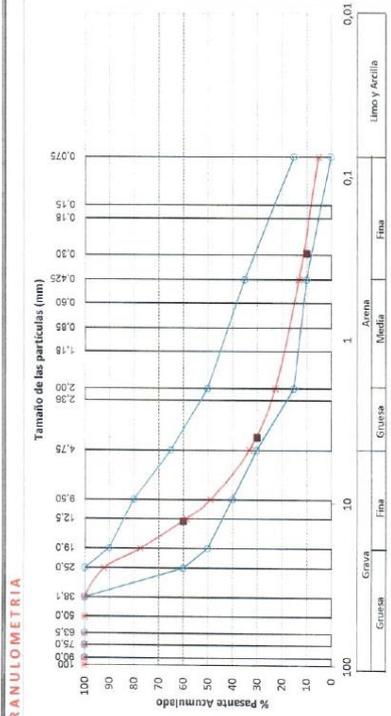
FISCALIZADOR:

ADMINISTRADOR:

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN



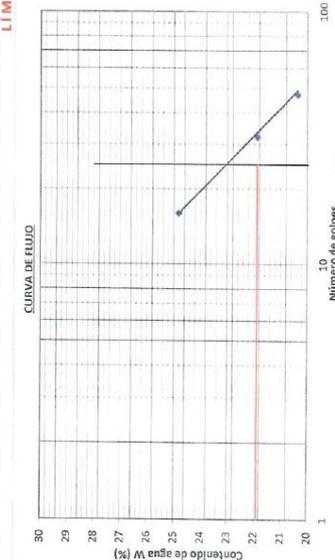
GRANULOMETRÍA



Grava = 67,09% D₁₀ = 0,29 Cu = 44,07
 Arena = 27,95% D₅₀ = 5,98 Cc = 4,17
 Fines = 5,00% D₆₀ = 12,94

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIONES SUB BASE CLASE 1 (TABLA 409-1.1. (MSP-93))
4"	000	000	0,00	0,00	100,00	
3"	000	000	0,00	0,00	100,00	
2"	000	000	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	000	000	0,00	0,00	100,00	
1"	000	000	0,00	0,00	100,00	100
3/4"	942	942	7,99	7,99	100,00	
1/2"	1940	1733	14,70	22,69	77,31	
3/8"	12,5	2190	18,57	41,26	58,74	
5/16"	9,50	1181	10,02	51,28	48,72	
No.4	4,75	1864	15,81	67,09	32,91	30-70
Passa el No.4						
No.8	2,36					
No.10	2,00	1228	10,41	77,50	22,50	
No.16	1,18					
No.20	0,84					
No.30	0,60	1120	9,50	87,00	13,00	
No.40	0,42					
No.50	0,30					
No.80	0,18					
No.100	0,15	943	8,00	95,00	5,00	0 - 15
No.200	0,075	590				
Pasa al No.200		11791	100,00			
Total						

LÍMITES DE ATTERBERG



DESCRIPCIÓN	1	2	3
ENSAYO No	10	22	83
CAPSULA No	16	32	47
NUMERO DE GOLPES	34,50	33,00	37,40
PESO DE CAPSULA + SUELO HUMEDO gr.	31,22	30,20	34,00
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO gr.	3,38	2,80	3,40
PESO AGUA gr.	17,60	17,40	17,30
PESO SUELO SECO gr.	13,62	12,80	16,70
CONTENIDO DE HUMEDAD %	24,62	21,88	20,36

RESULTADOS DE ENSAYOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	4,0386 %
LÍMITE LÍQUIDO	21,88 %
LÍMITE PLÁSTICO	17,28 %
INDICE DE PLASTICIDAD	4,60 %
CLASIFICACION	
SUICS	SP - GM
ASRITO	A-1-a (0)

Observaciones:

