

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de
concreto reciclado y fibras de polipropileno**

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

AUTOR

Fernando Raul Figueroa Diaz

ASESOR

Angel Alberto Lorren Palomino

<https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>

Chiclayo, 2025

**Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de
polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno**

PRESENTADA POR
Fernando Raul Figueroa Diaz

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Gian Franco Perez Garavito
PRESIDENTE

Manuel Alejandro Borja Suarez
SECRETARIO

Angel Alberto Lorren Palomino
VOCAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi abuelita Etelbina Cubas Lopez, por su amor, fortaleza y apoyo incondicional. A mi familia, en especial a mis padres Juan Manuel Figueroa Mestanza y Maria Cristina Diaz Cubas, por su constante apoyo y motivación en cada paso de mi formación universitaria. A mis profesores y compañeros, cuya guía y colaboración fueron clave en este proceso de aprendizaje y desarrollo. Y a la universidad, por brindarme las herramientas y el espacio para crecer tanto profesional como personalmente, inspirándome a contribuir con soluciones innovadoras y sostenibles en el ámbito de la construcción.

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud a mi familia, cuyo apoyo constante y confianza en mi desarrollo académico han sido fundamentales para la realización de este trabajo. A mi asesor, Angel Alberto Lorren Palomino, le agradezco profundamente por su valiosa orientación, paciencia y dedicación durante todo el proceso. A mis profesores y tutores, les agradezco su apoyo y guía, así como a mis compañeros universitarios, por su colaboración y compañía en el desarrollo de este proyecto. Extiendo también mi agradecimiento a la universidad, por ofrecerme los recursos y un entorno que ha enriquecido mi aprendizaje.

RP - 2025 - 0904 - 0011

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	Fuente de Internet	7%
2	tesis.usat.edu.pe	Fuente de Internet	5%
3	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	1%
4	pdfcoffee.com	Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca	Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.urp.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unc.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
9	www.coursehero.com	Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	16
Abstract	17
Introducción	18
Revisión de literatura	22
Bases teóricas	27
Materiales y métodos	44
Resultados y discusión	66
Conclusiones	100
Recomendaciones.....	102
Referencias	103
Anexos.....	107

Lista de tablas

Tabla N° 1: Cemento asfáltico respecto a la temperatura media anual.....	29
Tabla N° 2: Ensayos para agregado grueso en una MAC	30
Tabla N° 3: Ensayos para agregado fino de una MAC	31
Tabla N° 4: Cantidad de esferas para ensayo de abrasión acorde a gradación	33
Tabla N° 5: Muestra necesaria para el ensayo de Abrasión acorde a gradación.....	33
Tabla N° 6: Peso para ensayo de Partículas Chatas y Alargadas	34
Tabla N° 7: Muestra min. Para ensayo de Sales	35
Tabla N° 8: Gradación para una MAC.....	39
Tabla N° 9: Parámetros acorde al tipo de mezcla	42
Tabla N° 10: Vacíos mínimos acorde a métodos de gradación.....	42
Tabla N° 11: Tabla de Variable Dependiente	44
Tabla N° 12: Tabla de Variable Independiente	45
Tabla N° 13: Tabla de Variable Interviniente	45
Tabla N° 14: N° de Briquetas de la Muestra Patrón para Ensayo Marshall.....	46
Tabla N° 15: N° de Briquetas de la Muestra Modificada 1 para Ensayo Marshall.....	46
Tabla N° 16: N° de Briquetas de la Muestra Modificada 2 para Ensayo Marshall.....	46
Tabla N° 17: N° de Briquetas para Ensayo Lottman	46
Tabla N° 18: N° de Briquetas para Ensayo Tracción Indirecta.....	46
Tabla N° 19: N° de Briquetas para Ensayo Cántabro	47
Tabla N° 20: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
Tabla N° 21: Granulometría de agregados	66
Tabla N° 22: Resultados para MAC - 2	67
Tabla N° 23: Curva granulométrica de los agregados.....	67
Tabla N° 24: Resultados de Ensayo de Abrasión los Ángeles.....	67
Tabla N° 25: Resultados de ensayo Partículas Chatas y Alargadas.....	68
Tabla N° 26: Resultado del ensayo de Absorción para A.G.	68

Tabla N° 27: Resultados de ensayo con una cara fracturada	69
Tabla N° 28: Resultados de ensayo con más de una cara fracturada	69
Tabla N° 29: Resultado del ensayo de Sales Solubles Totales del Agregado Grueso	69
Tabla N° 30: Resultados de ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio en Agregados....	70
Tabla N° 31: Resultados de ensayo Durabilidad al Sulfato de Magnesio en Agregado Fino..	71
Tabla N° 32: Resultado del ensayo de Absorción del Agregado Fino.....	71
Tabla N° 33: Resultados de ensayo Equivalente de arena	72
Tabla N° 34: Resultados del ensayo Azul Metileno	72
Tabla N° 35: Resultado ensayo de Sales en agregado Fino	73
Tabla N° 36: Resultado del índice de plasticidad de los finos retenidos en la malla N°200 ...	73
Tabla N° 37: Resumen de resultados de los agregados.....	74
Tabla N° 38: Diseño de mezcla asfáltica convencional	74
Tabla N° 39: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 2% de polvo de concreto reciclado.....	75
Tabla N° 40: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 3% de polvo de concreto reciclado.....	75
Tabla N° 41: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 4% de polvo de concreto reciclado.....	76
Tabla N° 42: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.2% de polipropileno	76
Tabla N° 43: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.3% de polipropileno	77
Tabla N° 44: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.4% de polipropileno	77
Tabla N° 45: Resultados Rice de Mezcla convencional y mezcla con Polvo Reciclado	77
Tabla N° 46: Resultados del contenido óptimo de cemento asfáltico	78
Tabla N° 47: Resultados de Porcentajes Vacíos	79
Tabla N° 48: Resultados del Análisis de Flujo	80
Tabla N° 49: Resultados del Análisis de Estabilidad	80
Tabla N° 50: Cuadro Resumen de los resultados obtenidos	81

Tabla N° 51: Resultados Rice de Mezcla convencional y una mezcla con Polvo Reciclado más Polipropileno	82
Tabla N° 52: Resultados del contenido óptimo de cemento asfáltico añadiendo Polipropileno	82
Tabla N° 53: Resultados de Porcentajes Vacíos añadiendo Polipropileno	83
Tabla N° 54: Resultados del Análisis de Flujo añadiendo Polipropileno	84
Tabla N° 55: Resultados del Análisis de Estabilidad añadiendo Polipropileno.....	84
Tabla N° 56: Cuadro Resumen de los resultados obtenidos	85
Tabla N° 57: Resultados de Ensayo Cántabro Convencional	86
Tabla N° 58: Resultados de Ensayo Cántabro para Adición con 3% PR.....	86
Tabla N° 59: Resultados de Ensayo Cántabro para Adición con 3% PR + 0.4 % PP.....	86
Tabla N° 60: Resultados de Ensayo de Tracción Indirecta para Briquetas Patrón	87
Tabla N° 61: Resultados de Ensayo de Tracción Indirecta para Briquetas Experimentales con RP	88
Tabla N° 62: Resultados de Ensayo de Tracción Indirecta para Briquetas Experimentales con RP + PP	88
Tabla N° 63: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Patrón – Grupo Seco	89
Tabla N° 64: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Experimentales I – Grupo Seco.....	89
Tabla N° 65: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Experimentales II – Grupo seco	89
Tabla N° 66: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Patrón – Grupo Descongelamiento, Descongelamiento.....	90
Tabla N° 67: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Experimentales I – Grupo Descongelamiento, Descongelamiento	90
Tabla N° 68: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Experimentales II – Grupo Descongelamiento, Descongelamiento.....	90
Tabla N° 69: Resultados de la razón del Esfuerzo a Tensión	90
Tabla N° 70: Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional.....	91
Tabla N° 71: APU de la Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional	92

Tabla N° 72: Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica en Caliente con Polvo de Concreto Reciclado.....	92
Tabla N° 73: APU de la Mezcla Asfáltica en Caliente con Polvo de Concreto Reciclado.....	93
Tabla N° 74 Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica en Caliente con Polvo de Concreto Reciclado, Polipropileno	93
Tabla N° 75: APU de la Mezcla Asfáltica en Caliente con Polvo de Concreto Reciclado, Polipropileno	94

Lista de gráficos

Gráfico 1. Ensayo rice	78
Gráfico 2. Contenido optimo CA	78
Gráfico 3. Porcentaje de vacíos	79
Gráfico 4. Análisis de flujo	80
Gráfico 5. Análisis de estabilidad.....	80
Gráfico 6. Resultados ensayo rice	82
Gráfico 7. Resultados contenidos óptimo de cemento asfaltico.....	82
Gráfico 8. Resultados % de vacíos.....	83
Gráfico 9. Resultados análisis de flujo.....	84
Gráfico 10. Resultados análisis de estabilidad	85
Gráfico 11. Desgaste de la muestra.....	86
Gráfico 12. Resultados de resistencia a la tracción indirecta	88
Gráfico 13. Razón del esfuerzo a tensión.....	91

Lista de figuras

Figura 1. Clasificación de polímeros.....	40
Figura 2. Ubicación de obtención de material reciclado	48
Figura 3. Trituración de concreto reciclado.	49
Figura 4. Obtención de las fibras de polipropileno	50
Figura 5. Ensayo granulométrico.	50
Figura 6. Ensayo de Abrasión los Ángeles	51
Figura 7. Ensayo de partículas chatas y alargadas	52
Figura 8. Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos.....	52
Figura 9. Ensayo de caras fracturadas	53
Figura 10. Ensayo de sales solubles totales de agregado grueso.....	53
Figura 11. Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio.....	54
Figura 12. Ensayo de gravedad específica y absorción de agregados finos.....	54
Figura 13. Ensayo de equivalente de arena	55
Figura 14. Proceso de azul de metileno.....	55
Figura 15. Ensayo de sales solubles totales en agregado finos	56
Figura 16. Índice de plasticidad del material	57
Figura 17. Dosificación de los agregados	57
Figura 18. Dosificación de fibra de polipropileno	57
Figura 19. Calentamiento de los agregados y el betún.....	58
Figura 20, Mezcla de los agregados y el material bituminoso	58
Figura 21. Compactación de la mezcla asfáltica	59
Figura 22. Elaboración de briquetas.....	60
Figura 23. Briquetas.	60
Figura 24. Peso de la muestra en el aire y en el agua.....	60
Figura 25. Colocación de muestras al horno	61
Figura 26. Ensayo de Marshall.....	62

Figura 27. Ensayo de rice	62
Figura 28. Ensayo de Cántabro	63
Figura 29. Briquetas en máquina de los Ángeles	64
Figura 30. Ensayo de tracción indirecta	64
Figura 31. Ensayo al daño inducido por humedad	65
Figura 32. Aplicación de una carga de tensión indirecta en las briquetas.....	66

Lista de anexos

Anexo 1. Validación de ensayos de laboratorio	107
Anexo 2. Ensayo de peso específico y Absorción del agregado fino.....	108
Anexo 3. Ensayo de abrasión los ángeles.....	109
Anexo 4. Ensayo de abrasión los ángeles.....	110
Anexo 5. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino	111
Anexo 6. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino	112
Anexo 7. Ensayo de determinación del límite plástico (I.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) malla N°40	113
Anexo 8. Ensayo de determinación del límite plástico (I.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) malla N°200	114
Anexo 9. Ensayo de Azul de metileno en agregados finos	115
Anexo 10. Ensayo de caras aplanadas y alargadas.....	116
Anexo 11. Ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio.....	117
Anexo 12. Ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio.....	118
Anexo 13. Ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio.....	119
Anexo 14. Ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio.....	120
Anexo 15. Ensayo de durabilidad al sulfato de Magnesio	121
Anexo 16. Ensayo de sales solubles en agregados para pavimentos flexibles.....	122
Anexo 17. Ensayo de sales solubles en agregados para pavimentos flexibles.....	123
Anexo 18. Ensayo de sales solubles en agregados para pavimentos flexibles.....	124
Anexo 19. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	125
Anexo 20. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 4.5% CA.....	126
Anexo 21. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.0% CA.....	127
Anexo 22. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.5% CA.....	128
Anexo 23. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 6.0% CA.....	129

Anexo 24. Ensayo de Mezcla Asfáltica.....	130
Anexo 25. Ensayo de Mezcla Asfáltica.....	131
Anexo 26. Ensayo de Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos	132
Anexo 27. Ensayo Mezcla Asfáltica – 4.5% CA	133
Anexo 28. Ensayo Mezcla Asfáltica – 5.0% CA	134
Anexo 29. Ensayo Mezcla Asfáltica – 5.5% CA	135
Anexo 30. Ensayo Mezcla Asfáltica – 6.0% CA	136
Anexo 31. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	137
Anexo 32. Ensayo de Mezcla Asfáltica.....	138
Anexo 33. Ensayo de Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos	139
Anexo 34. Ensayo de mezcla asfáltica – 4.5% CA	140
Anexo 35. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.0% CA	141
Anexo 36. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.5% CA	142
Anexo 37. Ensayo de mezcla asfáltica – 6.0% CA	143
Anexo 38. Ensayo de Mezcla Asfáltica.....	144
Anexo 39. Ensayo de Mezcla Asfáltica.....	145
Anexo 40. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	146
Anexo 41. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 4.5% CA.....	147
Anexo 42. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.0% CA.....	148
Anexo 43. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.5% CA.....	149
Anexo 44. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 6.0% CA.....	150
Anexo 45. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	151
Anexo 46. Ensayo de análisis granulométricos de agregados gruesos y finos.....	152
Anexo 47. Ensayos de análisis granulométricos de agregados gruesos y finos	153
Anexo 48, Ensayo de Mezcla asfáltica – 4.5% CA.....	154
Anexo 49. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.0% CA.....	155
Anexo 50. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.5% CA.....	156