APROBACIONISTA DE SUELOS
 MEZCLAS ASFÁLTICAS
 Y COMIGON
 Pico Alcastor
 CELULAR: 0986629001 - 042897136

ANEXO 2. Ensayo de proctor modificado

Paco Alcaiser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM D1557 - AASHTO T 180

PROYECTO : TESIS
MATERIAL: SUB BASE CLASE 1
DESCRIPCIÓN: Grava con arcilla y arena, café

FECHA: julio, 8 del 2024
CONTRATISTA: BELEN - DIEGO
FISCALIZADOR:

COMPACTACIÓN

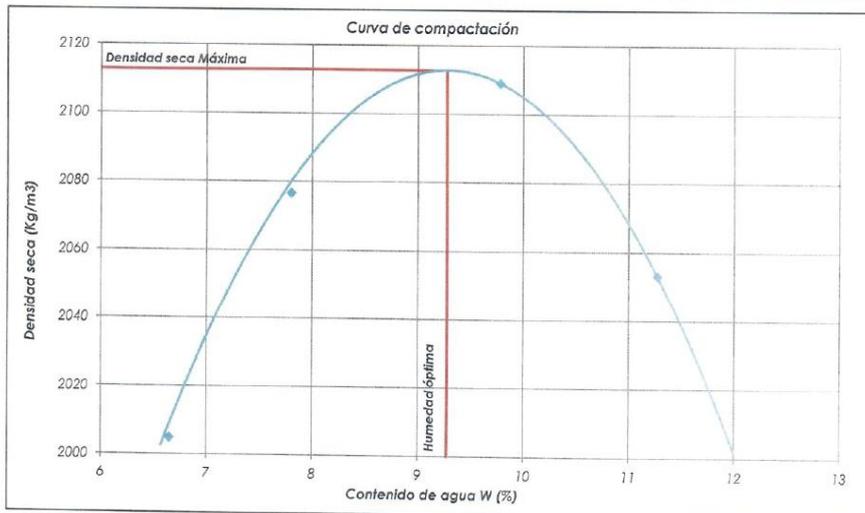
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"D"	MOLDE No	2v
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	56	DIÁMETRO	6.00 plgs
NÚMERO DE CAPAS	5	ALTURA	4.421 plgs
PESO DEL MARTILLO	Lbs. 10	PESO	6.480 Kg
ALT. DE CAIDA DEL MARTILLO	plgs. 18	VOLUMEN	2,0485170E-03 m3
ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	ft.x lb./ft.3 58,057		

NÚMERO DE ENSAYO		1	2	3	4	5
PESO SUELO + MOLDE	Kg.	10,860	11,066	11,223	11,160	
PESO SUELO HÚMEDO	Kg.	4,380	4,586	4,743	4,680	
DENSIDAD HÚMEDA	Kg/m3	2138,13	2238,69	2315,33	2284,58	
DENSIDAD SECA	Kg/m3	2004,87	2076,65	2109,07	2053,11	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARA No	M16	27	371	299
PESO SUELO HÚMEDO + TARA	gr. 391,00	346,99	311,03	317,24
PESO SUELO SECO + TARA	gr. 368,26	323,45	285,89	287,70
PESO DE LA TARA	gr. 26,16	21,77	28,83	25,69
PESO DE AGUA	gr. 22,74	23,54	25,14	29,54
PESO DE SUELO SECO	gr. 342,10	301,68	257,06	262,01
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 6,65	7,80	9,78	11,27
PROMEDIO DE HUMEDAD	% 6,65	7,80	9,78	11,27

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2112,8 Kg/m3 HUMEDAD ÓPTIMA = 9,26 %



LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Alcaiser
Paco Alcaiser

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA, 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

ANEXO 3. Ensayo de relación soporte de california (CBR)

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas



ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
NORMA ASTM D1883 - AASHTO T 193

PROYECTO : TESIS	FECHA : Julio, 8 del 2024
MATERIAL : SUB BASE CLASE 1	CONTRATISTA: BELEN - DIEGO
DESCRIPCIÓN: Grava con arcilla y arena, café	FISCALIZADOR:

Molde de C.B.R				Martillo de compactación y número de capas			
Diámetro =	6,00 plgs.	=	0,1524 m	Peso del martillo =	10 Lbs.	=	4,5455 Kg.
Altura =	4,58 plgs.	=	0,1164 m	Altura caída martillo =	18 plgs.	=	45,72 cm.
Volumen =	##### ft3	=	2,12331760E-03 m3	Número de capas =	5		

PROBETAS DE ENSAYO CON DIFERENTES ENERGÍAS DE COMPACTACIÓN													
Nº de Molde		23			14			13					
Nº de Golpes por capa		56			25			12					
Condición de la muestra		NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO		
Peso de molde + suelo húmedo (Kg)		13,278			13,346			12,737			12,851		
Peso de molde (Kg)		8,364			8,364			8,087			8,085		
Peso del suelo húmedo (Kg)		4,914			4,982			4,650			4,764		
Densidad húmeda (Kg/m3)		2314,30			2346,33			2189,97			2243,66		
Densidad seca (Kg/m3)		2115,26			2084,51			1999,24			1921,60		
Contenido de humedad	Tara №	116	108	182	Z1	196	25	2A	29	268	207	16a	186
	Peso de tara + suelo húmedo (gr)	317,14	369,26	226,58	190,71	229,24	292,71	204,72	231,47	265,67	290,48	270,40	258,10
	Peso de tara + suelo seco (gr)	292,46	339,88	203,91	173,18	211,78	269,53	179,74	202,11	244,07	267,93	231,41	219,42
	Peso de agua (gr)	24,68	29,38	22,67	17,53	17,46	23,18	24,98	29,36	21,60	22,55	38,99	38,68
	Peso de tara (gr)	31,05	26,71	29,37	28,72	29,00	26,24	29,20	28,73	20,73	26,29	28,85	28,82
	Peso de suelo seco (gr)	261,41	313,17	174,54	144,46	182,78	243,29	150,54	173,38	223,34	241,64	202,56	190,60
	Contenido de humedad (%)	9,44	9,38	12,99	12,13	9,55	9,53	16,59	16,93	9,67	9,33	19,25	20,29
	Promedio del cont. de humedad (%)	9,41		12,56		9,54		16,76		9,50		19,77	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA			
Peso del agua absorbida (Kg)	0,068	0,114	0,235
Porcentaje del agua absorbida (%)	1,38	2,45	5,33

EXPANSIÓN														
Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Lectura del Dial				%	Lectura del Dial				%		
			plgs.	cm.	mm.			plgs.	cm.	mm.				
Julio, 8 del 2024	20:00	0	0,036	0,0914	0,914	0,00	0,012	0,0305	0,305	0,00	0,025	0,0635	0,635	0,00
Julio, 9 del 2024	20:00	24	0,047	0,1194	1,194	0,24	0,018	0,0457	0,457	0,13	0,030	0,0762	0,762	0,11
Julio, 10 del 2024	20:00	48	0,051	0,1295	1,295	0,33	0,022	0,0559	0,559	0,22	0,033	0,0838	0,838	0,17
Julio, 11 del 2024	20:00	72	0,054	0,1372	1,372	0,39	0,024	0,0610	0,610	0,26	0,034	0,0864	0,864	0,20