Anexo 51. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 6.0% CA.....	157
Anexo 52. Ensayo de mezcla asfáltica	158
Anexo 53. Ensayo de mezcla asfáltica	159
Anexo 54. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	160
Anexo 55. Ensayo de mezcla asfáltica – 4.5% CA	161
Anexo 56. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.0% CA	162
Anexo 57. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.5% CA	163
Anexo 58. Ensayo de mezcla asfáltica – 6.0% CA	164
Anexo 59. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	165
Anexo 60. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	166
Anexo 61. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	167
Anexo 62. Ensayo de mezcla asfáltica – 4.5% CA	168
Anexo 63. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.0% CA	169
Anexo 64. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.5% CA	170
Anexo 65. Ensayo de mezcla asfáltica – 6.0% CA	171
Anexo 66. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	172
Anexo 67. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	173
Anexo 68. Ensayo cántabro de desgaste para mezclas.....	174
Anexo 69. Ensayo de Lottman modificado TSR (MTC E – 522) (AASTHO T 283)	175
Anexo 70. Ensayo de Lottman modificado TSR (MTC E – 522) (AASTHO T 283)	176
Anexo 71. Ensayo de Lottman modificado TSR (MTC E – 522) (AASTHO T 283)	177

Resumen

Este estudio analiza el efecto de la adición de polvo de concreto reciclado (RP) y fibras de polipropileno (PP) como filler en una mezcla asfáltica en caliente, evaluando sus propiedades mecánicas y viabilidad económica frente a una mezcla convencional. Para ello, se desarrollaron cuatro objetivos específicos: analizar la granulometría de los agregados, evaluar la influencia de distintos contenidos de RP y PP en la mezcla, comparar sus propiedades mecánicas mediante los ensayos de Cántabro, Lottman y tracción indirecta, y realizar un análisis de costos. La metodología incluyó el diseño y ensayo Marshall para evaluar estabilidad y flujo, además de análisis de resistencia al desgaste y cohesión. Los resultados indican que una proporción óptima de 3% de RP y 0.4% de PP mejora significativamente la estabilidad y resistencia al desgaste de la mezcla, alcanzando un valor de estabilidad de 4470 kg y reduciendo el desgaste al 9.98%. El análisis económico mostró que la mezcla con RP es más económica que la convencional, mientras que el uso de PP eleva los costos pero mejora el rendimiento en aplicaciones de alta demanda. Este enfoque contribuye a la economía circular al reutilizar residuos de construcción, proporcionando una alternativa sostenible para mejorar la durabilidad y resistencia de pavimentos en carreteras.

Palabras clave: Polvo de concreto reciclado, Fibras de polipropileno, Mezcla asfáltica, Marsahll, filler

Abstract

This study analyzes the effect of adding recycled concrete powder (RP) and polypropylene fibers (PP) as fillers in a hot asphalt mixture, evaluating its mechanical properties and economic viability compared to a conventional mixture. To achieve this, four specific objectives were developed: to analyze the granulometry of modified aggregates, to evaluate the influence of different contents of RP and PP in the mixture, to compare their mechanical properties through Cántabro, Lottman, and indirect tensile tests, and to conduct a cost analysis. The methodology included the Marshall design and test to assess stability and flow, as well as analysis of wear resistance and cohesion. Results indicate that an optimal proportion of 3% RP and 0.4% PP significantly improves the stability and wear resistance of the mixture, achieving a stability value of 4470 kg and reducing wear to 9.98%. The economic analysis showed that the RP mixture is more economical than the conventional one, while the use of PP increases costs but enhances performance in high-demand applications. This approach contributes to the circular economy by reusing construction waste, providing a sustainable alternative to improve the durability and resistance of road pavements.

Keywords: Recycled concrete powder, Polypropylene fibers, Asphalt mixture, Marshall, filler

Introducción

La construcción de nuevas carreteras es vista como un indicador de progreso y desarrollo en un país y, por tanto, la administración gubernamental actual busca impulsar proyectos viales que mejoren la conectividad y el transporte entre diferentes áreas urbanas y rurales a nivel nacional. [1] La generación de residuos sólidos industriales y su manejo es considerada un problema ambiental en el mundo. Varios estudios se han centrado en soluciones para el uso de residuos de la construcción en pavimentación. Una de esas soluciones es el de dar uso a residuos de construcción y demolición (RCD). [2] La industria de la construcción consume una gran cantidad de materias primas para la fabricación de materiales y suministros destinados a diversos proyectos y obras civiles. Como resultado, se generan importantes volúmenes de residuos de construcción y demolición (RCD) a nivel mundial, representando entre el 35% y el 40% de los desechos totales. Gran parte de estos residuos terminan en vertederos ilegales o sitios de disposición final, sin ser debidamente aprovechados. La generación de RCD a nivel mundial representa aproximadamente 25 a 30 % del total de residuos sólidos generados [3]. En Europa se reportó la generación de 320 millones de toneladas de RCD [4]. En Asia, el porcentaje de residuos de demolición y construcción (RCD) que se generan por año, respecto del volumen total es 25% en Hong Kong y 48% en Corea del Sur [5].

En el Perú de 150 proyectos declarados por Callao, Cusco, Ica, Lambayeque y Piura [6] se obtiene un total de 99,163.291 m³ de RCD. El distrito de Lambayeque [7] carece de un registro actualizado que identifique los puntos críticos de acumulación de escombros generados por actividades de construcción. Esto ha contribuido a un entorno caracterizado por impactos ambientales negativos, resultado de una gestión ineficiente de residuos. El crecimiento de proyectos de infraestructura, de diversas magnitudes, ha provocado la generación de grandes cantidades de desechos de construcción. La ausencia de una adecuada planificación y manejo de estos residuos ha dado lugar a su disposición en lugares no regulados, afectando también áreas públicas. En el casco urbano de Chiclayo, [8] los RCD provienen principalmente de remodelaciones y ampliaciones en zonas urbanas, así como de construcciones en asentamientos humanos. El problema comienza cuando los propietarios no declaran ni solicitan autorización para estas actividades, lo que impide a la municipalidad llevar un control y manejo adecuado. Esto dificulta conocer el volumen y tipo de RCD para su correcto tratamiento. Según una encuesta, el 42.67% de las personas desconoce cómo manejar y tratar ciertos RCD para su reutilización, según resultados de estimación para RCD de Naturaleza pétreo durante 6 meses en viviendas unifamiliares se presenta un volumen neto de 6560.24 Tn y para viviendas multifamiliares 3817.7 Tn.

Del [9] menciona que los pavimentos flexibles pueden sufrir alteraciones en su superficie de rodadura debido a diversos factores, lo cual afecta negativamente la seguridad, comodidad y fluidez del tráfico presente y futuro. Estas alteraciones pueden ser causadas por distintas razones y resultar en problemas como el desgaste, irregularidades en la superficie y reducción en la velocidad de circulación. Es fundamental abordar estos factores y tomar medidas pertinentes para mantener la calidad de la superficie de rodadura y asegurar un tránsito óptimo en los pavimentos flexibles. Algunas de las principales causas incluyen el gran aumento de las cargas circulantes, sea en peso o también en frecuencia, lo cual puede resultar en un diseño inadecuado. También se pueden presentar deficiencias en el proceso constructivo o en un proyecto deficiente, como espesores que no cumplen con lo diseñado, deficiente preparación de las mezclas o en la distribución, lo que afecta la calidad de los materiales y debilita la estructura del pavimento. Por último, una deficiente conservación vial, debido a falta de equipos, personal capacitado, recursos, empleo de materiales o técnicas inadecuadas, o una falta total de mantenimiento, también puede ser una causa de defectos en el pavimento. Las fallas en la capa asfáltica superficial, como grietas, baches, desprendimiento de material y ondulaciones son problemas comunes que deben ser detectados y reparados para asegurar la seguridad y confort en el tránsito. Estas fallas pueden comprometer la integridad del pavimento y causar molestias a los conductores. Es por ello por lo que la hipótesis de la investigación se busca comprobar que la adición de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno como filler en una mezcla asfáltica en caliente mejora sus propiedades mecánicas.

De los antecedentes más importantes se tiene [10] en el que se concluyó que al utilizar un relleno híbrido compuesto por un 2% de polvo reciclado y un 2% de polvo de cal, se puede lograr una resistencia adecuada a los daños originados por la humedad, así como una resistencia satisfactoria a la deformación a altas temperaturas y al agrietamiento a bajas temperaturas en la preparación del concreto asfáltico. Así mismo en el artículo [11] se determinó que el óptimo contenido para el polipropileno es del 0,3% lo que resulta en una reducción de la formación de grietas en la mezcla asfáltica en caliente después de los ciclos de congelación y descongelación.

La justificación del presente estudio de investigación en el aspecto ambiental, un gran problema ambiental en la actualidad relacionado con la industria de la construcción es el inadecuado tratamiento de eliminación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Puesto que al no contar con una planta de gestión de residuos RCD, estos son arrojados a vertederos que se encuentran ubicados a las afueras de la ciudad de Chiclayo, lo que representa un gran problema para los componentes ambientales destacando el factor suelo. Es por ello, que con este proyecto se busca dar una solución ambiental responsable ayudando a disminuir el

impacto ambiental generado por estas malas acciones. [12] Los residuos plásticos representan un problema ambiental creciente. Desde los años 50, cerca del 50% de los plásticos producidos han acabado en vertederos o en la naturaleza, y solo el 9% ha sido reciclado correctamente. Se calcula que entre 4 y 12 millones de toneladas de plásticos llegan a los océanos. Frente a esta preocupación, ha surgido un interés creciente en reutilizar estos residuos, especialmente incorporando plásticos reciclados en materiales de construcción.

En el aspecto socioeconómico, el desarrollo de esta tecnología en carreteras puede generar impactos socioeconómicos positivos tales como una disminución de costos para la construcción y mantenimiento, mejorando la calidad de las carreteras. Así mismo, impulsa la generación de empleo para la recolección y procesamiento del polvo de concreto reciclado logrando un desarrollo social. Enfocándose en una economía circular al promover la reutilización de materiales y la reducción de residuos, evitando que estos sean eliminados en vertederos.[3] En Estados Unidos, Dinamarca, Corea del Sur, Singapur y Japón, el aprovechamiento de RCD alcanza entre el 70 y el 95 %, en tanto que en la Unión Europea el reciclaje de RCD se sitúa entre el 10 y el 90 %

En el aspecto técnico, con la adición de fibras de propileno en la mezcla asfáltica se pretende mejorar la resistencia a la fisuración y capacidad de carga, puesto que las fibras actúan como refuerzo aumentando la cohesión y la resistencia del pavimento. El filler a base de polvo de concreto reciclado puede mejorar la resistencia al desgaste de la mezcla asfáltica. Así mismo, se busca la reducción de las deformaciones permanentes, resultando una mayor estabilidad estructural para el pavimento y una reducción de los problemas asociados con la formación de baches. Contribuyendo así al uso sostenible de los materiales reciclados, siendo compatibles con las buenas prácticas de construcción existentes. [12] El polipropileno, puede desempeñar varias funciones. Por ejemplo, puede sellar los agregados, formando una capa que reduce la absorción de agua y mejora sus características físicas y superficiales. También puede modificar las propiedades del betún al fundirse parcialmente y mezclarse con él, lo que a su vez altera la proporción de agregados. Estas modificaciones pueden mejorar la estabilidad, reducir la sensibilidad al agua, disminuir la deformación permanente y prevenir el agrietamiento por fatiga en mezclas asfálticas. Además, el polipropileno puede ayudar a retrasar el envejecimiento del betún.

Es por ello por lo que la presente investigación tiene como objetivo general:

-Analizar el efecto de la adición de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno como filler en una mezcla asfáltica en caliente

Y los objetivos específicos que contribuirán a su realización:

-Analizar la granulometría de los agregados para una mezcla asfáltica modificada con polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno, garantizando que esté dentro de los límites establecidos.

-Evaluar el efecto de los contenidos de filler de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno en las propiedades de la mezcla asfáltica.

-Comparar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado (RP) y fibras de polipropileno (PP) frente a una mezcla asfáltica convencional; para porcentajes de 4%RP, 3%RP 2%RP y 0.2%PP, 0.3%PP, 0.4%PP.