ENSAYO DE PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		Tiempo min.	Carga Patrón kg/cm2	MOLDE № 23				MOLDE № 14				MOLDE № 13			
plgs.	mm.			Dial z-c10-200	Carga kg.	Esfuerzo kg/cm2	CBR Coregeado %	Dial z-c10-200	Carga kg.	Esfuerzo kg/cm2	CBR Coregeado %	Dial z-c10-200	Carga kg.	Esfuerzo kg/cm2	CBR Coregeado %
0,000	0,000	0	70,3	0	16	0,0	81,1	0	16	0,0	0	16	0,0		
0,050	1,270	1	105,5	189	598	30,9	95,8	102	330	17,1	40	139	7,2		
0,100	2,540	2		353	1103	57,0		202	638	33,0	85	278	14,3	20,4	
0,150	3,810	3		496	1543	79,7		289	906	46,8	128	410	21,2		
0,200	5,080	4		630	1956	101,1		370	1155	59,7	168	533	27,6		
0,300	7,620	6		887	2747	142,0		532	1654	85,5	235	740	38,2		
0,400	10,160	8		1112	3440	177,8		665	2064	106,6	295	924	47,8		
0,500	12,700	10		1313	4059	209,7		785	2433	125,7	345	1078	55,8		

Observaciones	DENSIDAD SECA MÁXIMA =	2112,8 Kg/m3
	HUMEDAD ÓPTIMA =	9,28 %
 Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas y Hormigón Paco Alcoser Teléfono: 0998629004		

ANEXO 4. Gráfico de penetración en CBR

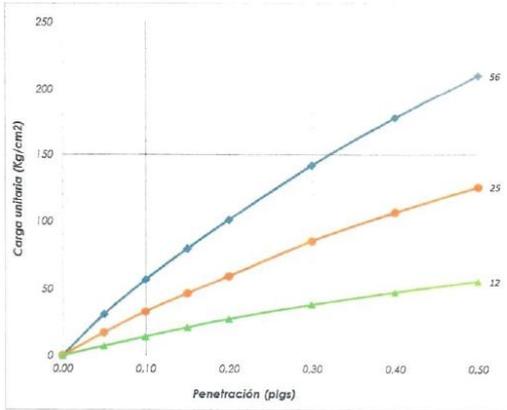
Paco Alcega
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas



ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
NORMA ASTM D1883 - AASHTO T 193

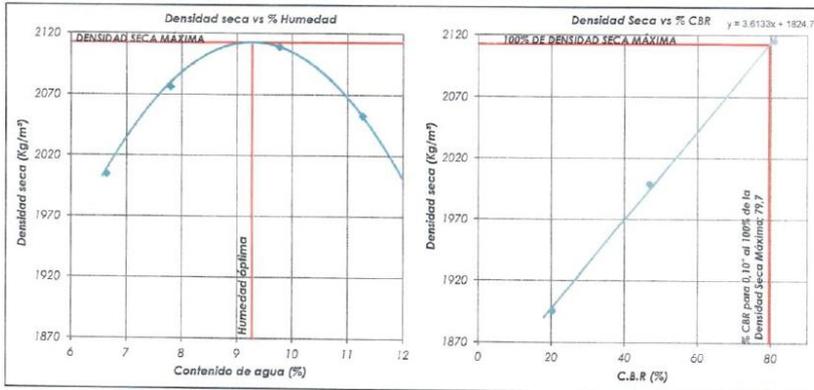
PROYECTO : TESIS FECHA : Julio, 12 del 2024
MATERIAL : SUB BASE CLASE 1 CONTRATISTA : BELEN - DIEGO
DESCRIPCIÓN : Grava con arcilla y arena, caté FISCALIZADOR:

GRAFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



RELACIÓN DENSIDAD SECA VS. % DE CBR

Nº de Golpes / capa	Densidad Kg/m³	Carga Unitaria Kg/cm²		Carga Patrón Kg/cm²		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	2115	56,99	101,06	70	105	81,25	95,83	0,33
25	1999	32,96	59,69	70	105	46,88	56,60	0,22
12	1895	14,35	27,55	70	105	20,40	26,13	0,17



RESULTADOS		
Densidad seca Máxima	=	2113 Kg/m³
95% de Densidad seca Máxima	=	2007 Kg/m³
Humedad óptima	=	9,28 %
CBR al 100% para 0.10" de penetración	=	79,7 %
CBR al 95% para 0.10" de penetración	=	%
Expansión	=	0,33 %