-Realizar el análisis económico de la mezcla asfáltica patrón y la mezcla asfáltica modificada con polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno

Revisión de literatura

Guo Zemeng y Zongwu Chen [10] emplearon restos de construcción derivados de la demolición de pavimento rígido. En comparación con otros tipos de residuos de construcción, estos residuos presentan una composición más sencilla, pues se compone principalmente de mortero de cemento y agregado de piedra triturada. Primero se trituraron y molieron los bloques de concreto de desecho hasta convertirlos en polvo, posteriormente, este polvo reciclado (RP) se utilizó como material de relleno en la pavimentación asfáltica. Se aplicó el método de diseño Superpave, utilizando contenidos de agregado grueso, agregado fino y filler de 55%, 41% y 4%, respectivamente. Como relleno asfáltico utilizó polvo reciclado (RP), polvo de cal (PC) junto con cemento Portland (PC) y polvo de piedra caliza (LP) 4%RP, 3%RP+1%PC, 2%RP+2%CP, 1%RP+3%CP, 4% CP y, 4%LP. Como conclusión, se propone que al utilizar un relleno que contenga un 2% de polvo reciclado (RP) y un 2% de polvo de cal (PC), se puede obtener una resistencia adecuada frente a los daños por humedad. En la prueba de estabilidad Marshall (RMS), se alcanzó un valor superior al 85%, y en la prueba de resistencia a la tracción (TSR), se obtuvo un resultado mayor al 80%, cumpliendo con los requisitos técnicos mínimos de China. Además, se demostró una buena resistencia a la deformación a altas temperaturas, con una estabilidad térmica de 2981 pasadas por milímetro en el ensayo de ahuellamiento bajo una carga de rueda de 0.9 MPa, superando el mínimo de 2800 pasadas por milímetro bajo una carga de 0.7 MPa.

La investigación [13] tiene como objetivo evaluar la factibilidad de emplear polvo de concreto reciclado (RCP) como material de relleno en mortero asfáltico, se realizó un análisis y comparación de las diferencias en las propiedades físicas entre el polvo de piedra caliza (LSP) y el RCP. En este estudio se seleccionaron tres relaciones de peso de relleno a asfalto (F/A) diferentes: 0,6, 0,9 y 1,2. Asimismo, se investigaron diferentes niveles de reemplazo de LSP por RCP, incluyendo porcentajes de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% en masa. Se dio como resultados que el RCP utilizado como relleno en el asfalto presenta ventajas significativas en comparación con el LSP en términos de propiedades físicas. Estas ventajas incluyen una morfología de superficie mejorada, una mayor área de superficie específica y un tamaño de partícula más favorable. El tamaño de partícula general del RCP fue más pequeño que el del LSP, con distribuciones que variaron entre 1,10 y 138,04 μm para el RCP, mientras que para el LSP oscilaron entre 2,19 y 178,00 μm . Este tamaño de partícula más reducido en el RCP resultó en una mayor superficie específica, lo que implica una interacción más fuerte entre el RCP y el

asfalto. En comparación con LSPAM-0.9, la penetración y ductilidad a 15 °C de RCP-0.9–100% disminuyeron en un 9.3% y 29.2%, respectivamente, mientras que el punto de ablandamiento aumentó un 5.4%. Asimismo, el impacto de la relación F/A en el rendimiento del mortero asfáltico es mayor que el del RCP. En relación con LSPAM-0.6, LSPAM-0.9 y LSPAM-1.2, el factor de resistencia a la formación de surcos de RCPAM-0.6–100%, RCPAM-0.9–100% y RCPAM-1.2–100% aumentó al menos en un 6.2%, 5.3% y 4.7%, respectivamente. No se observaron cambios químicos significativos en la unión entre el relleno y el asfalto. La interacción entre ellos se produjo principalmente a través de reacciones físicas, sin modificaciones químicas relevantes.

Investigaciones recientes [14] han analizado el uso de residuos de construcción, como polvo de ladrillo (BD), polvo de hormigón (CD), polvo de vidrio (GP) y polvo de piedra caliza (LD), como materiales de relleno en mezclas de hormigón asfáltico. Las propiedades físicas de estos rellenos tienen un impacto crucial en la resistencia y el comportamiento volumétrico de las mezclas. Entre los materiales estudiados, el polvo de piedra caliza (LD) mostró la menor porosidad, lo que resultó en un menor contenido óptimo de asfalto (OAC) del 4,98%, en comparación con el polvo de hormigón (CD), que debido a su mayor porosidad, presentó un OAC ligeramente superior de 5,55%. En cuanto a la resistencia a la humedad, los rellenos con contenido mineral de calcio, como CD y LD, presentaron un desempeño notablemente mejor, con relaciones de resistencia a la tracción (TSR) de 85,27% y 86,85%, respectivamente, superando a otras mezclas. Además, el análisis de la clasificación GTRV, que mide la calidad general de las mezclas asfálticas, posicionó al LD como el relleno más eficiente, con un valor de 781, seguido por el CD con 608. También se observó que las mezclas que contenían LD y CD no solo eran las más sostenibles ambientalmente, al generar menos emisiones de gases de efecto invernadero, sino que además eran las más rentables en términos económicos, destacándose como la opción más viable para su aplicación en pavimentos asfálticos.

Este estudio [11] demuestra que la incorporación de microplásticos a base de polipropileno en las mezclas asfálticas modificadas en caliente, en proporciones del 0,1%, 0,3% y 0,6%, tiene un impacto notable en su rendimiento. Se observó que a medida que se incrementa la cantidad de polipropileno, la estabilidad de la mezcla mejora, lo que se debe a la capacidad del polipropileno de penetrar entre las partículas y mejorar la cohesión entre los agregados. Sin embargo, al aumentar el contenido a 0,6%, se produce una disminución en la estabilidad Marshall en comparación con el asfalto tradicional, lo que afecta la interacción entre el ligante

PP-asfalto y las partículas agregadas. De acuerdo con la norma STAS 174-197, la mezcla asfáltica tipo BA8 requiere una estabilidad mínima de 6,0 kN, requisito que todas las mezclas evaluadas cumplieron. Las evaluaciones basadas en las propiedades Marshall indican que el contenido óptimo de polipropileno es del 0,3%, ya que este porcentaje minimiza la formación de grietas después de los ciclos de congelación y descongelación. No obstante, se detectó que a mayor contenido de polipropileno, los valores de flujo aumentan, lo que indica una mayor deformación bajo presión y una disminución en la resistencia a la deformación, particularmente cuando el contenido de PP alcanza el 0,6%.

En este estudio [15] se sintetizó un polímero a partir de residuos de polipropileno (PPR), compuesto en un 80% por polipropileno desechado, junto con otros materiales como anhídrido maleico y estireno, conocidos por su compatibilidad con el betún. Este polímero fue utilizado como modificador en el betún en proporciones de 3%, 4%, 5% y 6% en peso del ligante total. Se realizaron diversas pruebas en los betunes base y en los betunes modificados con PPR, utilizando técnicas como microscopía fluorescente, ensayos de penetración, punto de ablandamiento, viscosidad mediante viscosímetro rotacional (RV) y análisis mediante reómetro de corte dinámico (DSR). Los resultados mostraron que el uso del PPR incrementa significativamente la rigidez del aglutinante y mejora sus propiedades termo-mecánicas. Por ejemplo, con un 6% de PPR, la penetración disminuye a 27 dmm y el punto de ablandamiento aumenta a 76°C, comparado con el betún base que presenta una penetración de 62 dmm y un punto de ablandamiento de 50,5°C. Además, la viscosidad del betún modificado con 6% de PPR es de 687,5 cP, frente a los 412 cP del betún base. Las pruebas DSR confirmaron una mejora en el comportamiento viscoelástico, lo que refleja una mayor elasticidad y rigidez en los aglutinantes modificados. Estos resultados destacan no solo el impacto positivo del polímero de desecho en el rendimiento del betún, sino también sus beneficios económicos y ambientales, al reducir la formación de surcos en el pavimento de hormigón asfáltico.

Esta investigación [16] se centra en mejorar la resistencia del pavimento a las altas tensiones y temperaturas mediante la incorporación de polímeros plásticos como modificadores en el ligante y la mezcla asfáltica. Se analizaron tres tipos de polímeros plásticos: polipropileno (PP), polietileno de baja densidad (LDPE) y acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), aplicados en proporciones del 3%, 5% y 7%, con el objetivo de evaluar su impacto en la resistencia a la formación de surcos. Se llevaron a cabo pruebas de seguimiento de ruedas para medir el rendimiento de estas mezclas asfálticas modificadas. Los resultados indican que, al aumentar

el contenido de PP, se produce una disminución progresiva en el nivel de penetración del betún, reduciéndose un promedio del 16% por cada incremento del 3% de PP. Con un contenido del 7%, la penetración se redujo en un 40%, alcanzando un valor mínimo de 4,0 mm. Además, el punto de ablandamiento del betún modificado aumentó en un 4%, 7% y 17% para contenidos de PP del 3%, 5% y 7%, respectivamente, registrándose un máximo de 54°C con un 7% de PP. En cuanto al contenido óptimo de betún (OBC), se observó una disminución del 4%, 7% y 9% con las mismas proporciones de PP, alcanzando un mínimo de 3,92 con el 7% de PP frente a 4,33 del asfalto no modificado. Finalmente, el análisis de resistencia a la formación de surcos mostró que, al aumentar el contenido de PP en la mezcla, la resistencia mejoró en un 13%, 20% y 30% para los niveles de 3%, 5% y 7%, respectivamente. El menor valor de profundidad de surco, de 3,07 mm, se obtuvo con un 7% de PP, lo que evidencia la efectividad de este polímero para mejorar el rendimiento del pavimento.

El artículo peruano [17] sobre infraestructura vial analiza el uso de diferentes tipos de fibras en mezclas asfálticas, centrándose en cómo mejoran sus propiedades mecánicas. Se examinan factores como el porcentaje y la longitud ideales de las fibras, el rendimiento de las mezclas según el tipo de betún y la rentabilidad de utilizar fibras. Según una revisión, la combinación de polipropileno y poliéster en una proporción del 0,5% optimiza la resistencia de las mezclas asfálticas frente a la humedad, reduciendo la pérdida de resistencia y la formación de grietas. Además, el estudio de Javani y colaboradores destacó que fibras sintéticas como el polipropileno y el vidrio reciclado mejoran la resistencia a la formación de surcos, prolongan la vida útil ante la fatiga y reducen el agrietamiento por reflexión, lo que refuerza la durabilidad de las carreteras. Aunque el uso de fibras de polipropileno en mezclas asfálticas en caliente (HMA) implica un mayor costo inicial, como se indica en el estudio de Alnadish y Aman, este costo es compensado por el aumento del ciclo de vida del pavimento, resultando en un enfoque más económico a largo plazo debido a su menor necesidad de mantenimiento. Finalmente, Koçkal y Köfteci demostraron que el uso de un 7,5% de polipropileno en mezclas asfálticas minimiza los efectos ambientales y optimiza la estabilidad Marshall, subrayando la eficiencia de estas fibras en mejorar el rendimiento de los pavimentos.

El artículo de revisión [18] realizó una revisión de 50 artículos entre 2010 y 2021, utilizando bases de datos como Scopus, Scielo, ScienceDirect y EBSCO, para analizar los efectos de las fibras en la resistencia a la compresión del hormigón. Se buscó identificar mejoras en la resistencia del concreto con la adición de fibra de polipropileno, evaluando diferentes

dosificaciones. Los resultados mostraron que esta fibra incrementa la capacidad a tracción, disminuye la trabajabilidad y mejora la ductilidad del concreto. La fibra de polipropileno, un material sintético de alta tenacidad y resistencia química, se integra fácilmente al hormigón debido a su tamaño fino y ligero. Se observó que la cantidad óptima de fibra es de 400 g/m³, lo que incrementa la resistencia a la compresión en un promedio del 3,02%. Además, comparaciones entre hormigones simples y reforzados sometidos a altas temperaturas revelaron una mayor resistencia residual a la tracción y flexión en los hormigones con fibra, a pesar de una disminución del 75% en su resistencia a la compresión inicial.

Este otro artículo de revisión [19] concluye que el uso de agregados reciclados en lugar de los naturales es una opción viable para reducir el impacto ambiental del concreto. En cuanto a la producción de concreto utilizando residuos de demolición y construcción (RCD), uno de los principales desafíos es encontrar una combinación adecuada que garantice un rendimiento mecánico óptimo. Los estudios sugieren que, desde una perspectiva económica, resulta beneficioso emplear estos residuos, siempre que se limiten a reemplazos que no superen el 50%, preferiblemente en los agregados finos. Por ejemplo, se ha demostrado que al utilizar una mezcla con una relación agua/cemento de 0.35, donde se reemplazó un 10% de la pasta de cemento por agregado fino reciclado y en otra mezcla por arena de río, la resistencia aumentó en un 7% y 37%, respectivamente. Además, si se busca mejorar tanto la resistencia como la durabilidad del concreto con RCD, se ha comprobado que triturar los residuos hasta convertirlos en polvo y sustituir un 15% del cemento mejora significativamente sus propiedades.

Bases teóricas

Pavimento

Del [9] el pavimento es una estructura compuesta por diversas capas que se construye sobre la base de una carretera para resistir y distribuir las cargas generadas por los vehículos, mejorando así la seguridad y comodidad del tráfico. Está compuesto principalmente por tres capas:

La capa de rodadura, que es la capa superior del pavimento y se encarga de soportar directamente el tráfico. Esta capa puede estar constituida por materiales como asfalto, hormigón de cemento Portland o adoquines.

La base, que se sitúa debajo de la capa de rodadura, es responsable principalmente de distribuir y transmitir las cargas generadas por el tráfico. Puede estar tratada con asfalto, cal o cemento, o estar compuesta de material granular drenante.

Por otro lado, **la subbase** es una capa de espesor determinado que sostiene tanto la capa de rodadura como la base. Además, cumple funciones de drenaje y regula la absorción de agua. Dependiendo del diseño y tamaño del pavimento, se puede prescindir de esta capa. La subbase puede estar compuesta de material granular o recibir tratamiento con asfalto, cal o cemento.

[20] Los pavimentos no solo brindan ventajas funcionales para los usuarios de las vías, sino que también constituyen un recurso esencial en los sistemas de transporte y en el correcto funcionamiento de la sociedad. Por ello, se les considera uno de los activos más valiosos dentro de la infraestructura vial.

Tipos de pavimentos

Existen tres tipos de pavimento [9] : pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos y pavimentos rígidos.

Los pavimentos flexibles se componen de capas granulares (subbase, base) y una capa de rodadura que utiliza materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y posiblemente aditivos. Un pavimento flexible típico [21] está compuesto por una capa bituminosa de mezcla asfáltica, con un espesor inferior a 0,15 metros, aplicada sobre una base granular. Además, puede incluir capas adicionales de subrasante tratada o estabilizada para reforzar la estructura de soporte del pavimento.

Los pavimentos semirrígidos son aquellos pavimentos que tienen una capa asfáltica sobre una base tratada con cemento o cal. Los pavimentos adoquinados también entran en la categoría de pavimentos semirrígidos.

Los pavimentos rígidos están compuestos por una capa de subbase granular, que puede ser reemplazada por una base granular o estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y posiblemente aditivos

Mezcla asfáltica en caliente

El HMA [22] (asfalto caliente mezclado) es una combinación de asfalto y agregados que proporciona resistencia y durabilidad a la superficie del pavimento. Sin embargo, debido al desgaste provocado por las altas cargas del tráfico vehicular, esta tecnología de pavimento requiere frecuentes tareas de mantenimiento y rehabilitación para mantener su funcionalidad. Las mezclas bituminosas [23], también conocidas como aglomerados, consisten en una combinación de áridos y un ligante hidrocarbonado que forma una capa continua alrededor de los áridos. Estas mezclas se crean mecánicamente en plantas fijas o móviles y luego se transportan al lugar deseado, donde se extienden y compactan. Las mezclas bituminosas se utilizan en una variedad de aplicaciones, como aeropuertos, superficies industriales, pistas deportivas y, por supuesto, en la construcción de calles y carreteras.

Propiedades mecánicas de HMA

Las propiedades mecánicas de los pavimentos asfálticos son esenciales para asegurar su rendimiento a lo largo del tiempo. Algunas de estas incluyen la capacidad para resistir cargas, la estabilidad frente a deformaciones, la durabilidad ante condiciones adversas, así como la resistencia al desgaste y a la aparición de fisuras:

La resistencia a la carga máxima, [24] la estabilidad Marshall se refiere a la carga máxima que puede soportar una muestra de pavimento asfáltico antes de fallar bajo una tasa constante de deformación. En ciertos casos, debido a la composición y el comportamiento de la mezcla, se puede observar una falla menos definida. Alternativamente, la estabilidad Marshall también se puede interpretar como la carga en la que la tasa de incremento comienza a disminuir, haciendo que la curva de carga se aplane. Esta propiedad varía según el tipo y distribución de los agregados, así como el tipo y cantidad de betún, y diferentes organismos establecen criterios específicos para evaluarla.

La deformación plástica, [24] El flujo Marshall mide la deformación total (elástica y plástica) que experimenta la mezcla asfáltica durante la prueba de estabilidad. Esta deformación se evalúa desde el punto en que la tangente de la parte lineal de la curva de carga intersecta el eje de deformación, hasta el momento en que la curva comienza a volverse

horizontal, que generalmente corresponde a la carga máxima. Si no se define claramente el punto de falla, se puede tomar como referencia un punto cercano a seis unidades de flujo o 1,5 mm a la derecha de la tangente. Un flujo demasiado alto indica que la mezcla es muy plástica e inestable, mientras que un valor bajo sugiere fragilidad excesiva.

La resistencia a la humedad, [25] es la capacidad de los morteros asfálticos para mantener su integridad mecánica tras la exposición al agua, lo cual depende de factores como el tipo de relleno y la cantidad de betún. El uso de cemento Portland, por ejemplo, mejora la rigidez y la resistencia al agua en comparación con otros rellenos.

La resistencia a la tracción y fisuración, [26] es uno de los principales mecanismos de deterioro en los pavimentos y ocurre cuando el material sufre daños progresivos debido a la aplicación repetida de cargas. Estas cargas, aunque menores que la capacidad máxima del pavimento, provocan un desgaste gradual en las capas, principalmente como resultado del tráfico constante. Con el tiempo, este proceso va debilitando la estructura del pavimento, llevándolo a desarrollar fisuras.

Durabilidad de una muestra de HMA, [27] la durabilidad de los pavimentos de asfalto depende en gran medida de la efectividad de la adherencia entre sus capas. Un buen sistema de unión garantiza que las capas trabajen juntas, evitando que actúen de forma independiente y generen tensiones y deformaciones desiguales. Si esta adherencia es insuficiente, pueden aparecer problemas como fisuras por deslizamiento, desprendimientos o fisuración temprana por fatiga, lo que reduce significativamente la vida útil del pavimento.

Cemento asfáltico

El cemento asfáltico [28] es un tipo de aglomerante bituminoso sólido que se utiliza en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente. Su función principal es proporcionar cohesión y resistencia a estas mezclas, permitiendo la adhesión y formación de una capa duradera en la superficie de los pavimentos.

Tabla N° 1: Cemento asfáltico respecto a la temperatura media anual

Temperatura Media Anual			
24° C o más	24° C - 15° C	15° C - 5° C	Menos de 5° C
40-50 o 60-70 o modificado	60-70	85-100 o 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: MTC

Agregados pétreos

El estudio del origen y la naturaleza de los agregados utilizados en las mezclas asfálticas es crucial [29] puesto que sus propiedades y características dependen principalmente de la roca madre de la cual provienen. Estos agregados pueden haber experimentado procesos naturales de fragmentación o haber sido triturados mecánicamente. Conocer su origen proporciona información sobre la composición mineralógica, resistencia y durabilidad, permitiendo evaluar posibles problemas de deterioro. Además, las propiedades físicas de los agregados, como la forma, textura y gradación, influyen en la resistencia mecánica, capacidad de drenaje y adherencia con el ligante bituminoso. Por tanto, comprender estas características es esencial para seleccionar los agregados adecuados que cumplan con los requisitos de desempeño en términos de durabilidad y resistencia en las mezclas bituminosas.

Normativa para los agregados

Los materiales que se utilizarán deberán cumplir los requerimientos [28] que se detallan a continuación:

Agregados Gruesos:

Tabla N° 2: Ensayos para agregado grueso en una MAC

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3000	>3000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx	15% máx
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx	35% máx
Adherencia	MTC E 517	95	95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% min	35% min
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx	10% máx
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx	0,5% máx
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx	1,0% máx

Fuente: MTC

Agregados Finos:

Tabla N° 3: Ensayos para agregado fino de una MAC

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3000	>3000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: MTC

Ensayos a los agregados

Granulometría AG y AF

La granulometría [30] es el proceso mediante el cual se analiza y clasifica el tamaño de las partículas que componen un material. Este análisis es fundamental para entender cómo la distribución de dichas partículas influye en las propiedades físicas y mecánicas del material, como su permeabilidad, estabilidad y capacidad de filtración, entre otros.

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31] :

Secado: La muestra se seca a 110°C hasta obtener un peso constante.

Tamices: Se seleccionan y ordenan tamices de tamaños adecuados. La muestra se coloca en el tamiz superior y se realiza el tamizado de forma manual o mecánica.

Control de material: Se debe evitar la sobrecarga de los tamices, asegurando que las partículas pasen varias veces por las aberturas.

Prevención de sobrecargas: Si es necesario, se puede dividir la muestra o usar tamices adicionales para prevenir la sobrecarga.

Duración del tamizado: El tamizado continúa hasta que menos del 1% del material retenido pase en un minuto.

Pesado: Se pesa el material retenido en cada tamiz y se compara con el peso original. La diferencia no debe superar el 0.3%.

Durabilidad (Al sulfato de Magnesio) AG y AF

La durabilidad al sulfato de magnesio [32] se refiere a la capacidad de los agregados, sometidos a un tratamiento químico con ciclos de inmersión en una solución de sulfato de magnesio, para resistir los efectos de la degradación bajo condiciones adversas, como la exposición a sales y humedad. Este proceso es utilizado para evaluar la resistencia de los agregados a la descomposición o pérdida de masa, lo cual es crucial en su desempeño dentro de mezclas asfálticas. Al reducir la porosidad y mejorar la integridad superficial, se busca aumentar la durabilidad de los agregados tratados, minimizando la absorción de agua y la necesidad de mayor cantidad de asfalto en la mezcla.

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31]:

Inmersión de las muestras: Las muestras se sumergen en una solución de sulfato de magnesio, asegurando que queden cubiertas al menos 1.5 cm bajo la solución. Este proceso dura entre 16 y 18 horas a una temperatura controlada de $21 \pm 1^\circ\text{C}$. Se utilizan tapas para evitar la evaporación o contaminación de la solución, y se pueden agregar mallas con pesos para mantener sumergidos agregados livianos.

Secado de las muestras: Después de la inmersión, las muestras se dejan escurrir por 15 minutos y luego se colocan en un horno a una temperatura de entre 105°C y 110°C hasta alcanzar un peso constante. Durante este proceso, se pesan periódicamente, sin enfriarlas, cada 2 a 4 horas. El peso se considera constante cuando la diferencia entre dos pesadas consecutivas es inferior al 1% en un intervalo de 4 horas.

Repetición de ciclos: El proceso de inmersión y secado se repite tantas veces como sea necesario, hasta completar el número de ciclos requerido para el ensayo.

Abrasión los Ángeles

El ensayo de abrasión Los Ángeles [33] evalúa la calidad y durabilidad de los agregados al medir su resistencia al desgaste y al impacto. Este ensayo proporciona información sobre la tenacidad de los agregados, así como su capacidad para resistir la abrasión al ser sometidos a la acción de bolas de acero que simulan las condiciones de desgaste a las que se enfrentan en el uso real, permitiendo obtener una medida de la resistencia del material a la intemperie.

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31]:

Colocar la muestra con las bolas de acero en la máquina y hacerla rotar entre 30 y 33 rpm durante 500 revoluciones.

Después de las revoluciones, tamizar el material a través de un tamiz de 1.70 mm (N° 12).

Lavar la fracción gruesa, secar en horno a 110°C hasta peso constante y pesar con precisión de 1 gramo.

Si el agregado está libre de polvo, el lavado puede omitirse, pero siempre es necesario secar antes del ensayo.

Tabla N° 4: Cantidad de esferas para ensayo de abrasión acorde a gradación

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: MTC

Tabla N° 5: Muestra necesaria para el ensayo de Abrasión acorde a gradación

Medida del tamiz (abertura)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Reten do sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1250 ± 25	∴	∴	∴
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	∴	∴	∴
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2 500 ± 10	∴	∴
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2 500 ± 10	∴	∴
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	∴	∴	2 500 ± 10	∴
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N° 4)	∴	∴	2 500 ± 10	∴
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	∴	∴		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: MTC

Partículas Chatas y Alargadas

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31]:

Secado: Si se evalúa por peso, secar la muestra a 110°C. Si es por número de partículas, no es necesario secado.

Tamizado: Separar las fracciones mayores de 9,5 mm o 4,75 mm, reduciendo si es necesario hasta obtener unas 100 partículas.

Clasificación: Usar un calibre para clasificar las partículas en chatas, alargadas o normales.

Proporciones: Determinar el porcentaje de cada tipo de partícula por peso o por número, según lo requerido.

Tabla N° 6: Peso para ensayo de Partículas Chatas y Alargadas

Tamaño máximo nominal malla cuadrada mm - (pulgada)	Peso mínimo de la muestra de
9,5 - (3/8)	1-(2)
12,5 - (1/2)	2 -(4)
19,0 - (3/4)	5 -(11)
25,0 - (1)	10 -(22)
37,5 - (1.1/2)	15 -(33)
50 - (2)	20 -(44)
63 - (2.1/2)	35 -(77)
75 -(3)	60 -(130)
90 - (3.1/2)	100 -(220)
100 -(4)	150 -(330)
112 - (4.1/2)	200 -(440)
125 -(5)	300 -(660)
150 -(6)	500 -(1100)

Fuente: MTC

Caras Fracturadas

Las caras fracturadas [34] se refieren al porcentaje de partículas de un material que presentan superficies rotas o fragmentadas como resultado de procesos de ruptura.

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31]:

Lavar y secar la muestra hasta peso constante.

Extenderla en una superficie plana y evaluar cada partícula.

Identificar las partículas con al menos una cara fracturada.

Clasificar las partículas en dos grupos: fracturadas y no fracturadas.

Calcular el porcentaje de partículas fracturadas por masa o número, según lo requerido.

$$P = \frac{F}{F + N} \times 100$$

P= porcentaje de partículas con el numero especificado de caras fracturadas

F=masa de partículas fracturadas

N=masa de partículas no fracturadas

Sales Solubles Totales AG y AF

Las sales solubles [35] son compuestos que se disuelven en agua, como los sulfatos, presentes en materiales como suelos y agregados, y pueden afectar la calidad de estos si su concentración es elevada.

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31]:

Secar la muestra en horno a 110°C hasta lograr un peso constante y registrar la masa.

Colocar la muestra en un vaso, cubrir con agua destilada y calentar hasta ebullición.

Agitar la mezcla cuatro veces en un período de 10 minutos.

Decantar el líquido, luego utilizar reactivos químicos (nitrato de plata y cloruro de bario) para detectar la presencia de cloruros y sulfatos.