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Alcega
Paco Alcega

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897138

ANEXO 5. Ensayo de compresión con material natural

Paco Alcaiser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

INFORME DE ENSAYOS COMPRESION UCS

ASTM C - 39



Proyecto: TESIS
Solicitante: BELEN - DIEGO
Material: SUB BASE CLASE 1
Tutor:

Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Dias)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Mpa)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
8 de agosto del 2024										
1	11/07/2024	18/07/2024	7	150,0	150,0	150,0	29,6	1,68	37%	Sub Base Clase 1 N#1 - MATERIAL NORMAL
2	11/07/2024	25/07/2024	14	150,0	150,0	150,0	34,0	1,93	43%	N#1 - MATERIAL NORMAL
3	11/07/2024	08/08/2024	28	150,0	150,0	150,0	32,2	1,82	40%	N#1 - MATERIAL NORMAL

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Alcaiser
PACO ALCAISER

ANEXO 6. Ensayos de compresión con el 1% de Novocrete

Quico Alcoser
Laboratorio de Suelos
& Mezclas Híbridicas

INFORME DE ENSAYOS COMPRESION UCS

ASTM C - 39



Proyecto: TESIS
Solicita: BELEN - DIEGO
Tutor:
Material: SUB BASE CLASE 1

Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Dias)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Mpa)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
15 de agosto del 2024										
1	18/07/2024	25/07/2024	7	150,0	150,0	150,0	47,8	2,71	60%	M#1- 22 KG/M3 - 1% NOVOCRETE
2	18/07/2024	01/08/2024	14	150,0	150,0	150,0	64,8	3,67	82%	M#1- 22 KG/M3 - 1% NOVOCRETE
3	18/07/2024	15/08/2024	28	150,0	150,0	150,0				M#1- 22 KG/M3 - 1% NOVOCRETE

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASALTICAS
Y HORMIGÓN
Quico Alcoser
Paco/Alcoser

ANEXO 7. Ensayos de compresión con el 3% de Novocrete

Paco Alcazar
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

INFORME DE ENSAYOS COMPRESION UCS
ASTM C - 39



Proyecto: TESIS
Solicita: BELEN - DIEGO
Tutor:
Material: SUB BASE CLASE 1

Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Dias)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Mpa)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
15 de agosto del 2024										
1	18/07/2024	25/07/2024	7	150,0	150,0	150,0	53,6	3,04	68%	M#2 - 65 KG/M3 - 3% NOVOCRETE
2	18/07/2024	01/08/2024	14	150,0	150,0	150,0	71,0	4,02	89%	M#2 - 65 KG/M3 - 3% NOVOCRETE
3	18/07/2024	15/08/2024	28	150,0	150,0	150,0				M#2 - 65 KG/M3 - 3% NOVOCRETE

LABORATORIA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y MORMIGÓN
Paco Alcazar
Paco Alcazar

ANEXO 8. Ensayos de compresión con el 6% de Novocrete

Beto Menor
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

INFORME DE ENSAYOS COMPRESION UCS
ASTM C - 39



Proyecto: TESIS
Solicita: BELEN - DIEGO
Tutor:
Material: SUB BASE CLASE 2

Cilindro #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Dias)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Mpa)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
8 de agosto del 2024										
1	11/07/2024	18/07/2024	7	150,0	150,0	150,0	56,8	3,22	72%	M #3 - 130 KG/M3 -- 6 % NOVOCRETE
2	11/07/2024	25/07/2024	14	150,0	150,0	150,0	67,3	3,81	85%	M #3 - 130 KG/M3 -- 6 % NOVOCRETE
3	11/07/2024	08/08/2024	28	150,0	150,0	150,0	71,0	4,02	89%	M #3 - 130 KG/M3 -- 6 % NOVOCRETE