Repetir el proceso hasta que no se detecten más sales, y juntar los líquidos.

Enfriar los líquidos, colocarlos en un matraz aforado, y si es necesario, concentrar mediante evaporación.

Tomar una porción del líquido, cristalizar en horno y registrar su masa.

Tabla N° 7: Muestra min. Para ensayo de Sales

Agregado Pétreo	Cantidad mínima (g)	Aforo mínimo (ml)
Grava 50 - 20 mm	1000	500
Grava 20 - 5 mm	500	500
Arena 20 mm	100	500

Fuente: MTC

Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos

El peso específico y absorción de agregados gruesos [36] mide la densidad del agregado, incluyendo su peso en estado seco, saturado y aparente, y la cantidad de agua que puede absorber. La absorción indica qué porcentaje de agua puede retener el agregado, afectando su desempeño en mezclas de construcción

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31]:

Secado de la muestra: Secar la muestra en horno a 110°C hasta obtener un peso constante, luego ventilarla a temperatura ambiente por 1 a 3 horas hasta que esté cómoda al tacto.

Inmersión en agua: Inmediatamente después de enfriarse, sumergir la muestra en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

Secado superficial: Retirar la muestra del agua y rodarla sobre un paño absorbente para eliminar el exceso de agua superficial, aunque las partículas aún estén húmedas.

Pesado en agua: Colocar la muestra en una canasta de alambre y pesarla sumergida en agua, asegurándose de remover cualquier aire atrapado.

Secado final: Secar la muestra nuevamente a 110°C hasta obtener un peso constante, dejarla enfriar y luego pesarla.

Cálculos:

Peso Específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

A=Peso de la muestra seca en el aire, gramos

B=Peso de la muestra saturada superficialmente en el aire, gramos

C=Peso en el agua de la muestra saturada

Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss):

$$P_{esss} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico aparente (Pea)

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Absorción (Ab)

$$P_b \% = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Gravedad Especifica y Absorción de Agregados Finos

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31]:

Preparación y llenado: Colocar 500 g de material en un frasco, llenar parcialmente con agua a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta alcanzar 500 cm^3 .

Eliminación de burbujas: Agitar el frasco manualmente o mediante vibración para eliminar las burbujas de aire. Esto puede tardar entre 15 y 20 minutos con el método manual.

Ajuste de temperatura: Una vez eliminadas las burbujas, ajustar la temperatura del frasco y su contenido a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y llenar el frasco hasta la capacidad calibrada.

Pesado total: Determinar el peso total del frasco, el espécimen y el agua.

Secado final: Retirar el agregado fino, secarlo en un horno a 110°C hasta peso constante, enfriar a temperatura ambiente, y luego pesar.

Cálculos:

Peso Específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$$

W₀= Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g

V= Volumen del frasco en cm³

V_a= Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida al frasco

Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{esss}):

$$P_{esss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

Peso específico aparente (P_{ea})

$$P_{ea} = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \times 100$$

Absorción (A_b)

$$A_b = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100$$

Equivalente de Arena

El Equivalente de Arena [37] es un método que asigna un valor numérico que representa la proporción de partículas finas similares a la arcilla presentes en una muestra de agregado. Este valor se utiliza para controlar la cantidad de partículas no deseadas en el material y asegurar su calidad, además de ser un procedimiento rápido que permite identificar cambios en la calidad del agregado durante su producción o instalación.

El procedimiento según el Manual de Ensayos [31]:

Preparación: Verter la muestra en una probeta y eliminar burbujas de aire golpeando la base. Dejar reposar 10 minutos.

Agitación: Agitar la probeta durante 30 segundos usando una máquina.

Enjuague: Enjuagar las paredes de la probeta con una solución lavadora, permitiendo que los finos suban.

Reposo: Dejar reposar la probeta 20 minutos en posición vertical.

Medición: Medir las alturas de la suspensión y del sedimento para obtener el valor del ensayo.

$$SE = (\text{lectura de arena}/\text{Lectura de arcilla}) \times 100$$

SE= Arena Equivalente

Azul de Metileno

El azul de metileno [38] es un método que mide la capacidad de adsorción de un colorante por una arcilla, expresado como un índice de azul de metileno. Este índice está relacionado con propiedades importantes de la arcilla, como su capacidad de intercambio catiónico y su resistencia en estado seco, lo que permite evaluar la calidad y características del material.

El procedimiento consiste en pesar 5 gramos de agregado fino que pasa por la malla N°200; añadir 250 ml de agua destilada a la muestra; incorporar Azul de Metileno gradualmente hasta que la solución adquiera un tono azul y observar visualmente el cambio de color para completar el ensayo.

Indice de Plasticidad

El índice de plasticidad [39] se refiere a la cantidad de agua necesaria para que un material, como una mezcla, adquiera una consistencia plástica, permitiendo que mantenga su forma sin desmoronarse durante el secado.

El procedimiento [31] parte mezclar la muestra de suelo con agua hasta obtener una pasta homogénea; moldear la pasta en forma de hilo delgado; enrollar el hilo sobre una superficie de vidrio; el hilo se rompe, definiendo el límite plástico, que indica la humedad crítica en la que el suelo cambia de un estado plástico a semisólido.

Cálculo:

$$\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

Indice de plasticidad:

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

L.L.= Límite Líquido P.L.=Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

Gradación para Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Dependerá de la granulometría de la muestra [28]:

Tabla N° 8: Gradación para una MAC

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: MTC

Filler

El filler o polvo mineral [28] es un material fino de origen mineral utilizado para rellenar vacíos, mejorar la adherencia entre el asfalto y el agregado, y aumentar la consistencia de las mezclas asfálticas. El relleno [40] es un material fino, como el polvo de hierro, que se añade al asfalto para mejorar su durabilidad, resistencia mecánica y sensibilidad a la humedad. Según [41] el relleno como la cal hidratada, polvo de piedra caliza, cemento o polvo de pastillas de freno, se añade al mortero asfáltico para mejorar la adherencia entre el asfalto y los agregados, y aumentar la resistencia a la humedad. Su uso optimiza las propiedades del mortero asfáltico, especialmente en condiciones de saturación de agua, mejorando su durabilidad y resistencia al daño por agua.

Residuos de construcción y demolición

Los RCD (Residuos de Construcción y Demolición) [42] son desechos generados durante la construcción, rehabilitación o demolición de infraestructuras tanto públicas como privadas. Estos residuos pueden clasificarse según su origen, incluyendo materiales de excavación, como tierra y rocas; restos de obras civiles, como asfalto y grava; y materiales de demolición, como ladrillos y hormigón. Los RCD aprovechables, como agregados pétreos y rellenos, pueden ser

reutilizados en nuevas construcciones, como bases y sub-bases de vías o como componentes de morteros y asfaltos, promoviendo la sostenibilidad en la construcción.

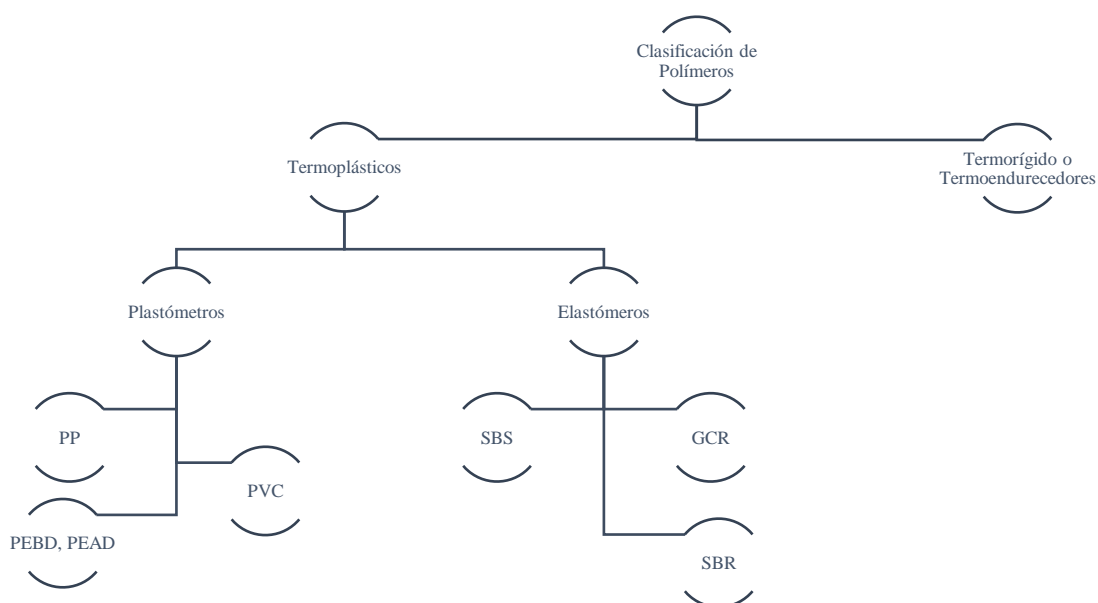
Polvo de concreto reciclado

El RCP (Polvo de Hormigón Reciclado) [43] es un material fino, con partículas menores a 0.075 mm, que se obtiene durante el proceso de reciclaje de hormigón demolido para producir agregado reciclado. Representa entre el 15-20% de los residuos de construcción y demolición, y contiene productos de cemento endurecido y compuestos de cemento sin hidratar. El RCP se utiliza como reemplazo del polvo mineral o cemento en mezclas de concreto o asfalto, promoviendo la sostenibilidad al maximizar la reutilización de estos residuos en la construcción.

Polímeros

Los polímeros [44] son compuestos utilizados en la modificación de mezclas asfálticas para mejorar sus propiedades. En asfalto destinado a climas cálidos, se añaden polímeros del tipo plásticos para aumentar la resistencia a la deformación permanente. En contraste, se utilizan polímeros elásticos para mejorar la flexibilidad y elasticidad a bajas temperaturas, lo que ayuda a reducir la fragilidad y las fisuras. La efectividad de estos polímeros en la modificación del asfalto depende de su tipo, ya sea elastómero o plastómero, y su inclusión en asfaltos convencionales busca proporcionar mayor estabilidad frente a deformaciones y fisuración.

Figura 1. Clasificación de polímeros



Fuente [44]

Polipropileno

El polipropileno [12] es un tipo de plástico reciclado que se utiliza en diversas aplicaciones, incluyendo la modificación de betunes en mezclas asfálticas. Su incorporación, junto con otros plásticos reciclados como el polietileno, se realiza de manera seca debido a su bajo costo y facilidad de uso. Aunque el polipropileno puede influir en algunas propiedades del betún, como la afinidad entre el agregado y el material, no mejora significativamente la resistencia al envejecimiento. Además, su uso puede aumentar la porosidad de las mezclas asfálticas y mejorar ligeramente ciertas características, como la resistencia al deslizamiento, convirtiéndolo en una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de pavimentos. El polipropileno [44] es un polímero utilizado en concreto asfáltico que mejora el módulo de rigidez, lo que permite una mayor capacidad de carga y reduce la transferencia de cargas a las capas inferiores. Aunque no altera significativamente la resistencia a la deformación plástica o a la fatiga, contribuye a un mejor rendimiento elástico al disminuir el ángulo de fase.

Método Diseño y Ensayo Marshall

El Ensayo Marshall [45] es un método tradicional utilizado para evaluar la estabilidad y el flujo de las mezclas de pavimento asfáltico. Este ensayo mide la resistencia de la mezcla asfáltica frente a cargas aplicadas y la deformación que sufre bajo dichas cargas. Aunque es un procedimiento laborioso y costoso, proporciona información clave sobre el comportamiento de la mezcla, tomando en cuenta variables como el contenido de asfalto, los agregados y la gravedad específica. [24] Este ensayo mide tanto la estabilidad como la deformación de una mezcla asfáltica bajo carga. El flujo Marshall, una de las variables clave, refleja la deformación total de la muestra desde el punto donde comienza la falla hasta que la curva de carga se aplanan, lo que indica el punto máximo de estabilidad. Si el flujo supera ciertos límites, la mezcla se considera inestable o demasiado plástica, y si está por debajo, demasiado frágil. Este ensayo es fundamental para evaluar la resistencia y elasticidad de las mezclas asfálticas. [46] El ensayo Rice complementa el proceso al proporcionar la densidad máxima teórica de la mezcla asfáltica. Esto se logra al eliminar el aire de la muestra y medir su densidad ideal sin vacíos, permitiendo luego comparar este valor con la densidad bulk.

Tabla N° 9: Parámetros acorde al tipo de mezcla

PARAMETROS DE DISEÑO	Clase de mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01"(0,25 mm)	8-14	8-14	8-14
4. Porcentaje de vacíos con aire (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
Inmersión-Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín)	75	75	75
Relación Polvo - Asfalto	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	1.700 - 4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Fuente: MTC

Tabla N° 10: Vacíos mínimos acorde a métodos de gradación

Tamíz	Vacíos mínimos en agregado	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N.º 8)	21	-
4,75 mm (N.º 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (1/2")	15	14
19,0 mm (3/4")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 1/2")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

Fuente: MTC

Ensayo de Lottman Modificado

El método de ensayo para determinar la resistencia al daño inducido por la humedad en mezclas asfálticas compactadas [47] evalúa el cambio en la resistencia a la tensión diametral de estas mezclas tras ser sometidas a saturación de agua y un proceso de acondicionamiento acelerado en un baño de agua a 60°C. Este ensayo utiliza equipos como contenedores de vacío, balanza, horno, y un marco de carga. Se prepara un grupo de especímenes, la mitad se prueba en condiciones secas y la otra mitad se somete a saturación parcial y

condicionamiento húmedo. Luego, se aplica una carga hasta que el espécimen presente una grieta vertical, midiendo así su resistencia a la humedad.

Ensayo de Tracción Indirecta

El Ensayo de Tracción Indirecta [32] es una prueba utilizada para medir la resistencia a la tracción en mezclas asfálticas mediante la aplicación de una carga diametral sobre briquetas. Esta prueba se realiza a 25°C utilizando una prensa de carga y siguiendo las normativas de la ASTM D6931. La resistencia a tracción indirecta (RTI) se calcula en función de la carga máxima soportada por la muestra, junto con sus dimensiones, y se evalúa tanto en condiciones secas como acondicionadas tras someter las muestras a un baño de agua a 60°C. Este ensayo es clave para determinar la durabilidad y comportamiento del asfalto frente a la humedad y otros factores.

Ensayo de Cántabro

[48] Menciona que el Ensayo de Cántabro es una prueba que mide la resistencia al desgaste por abrasión de las mezclas asfálticas. Consiste en someter briquetas compactadas a 50 golpes por cara a condiciones de abrasión en una máquina de Los Ángeles, evaluando las pérdidas tanto en seco como tras ser sumergidas en agua. Este ensayo permite establecer parámetros clave como el contenido óptimo de asfalto y las condiciones de mezcla y compactación, ayudando a evaluar la durabilidad y resistencia de las mezclas asfálticas frente al desgaste. [31] Cálculos:

$$P = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

Donde:

P = Valor de la pérdida por desgaste, en %

P1 = Masa inicial de la probeta, en gramos.

P2 = Masa final de la probeta, en gramos.

Materiales y métodos

Tipo de investigación

El propósito de la investigación está orientado hacia el tipo aplicada, ya que los datos obtenidos provienen de pruebas de ensayo de laboratorio que contribuyen a nuevos descubrimientos relacionados con el tema en cuestión. Además, en términos de enfoque, se puede clasificar como cuantitativo, dado que los resultados de los ensayos se evalúan en función del cumplimiento de los requisitos establecidos por las normativas peruanas. Este enfoque permite obtener mediciones y datos numéricos que respaldan los hallazgos de la investigación y brindan una base sólida para su aplicabilidad en la práctica.

Diseño de investigación

Se hace un diseño experimental, compuesta por las variables independientes de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno que combinadas se agregarán a una mezcla asfáltica en caliente como relleno o filler, lo que provocará cambios en sus propiedades como variable dependiente. Se utilizarán un grupo de control y dos grupos experimentales para lograr estos resultados.

Hipótesis

La adición de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno como filler en una mezcla asfáltica en caliente mejora sus propiedades mecánicas.

Variables

Dependientes: Propiedades Mecánicas de la Mezcla Asfáltica

Independientes: Polvo de Concreto Reciclado y Fibras de Polipropileno como Filler

Interviniente: Asfalto PEN 60/70

Optimización de variables

Tabla N° 11: Tabla de Variable Dependiente

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS	NORMATIVA
Dependiente	Propiedades Mecánicas de la Mezcla Asfáltica	Estabilidad	Kg	Ensayo Marshall	MTC E 504, ASTM D 1559
		Flujo	mm	Ensayo Marshall	MTC E 504, ASTM D 1559

	Resistencia al daño inducido por humedad	%	Ensayo de Lottman Modificado	MTC 522, AASTHO T283
	Resistencia a la Tracción Indirecta	Mpa	Ensayo de Tracción Indirecta	ASTM D4867
	Perdida de Desgaste	%	Ensayo de Cántabro	MTC E 515

Fuente: Propia

Tabla N° 12: Tabla de Variable Independiente

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	RANGO DE APLICACIÓN
Independiente	Polvo de Concreto Reciclado	Dosificación	%	2%,3% y 4%
	Fibras de Polipropileno	Dosificación	%	0.2%,0.3% y 0.4%

Fuente: Propia

Tabla N° 13: Tabla de Variable Interviniente

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE
Interviniente	Asfalto PEN 60/70
Tipo de tráfico	Tráfico Medio

Fuente: Propia

Población

Mezcla asfáltica en caliente patrón y mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de filler de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno.

Muestra

Para calcular el número de muestras necesarias para el ensayo, se utilizarán las normas de diseño del Método Marshall, como la ASTM D 1559. Además, el Manual de Ensayo de Materiales del MTC indica que se deben ensayar un mínimo de tres especímenes por cada porcentaje evaluado.

Tabla N° 14: N° de Briquetas de la Muestra Patrón para Ensayo Marshall

ENSAYO MARSHALL: MUESTRA PATRON					
% Filler	PEN 60/70				Total
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	
1%	3	3	3	3	12

Fuente: Propia

Tabla N° 15: N° de Briquetas de la Muestra Modificada 1 para Ensayo Marshall

ENSAYO MARSHALL: MUESTRA MODIFICADA 1					
% Polvo de Concreto Reciclado (RP)	PEN 60/70				Parcial
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	
2%	3	3	3	3	12
3%	3	3	3	3	12
4%	3	3	3	3	12
Total					36

Fuente: Propia

Tabla N° 16: N° de Briquetas de la Muestra Modificada 2 para Ensayo Marshall

ENSAYO MARSHALL: MUESTRA MODIFICADA 2					
% Optimo de RP + Polipropileno (PP)	PEN 60/70				Parcial
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	
0.2%	3	3	3	3	12
0.3%	3	3	3	3	12
0.4%	3	3	3	3	12
Total					36

Fuente: Propia

Tabla N° 17: N° de Briquetas para Ensayo Lottman

ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO			
PATRON	OPTIMO 1	OPTIMO 2	Total
6	6	6	18

Fuente: Propia

Tabla N° 18: N° de Briquetas para Ensayo Tracción Indirecta

ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA

PATRON	OPTIMO 1	OPTIMO 2	Total
3	3	3	9

Fuente: Propia

ENSAYO CÁNTABRO			
PATRON	OPTIMO 1	OPTIMO 2	Total
4	4	4	12

Fuente: Propia

Tabla N° 19: N° de Briquetas para Ensayo Cántabro

RESUMEN DE MUESTRA	
ENSAYO	PARCIAL
ENSAYO MARSHALL: MUESTRA PATRON	12
ENSAYO MARSHALL: MUESTRA MODIFICADA 1	36
ENSAYO MARSHALL: MUESTRA MODIFICADA 2	36
ENSAYO LOTMAN MODIFICADO	18
ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA	9
ENSAYO CÁNTABRO	12
TOTAL	123

Fuente: Propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla N° 20: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos	Guías de observación
	Análisis documental
Instrumentos de recolección de datos	Guías de observación

Fuente: Propia

Procedimiento

•Recopilación de información bibliográfica relacionada con el tema de estudio: Este proceso implica llevar a cabo búsquedas exhaustivas en diversas fuentes, tales como bases de datos científicas reconocidas, bibliotecas virtuales, repositorios académicos y catálogos de bibliotecas especializadas. Se emplea una variedad de términos clave y criterios de búsqueda específicos para garantizar la exhaustividad y relevancia de la información recopilada. Además de consultar libros especializados y artículos científicos, se exploran también informes técnicos, tesis académicas y otros documentos pertinentes que contribuyan a proporcionar una visión completa

y actualizada del tema de estudio. Este proceso no solo se centra en la obtención de datos cuantitativos, sino que también busca comprender las diversas perspectivas y enfoques teóricos presentes en la literatura existente. La selección cuidadosa de fuentes confiables y actualizadas es fundamental para garantizar la calidad y validez de la información recopilada durante esta fase crucial de la investigación.

- Revisión exhaustiva de las diferentes normas técnicas peruanas relacionadas directamente con el tema de estudio: Esta etapa implica un análisis detallado de las normativas y estándares técnicos vigentes en Perú que guardan relación con el ámbito de investigación. Se lleva a cabo una exhaustiva revisión de normas emitidas por organismos reguladores pertinentes, con el objetivo de comprender y aplicar las pautas y lineamientos específicos que estas establecen. Estas normas actúan como una guía fundamental para el desarrollo de la investigación, asegurando que el estudio se lleve a cabo en conformidad con los estándares y requisitos establecidos por las autoridades competentes. La identificación y comprensión de estas normativas no solo garantizan la integridad y calidad de la investigación, sino que también contribuyen a fortalecer la validez y la aplicabilidad de los resultados obtenidos, alineándolos con las regulaciones y expectativas del entorno normativo en Perú. Este proceso de revisión minuciosa se traduce en un enfoque robusto y riguroso, crucial para la realización de investigaciones que cumplan con los más altos estándares de calidad y ética en el contexto normativo específico del país.

- Para la obtención de los agregados pétreos. El agregado grueso se extrajo de la Cantera Tres Tomas que queda ubicada en la ciudad de Ferreñafe del departamento de Lambayeque, Perú y el agregado fino se obtuvo de la Cantera La Victoria que está ubicada en la ciudad de Pátapo del departamento de Lambayeque, Perú.

- Obtención de material reciclado en desmontes de residuos de construcción o demolición en la Provincia de Chiclayo y sus alrededores. Se buscó identificar y recopilar materiales reciclables en áreas de demolición y depósitos de residuos de construcción, promoviendo prácticas sostenibles y estableciendo colaboraciones con empresas locales y autoridades ambientales para garantizar el cumplimiento de normativas. Este proceso respalda la gestión eficiente de recursos y la sostenibilidad en proyectos de construcción en la región.

Figura 2. Ubicación de obtención de material reciclado



• Trituración del material reciclado con la máquina de Los Ángeles para obtener polvo de concreto: Este paso implica usar la máquina de Los Ángeles para triturar el material reciclado, asegurando la calidad y uniformidad del polvo resultante.

Figura 3. Trituración de concreto reciclado.



• Obtención de las fibras de polipropileno. Estas fibras fueron adquiridas a través de la empresa "Z ADITIVOS", destacada por su especialización en suministrar materiales y aditivos de alta calidad. Este paso crucial del proceso implica la integración de fibras de polipropileno

provenientes de dicha empresa, que se caracteriza por su experiencia en proporcionar soluciones innovadoras para mejorar las propiedades del concreto. La elección de fibras de polipropileno de "Z ADITIVOS" no solo se basa en la calidad del material, sino también en su contribución a la resistencia y durabilidad del concreto, aspectos fundamentales para la presente investigación.

Figura 4. Obtención de las fibras de polipropileno



•El ensayo de granulometría es una técnica crucial en el análisis de materiales granulares. Para llevar a cabo este proceso, la muestra en cuestión debe estar completamente seca a $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Se seleccionan y ordenan los tamices de forma decreciente según su tamaño de abertura (1/2, 3/8, 4, 10, 40, 80, 200). Es esencial limitar la cantidad de material por tamizar para asegurar que las partículas tengan la oportunidad adecuada de ser retenidas en los tamices, evitando así la sobrecarga del material. Una vez completado el tamizado, se procede a pesar meticulosamente cada una de las partículas retenidas en cada tamiz.

Figura 5. Ensayo granulométrico.



•El ensayo de Abrasión Los Ángeles se inició preparando una muestra con la gradación B conforme a las especificaciones normativas. Se pesaron 2500 gramos de agregado retenido en una malla de 1/2 pulgada y otros 2500 gramos en una malla de 3/8 pulgada. Estos agregados se introdujeron en la máquina Los Ángeles junto con 11 esferas de acero y se sometieron a un total de 500 ciclos de rotación a una velocidad constante de entre 30 y 33 revoluciones por minuto. Se retiró el material de la máquina y se tamizó nuevamente utilizando una malla N°12. El material más grueso resultante fue lavado y secado en horno hasta alcanzar un peso constante, permitiendo así determinar la pérdida de masa por abrasión.

Figura 6. Ensayo de Abrasión los Ángeles



•Para el ensayo de partículas chatas y alargadas, se comienza seleccionando una muestra representativa del material. Tras un tamizado preliminar para eliminar partículas extremadamente finas o gruesas, se procede al tamizado específico utilizando tamices diseñados para identificar partículas con formas planas o alargadas. Cada fracción obtenida en estos tamices se pesa individualmente, y luego se realiza el cálculo para determinar el porcentaje de partículas chatas y alargadas en relación con el peso total de la muestra.

Figura 7. Ensayo de partículas chatas y alargadas



•El ensayo de Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos consiste en seleccionar una muestra representativa de 3 kg de agregado grueso, eliminando previamente el material que pasa por el tamiz N° 4. La muestra se sumerge en agua durante 24 horas, luego se seca superficialmente con un paño y se pesa en su estado saturado. Posteriormente, se pesa sumergida en agua y, tras secarla en un horno, se mide su peso seco final. Estos valores permiten calcular el peso específico y la absorción del agregado grueso.

Figura 8. Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos



•El ensayo de caras fracturadas inicia con la selección y cuarteo de una muestra representativa, seguida de un tamizado preliminar para eliminar partículas demasiado finas o gruesas. Posteriormente, se realiza el lavado en el tamiz N°04 y se establece el peso de la muestra. Mediante inspección visual, las partículas se analizan para determinar si tienen fracturas visibles que cubran al menos 1/4 de su área transversal, clasificándolas en dos grupos: aquellas con una o dos caras fracturadas y las que no presentan fracturas. Finalmente, los pesos de cada grupo se registran para completar el análisis del material.

Figura 9. Ensayo de caras fracturadas



•Para realizar el ensayo de sales solubles totales de AG, se seleccionaron 500 g de agregado grueso, los cuales fueron sumergidos en agua destilada durante un período de 24 horas. Pasado este tiempo, el agua destilada fue transferida a un recipiente adecuado y sometida a calentamiento. Luego, se dejó enfriar el líquido, que posteriormente fue filtrado utilizando papel filtro. De la muestra filtrada, se extrajeron 50 ml y se colocaron en un vaso precipitado para análisis. Finalmente, se registraron los pesos de las muestras, y los resultados se ingresaron en una hoja de cálculo para verificar su conformidad con la normativa vigente.

Figura 10. Ensayo de sales solubles totales de agregado grueso



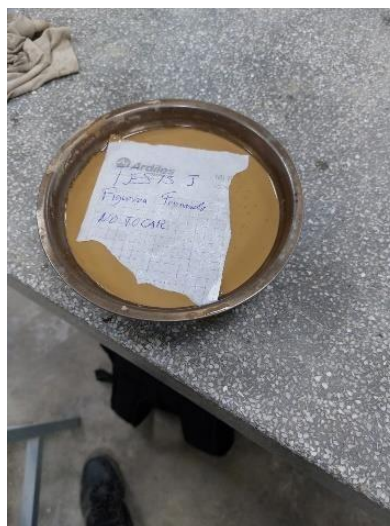
•El ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio comienza determinando el peso específico con una mezcla de agua destilada, estas muestras se lavan, secan en horno por 24 horas y luego se sumergen en una solución de sulfato de magnesio que las cubre al menos 1,5 cm durante 16 a 18 horas a una temperatura controlada de $21 \pm 1^\circ\text{C}$, con los envases cubiertos para evitar evaporación o contaminación. Después de la inmersión, las muestras se escurren durante 15 minutos y se secan en horno a 105°C - 110°C . Tras obtener el peso constante, se enfrían a temperatura ambiente y se repite el ciclo de inmersión y secado por cinco ciclos en total. Al finalizar, las muestras se lavan cuidadosamente para evitar daño a las partículas, se secan nuevamente y se tamizan para determinar el peso final y calcular las pérdidas de material.

Figura 11. Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio



•Ensayo de Gravedad Específica y absorción de agregados finos, se obtiene una muestra de 500 gramos de agregado fino que se coloca en una fiola. Luego, se introduce agua a la fiola y se agita para eliminar cualquier presencia de burbujas. Posteriormente, se lleva el nivel del agua hasta la marca de referencia y se permite que la mezcla repose durante un período de 24 horas. Finalmente, se procede a realizar una determinación del peso de la muestra.

Figura 12. Ensayo de gravedad específica y absorción de agregados finos



•En el ensayo de Equivalente de Arena, se comienza con una muestra de agregado fino de 1kg que ha sido previamente cuarteada. Posteriormente, se retiran 100 ml de agua de una galonera y se sustituyen por una solución stock, la cual es agitada durante un minuto. Esta mezcla se distribuye en tres probetas graduadas hasta la marca de 10 cm. Paralelamente, se compacta material fino humedecido en un molde utilizando 25 golpes. En cada probeta se introduce el material fino, que es agitado durante 100 revoluciones. Luego de un reposo de 15 minutos, se vuelve a agitar y se deja en reposo por 30 minutos más antes de tomar las lecturas finales, midiendo el asentamiento del material y compactándolo ligeramente para obtener los resultados requeridos.

Figura 13. Ensayo de equivalente de arena



•En el proceso del Azul de Metileno, se inicia con una muestra de 5 gramos de agregado fino que ha pasado a través de la malla N°200. Posteriormente, se añaden 250 ml de agua destilada a la muestra, y se procede a incorporar Azul de Metileno gradualmente hasta que la solución adquiera un tono azulino. Este método, utilizado para evaluar la capacidad de la muestra para retener el colorante, se basa en la observación visual del cambio de color en la solución. La cuidadosa adición del Azul de Metileno es esencial para garantizar la precisión de la prueba y la obtención de datos confiables en relación con las propiedades del agregado fino.

Figura 14. Proceso de azul de metileno



•Para el ensayo de Sales Solubles Totales en AF, se utilizaron 50 gramos de agregado fino, los cuales se sumergieron en agua durante 24 horas. Después de ese período, el agua destilada fue vertida en una tara y calentada. Una vez enfriada, se filtró utilizando papel filtro y se recolectaron 50 ml de muestra en un vaso precipitado. Finalmente, se registraron los pesos de las muestras y se compararon en una hoja de cálculo para verificar que cumplan con las normativas establecidas.

Figura 15. Ensayo de sales solubles totales en agregado finos



•Para determinar el índice de plasticidad del material, se tamizó una porción de arena a través de las mallas N°40 y N°200. Se saturó con agua destilada y se dejó reposar en una bolsa sellada durante 24 horas. Luego, para el límite plástico, se formaron cilindros pequeños de 3.2 mm de diámetro, los cuales fueron pesados antes y después de secarse en horno por 24 horas. Posteriormente, se determinó el límite líquido usando la copa de Casagrande, registrando el número de golpes necesarios para que las dos mitades del material se unieran. Las muestras fueron nuevamente secadas y pesadas, y los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo, verificándose conforme a las directrices del MTC.

Figura 16. Índice de plasticidad del material

•Del Manual de Ensayo de Materiales del MTC el procedimiento para el Ensayo Marshall parte de:

Dosificación, para empezar, se secan los agregados hasta alcanzar un peso constante en un horno a temperaturas entre 105 °C y 110 °C, eliminando cualquier traza de humedad que pueda alterar la mezcla asfáltica. Luego, se pesan las cantidades de cada fracción de agregado necesarias para que las muestras tengan una altura de 63,5 mm \pm 2,5 mm (cerca a los 1200g), asegurando la consistencia en cada muestra preparada.

Figura 17. Dosificación de los agregados



Figura 18. Dosificación de fibra de polipropileno



Se procede a calentar los agregados y el betún a la temperatura adecuada, permitiendo que ambos componentes se integren adecuadamente. Este calentamiento es esencial para que el betún se distribuya homogéneamente sobre los agregados, favoreciendo la cohesión y las propiedades mecánicas óptimas de la mezcla.

Figura 19. Calentamiento de los agregados y el betún



Después del calentamiento, los agregados y el material bituminoso se mezclan cuidadosamente durante un tiempo que oscila entre 60 y 120 segundos. Este periodo de mezclado permite que el betún recubra de manera uniforme cada partícula de agregado, lo que asegura una cohesión adecuada en la mezcla asfáltica y facilita su compactación. Este paso es clave para alcanzar las propiedades mecánicas necesarias en la mezcla.

Figura 20, Mezcla de los agregados y el material bituminoso



Compactación en Laboratorio, La mezcla asfáltica se coloca en el molde aún caliente, y se procede a distribuirla uniformemente. Con una varilla de chuseo, se compacta la mezcla realizando 15 golpes alrededor del perímetro y 10 en el centro. Acto seguido, se aplica un total de 50 golpes con el martillo de compactación en cada lado de la muestra, replicando el nivel de densidad que tendrá en condiciones para un tráfico medio.

Figura 21. Compactación de la mezcla asfáltica



Tras la compactación, se deja la muestra enfriar a temperatura ambiente, asegurando que se enfríe completamente antes de retirarla del molde. Este paso es crucial, ya que cualquier remoción prematura podría comprometer la integridad estructural de la muestra, logrando que las propiedades físicas de la mezcla se mantengan consistentes y listas para los ensayos posteriores de estabilidad y flujo en la prueba Marshall.

Figura 22. Elaboración de briquetas



Figura 23. Briquetas.



Ensayo con equipo Marshall (Estabilidad y Flujo), Las muestras se enfrían a temperatura ambiente antes de continuar con el proceso de medición. Una vez enfriadas completamente, se determina el peso específico bulk (densidad aparente) de cada muestra. Para calcular esta densidad, se mide el peso de la muestra en el aire y en el agua.

Figura 24. Peso de la muestra en el aire y en el agua



Las muestras se colocaron en un horno a 60 ± 1 °C durante 120 minutos y, posteriormente, se sometieron a un baño de aire a 25 ± 1 °C durante otros 120 minutos para estabilizar su temperatura.

Figura 25. Colocación de muestras al horno



Se coloca el espécimen en la máquina de ensayo Marshall y aplica una carga a una razón constante de 50 mm/min hasta que la carga máxima comience a decrecer. En este punto, se registra la estabilidad Marshall, que representa la máxima carga soportada antes de la falla.

También se mide el valor del flujo, que indica la deformación de la muestra en el momento de la falla, expresada en incrementos de 0,25 mm.

Figura 26. Ensayo de Marshall



•En el ensayo Rice, descrito en las normas ASTM D2041 y AASHTO T 209, se determina la densidad máxima teórica de una mezcla asfáltica. Primero se calienta la mezcla asfáltica, desmenuzándola para lograr que el asfalto recubra uniformemente los agregados. Luego, la muestra se introduce en un frasco volumétrico y se aplica vacío para eliminar el aire atrapado, permitiendo medir su peso tanto en agua como en aire. Con estos datos, se calcula la densidad máxima teórica, que representa la mezcla sin vacíos de aire. Finalmente, este valor se compara con la densidad aparente, o bulk, de la mezcla compactada para estimar el porcentaje de vacíos presentes.

Figura 27. Ensayo de rice



•Del Manual de Ensayo de Materiales del MTC el procedimiento para el Ensayo Cántabro: Preparación, las briquetas se mantienen durante un mínimo de seis horas a una temperatura controlada entre 15 y 30 °C, con una precisión de ± 1 °C. Luego, cada briqueta se pesa con una precisión de 0.1 g y se registra su peso inicial.

Figura 28. Ensayo de Cántabro



Las briquetas se colocan en el tambor de la máquina de Los Ángeles, sin las bolas abrasivas, y se hace girar el tambor a una velocidad de 30-33 rpm durante 300 vueltas. Al terminar, se pesa nuevamente cada briqueta con la misma precisión, registrando su peso final. Este proceso se repite con todas las briquetas para obtener un valor promedio de pérdida de masa, lo que permite caracterizar la resistencia al desgaste de la mezcla

Figura 29. Briquetas en máquina de los Ángeles



•Del Manual de Ensayo de Materiales del MTC el procedimiento para el Ensayo de Tracción Indirecta:

Se inicia al preparar las briquetas y sumergirlas en agua a 25 °C durante seis horas para asegurar que alcancen una saturación uniforme. Luego, cada muestra se coloca en una máquina de ensayo entre placas de carga de acero, cuidando que la presión se aplique a lo largo de su diámetro. La carga se incrementa a una velocidad constante de 50 mm/min hasta que ocurre la fractura. Finalmente, se registra el esfuerzo máximo soportado por cada briqueta justo antes de la rotura, lo que permite calcular la resistencia a la tracción de la mezcla.

Figura 30. Ensayo de tracción indirecta



•Del Manual de Ensayo de Materiales del MTC el procedimiento para el Ensayo al daño inducido por humedad:

Evaluación Inicial de las Briquetas; tras curar o calentar las briquetas, se determina su gravedad específica máxima teórica (G_{mm}) y se mide su espesor (t) y diámetro (D) según normas como MTC E 507 y MTC E 508. También se obtiene su densidad aparente (G_{mb}) y el porcentaje de vacíos de aire (P_a). Posteriormente, se dividen las briquetas en dos subgrupos de al menos tres briquetas cada uno, buscando que el promedio de vacíos de aire entre los subgrupos sea similar. Un subgrupo se mantendrá en condiciones secas mientras el otro será sometido a saturación parcial y ciclos de congelamiento y calentamiento.

Figura 31. Ensayo al daño inducido por humedad



Ejecución del ensayo; El subgrupo seco se almacena a temperatura ambiente y se sumerge en un baño de agua a 25 °C durante 2 horas antes del ensayo. Las briquetas del subgrupo húmedo se saturan al vacío, congelan y sumergen en agua tibia a 60 °C durante 24 horas. Luego, todas las briquetas se colocan en un baño de agua a 25 °C antes del ensayo final, que consiste en aplicar una carga de tensión indirecta a 25 °C hasta que las briquetas se fracturen. Tras el ensayo, se examina el interior de las briquetas en busca de signos de daño por humedad, evaluando visualmente el desprendimiento de agregados

Figura 32. Aplicación de una carga de tensión indirecta en las briquetas



Resultados

•Análisis Granulométrico

Tabla N° 21: Granulometría de agregados

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO
3"	76.200			
3/4"	19.000	0	0.0	0.0
1/2"	12.500	792	16.0	16.0
3/8"	9.500	536	10.8	26.8
N° 4	4.750	972	19.6	46.5
N° 10	2.000	592.0	12.3	58.8
N° 40	0.425	1107.0	23.0	81.8
N° 80	0.177	435.0	9.0	90.8
N° 200	0.075	203.0	4.2	95.1
< N° 200	FONDO	238.0	5.0	100.0

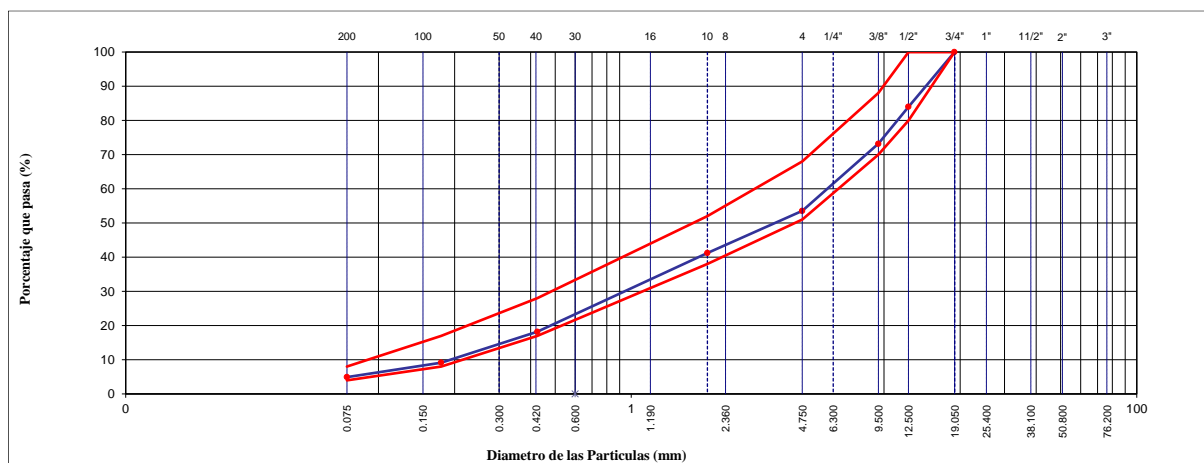
Fuente: Propia

Tabla N° 22: Resultados para MAC - 2

PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	
	MAC - 2	
100.0	100.0	
84.0	80.0	100.0
73.2	70.0	88.0
53.5	51.0	68.0
41.2	38.0	52.0
18.2	17.0	28.0
9.2	8.0	17.0
4.9	4.0	8.0

Fuente: Propia

Tabla N° 23: Curva granulométrica de los agregados



Fuente: Propia

Tras realizar el análisis granulométrico de la muestra, se observa que la curva granulométrica cumple de manera satisfactoria con la especificación MAC-2.

•Abrasión los Ángeles

Tabla N° 24: Resultados de Ensayo de Abrasión los Ángeles

% de desgaste por abrasión	%	19.1
% de uniformidad	%	0.6

El resultado del ensayo de abrasión Los Ángeles para el agregado grueso, que es del 19.1%, cumple ampliamente con el requisito establecido por la norma MTC E 207, que limita el desgaste máximo permitido al 40%.

•Partículas Chatas y Alargadas

Tabla N° 25: Resultados de ensayo Partículas Chatas y Alargadas

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ (pulg)	ABERTURA (mm)	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
1"	19			100						
3/4"	12.5	460	46.70	53.30	28.00	2.84		5.50	0.56	
1/2"	9.5	400	40.61	12.69	15.00	1.52		19.00	1.93	
3/8"	6.3	125	12.69	0.00	8.00	0.81		11.00	1.12	
TOTAL					51.00	5.18		35.50	3.60	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	985 (g)
--------------------------	---------

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	8.80 (%)
-------------------------------	----------

Fuente: Propia

El resultado del ensayo de partículas chatas y alargadas para el agregado grueso, que es del 8.80%, demuestra un cumplimiento satisfactorio con los estándares establecidos por la norma ASTM 4791, que fija un valor máximo permitido de 10%.

•Absorción del Agregado Grueso

Tabla N° 26: Resultado del ensayo de Absorción para A.G.

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.669
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.683
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.706
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.52

Fuente: Propia

El resultado del ensayo de Absorción para Agregados Gruesos, con un porcentaje de 0.52%, se ajusta satisfactoriamente a los parámetros establecidos por la norma MTC E 206, que especifica un máximo del 1%.

•Caras Fracturadas

Tabla N° 27: Resultados de ensayo con una cara fracturada

Con Una Cara fracturada

Tamaño del Agregado		A (g)	B (g)	C (B/A)*100)	D % Parcial	E Cx D	
Pasa Tamiz	Retenido T.						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1200.0	760	63.3	27.0	1710.0	
1/2"	3/8"	300.0	300	100.0	46.9	4690.0	
Total:		1500.0	1060.0	163.3	73.9	6400.0	
Porcentaje con una cara fracturada						$= \frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	86.6 %

Fuente: Propia

Tabla N° 28: Resultados de ensayo con más de una cara fracturada

Con dos o más Caras fracturadas

Tamaño del Agregado		A (g)	B (g)	C (B/A)*100)	D % Parcial	E Cx D	
Pasa Tamiz	Retenido T.						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1200.00	890	74.2	27.0	2002.5	
1/2"	3/8"	300.00	265	88.3	46.9	4142.8	
Total:		1500.0	1155.0	162.5	73.9	6145.3	
Porcentaje con dos caras fracturadas						$= \frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	83.2 %

Fuente: Propia

Los resultados del ensayo indican un cumplimiento satisfactorio con los requisitos establecidos por la norma MTC E 210. Para una cara fracturada, el porcentaje obtenido es del 86.6%, superando el mínimo requerido de 85%. Asimismo, para dos caras fracturadas, el resultado es del 83.2%, cumpliendo con el requisito mínimo de 50%.

•Sales Solubles del Agregado Grueso

Tabla N° 29: Resultado del ensayo de Sales Solubles Totales del Agregado Grueso

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	900
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.09

Fuente: Propia

El resultado del ensayo de Sales Solubles Totales del Agregado Grueso, con un porcentaje de 0.09%, evidencia un cumplimiento sobresaliente con el límite máximo establecido por la norma MTC E 219, que fija un tope de 0.5%.

•Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Grueso

Tabla N° 30: Resultados de ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio en Agregados

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	5.3
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	5.0
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	N° 4	3.7
9.5 mm	4.75 mm	
DESGASTE TOTAL %		14.0

Fuente: Propia

El ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Grueso arrojó un valor de 14%, cumpliendo adecuadamente con los límites establecidos en la norma MTC E 209, que permite un máximo de 18%

•Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Fino

Tabla N° 31: Resultados de ensayo Durabilidad al Sulfato de Magnesio en Agregado Fino

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8" 9.5 mm	N° 4 4.75 mm	0.8
N° 4 4.75 mm	N° 8 2.36 mm	0.7
N° 8 2.36 mm	N° 16 1.18 mm	0.4
N° 16 1.18 mm	N° 30 600 µm	0.3
N° 30 600 µm	N° 50 300 µm	0.2
N° 50 300 µm	N° 100 150 µm	2.3
DESGASTE TOTAL %		4.7

Fuente: Propia

El ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio del Agregado Fino mostró un valor de 4.7%, cumpliendo con los requisitos de la norma MTC E 209.

•Absorción del Agregado Fino

Tabla N° 32: Resultado del ensayo de Absorción del Agregado Fino

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.609
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.618
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.632
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.34

Fuente: Propia

El resultado del ensayo de Absorción del Agregado Fino, con un valor de 0.34%, se encuentra dentro de los parámetros especificados por la norma MTC E 205, la cual establece un máximo permitido de 0.5%

•Equivalente de Arena

Tabla N° 33: Resultados de ensayo Equivalente de arena

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	4	4.6	3.9
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3	3.4	2.6
EQUIVALENTE DE ARENA	69.23 %	73.91 %	66.67 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	70 %		

Fuente: Propia

El resultado del ensayo de Equivalente de Arena, con un porcentaje del 70%, demuestra un cumplimiento satisfactorio con el requisito mínimo establecido por la norma MTC E 114, que establece un mínimo del 60%

•Azul de Metileno

Tabla N° 34: Resultados del ensayo Azul Metileno

ENSAYO	UND	DATOS
Peso material preparado que pasa malla N°200	g	50.0
Peso material seco utilizado en la prueba	g	5.0
Agua destilada añadida	ml	250.0
Solución inicial de azul de Metileno en el Ensayo	ml	0.5
Solución final de azul de Metileno en el Ensayo	ml	5.0
Concentración Azul de Metileno en el Ensayo	%	8.0
VALOR AZUL DE METILENO	mg/g	1.3

Fuente: Propia

El resultado de 1.3 en el ensayo de Azul de Metileno claramente supera el valor máximo establecido por la norma AASHTO TP 57, que fija un límite de 8.

•Sales Solubles del Agregado Fino

Tabla N° 35: Resultado ensayo de Sales en agregado Fino

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	500
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.05

Fuente: Propia

El ensayo de Sales Solubles Totales del Agregado Fino arrojó un valor de 0.05%, mostrando un cumplimiento destacado frente al límite máximo de 0.5% establecido por la norma MTC E 219.

•Índice de Plasticidad (Malla N°40)

La muestra de ensayo de agregado fino no presenta plasticidad (NP) como lo manda la norma MTC E 111.

•Índice de Plasticidad (Malla N°200)

Tabla N° 36: Resultado del índice de plasticidad de los finos retenidos en la malla N°200

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	30.54
Límite Plástico	26.97
Índice de Plasticidad	3.57

Fuente: Propia

El resultado del índice de plasticidad de los finos retenidos en la malla N°200, con un valor de 3.57, cumple con eficacia con el límite máximo establecido por la norma MTC E 111, que fija un máximo de 4.

•Resumen de resultados de los agregados

Tabla N° 37: Resumen de resultados de los agregados

ENSAYOS	AG		AF	
	Altitud (m.s.n.m) ≤3000		Altitud (m.s.n.m) ≤3000	
	Resultado	Requerimiento	Resultado	Requerimiento
Abrasión de los ángeles	19.10%	40% Max	-	-
Partículas chatas y alargadas	8.70%	10% Max	-	-
Absorción	0.52%	1% Max	0.34%	0.5% Max
Caras fracturadas	86.6/83.2	85/50	-	-
Sales solubles totales	0.09%	0.5% Max	0.05%	0.5%Max
Durabilidad al sulfato de magnesio	14%	18% Max	4.70%	-
Equivalente de arena	-	-	70%	60% Min
Azul de metileno	-	-	1.3	8
Índice de plasticidad #40	-	-	NP	NP
Índice de plasticidad #200	-	-	3.57	4

Fuente: Propia

Se observan los resultados obtenidos tanto para el AG como para el AF, los cuales cumplen con la normativa establecida para altitudes ≤ 3000 por el MTC.

•Diseño de Mezcla asfáltica:

Este diseño de mezcla asfáltica convencional se realizó ajustando el contenido de cemento asfáltico en cuatro niveles: 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, con el objetivo de determinar la proporción óptima para obtener una muestra de 1200 gramos.

Tabla N° 38: Diseño de mezcla asfáltica convencional

BRIQUETA CONVENCIONAL PEN		4.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	44.37	532.5
Arena	52.54	50.17	602.1
Asfalto	4.5	4.50	54.0
Filler	1	0.96	11.5
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA CONVENCIONAL PEN		5.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	44.14	529.7
Arena	52.54	49.91	598.9
Asfalto	5	5.00	60.0
Filler	1	0.95	11.4
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA CONVENCIONAL PEN		5.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	43.91	526.9
Arena	52.54	49.65	595.8
Asfalto	5.5	5.50	66.0
Filler	1	0.95	11.3
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA CONVENCIONAL PEN		6.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	43.68	524.1
Arena	52.54	49.38	592.6
Asfalto	6	6.00	72.0
Filler	1	0.94	11.3
Total		100.00	1200.0

Fuente: Propia

Para el diseño de la primera mezcla asfáltica modificada con polvo reciclado, se ajustaron los niveles de cemento asfáltico a 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, incorporando un 2% de polvo de concreto reciclado.

Tabla N° 39: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 2% de polvo de concreto reciclado

BRIQUETA MODIFICADO PEN		4.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	43.44	521.3
Arena	52.54	49.12	589.4
Polvo Reciclado	2	2.00	24.0
Asfalto	4.5	4.50	54.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	43.21	518.5
Arena	52.54	48.86	586.3
Polvo Reciclado	2	2.00	24.0
Asfalto	5	5.00	60.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.98	515.8
Arena	52.54	48.60	583.1
Polvo Reciclado	2	2.00	24.0
Asfalto	5.5	5.50	66.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		6.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.75	513.0
Arena	52.54	48.33	580.0
Polvo Reciclado	2	2.00	24.0
Asfalto	6	6.00	72.0
Total		100.00	1200.0

Fuente: Propia

Para el diseño de la mezcla asfáltica modificada con polvo reciclado, se variaron los niveles de cemento asfáltico a 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, adicionando un 3% de polvo de concreto reciclado.

Tabla N° 40: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 3% de polvo de concreto reciclado

BRIQUETA MODIFICADO PEN		4.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.98	515.8
Arena	52.54	48.60	583.1
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Asfalto	4.5	4.50	54.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.75	513.0
Arena	52.54	48.33	580.0
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Asfalto	5	5.00	60.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.52	510.2
Arena	52.54	48.07	576.8
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Asfalto	5.5	5.50	66.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		6.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.28	507.4
Arena	52.54	47.81	573.7
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Asfalto	6	6.00	72.0
Total		100.00	1200.0

Fuente: Propia

En el diseño de la mezcla asfáltica modificada con polvo reciclado, se emplearon niveles de cemento asfáltico ajustados a 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, junto con la adición de un 4% de polvo de concreto reciclado.

Tabla N° 41: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 4% de polvo de concreto reciclado

BRIQUETA MODIFICADO PEN		4.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.52	510.2
Arena	52.54	48.07	576.8
Polvo Reciclado	4	4.00	48.0
Asfalto	4.5	4.50	54.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.28	507.4
Arena	52.54	47.81	573.7
Polvo Reciclado	4	4.00	48.0
Asfalto	5	5.00	60.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.05	504.6
Arena	52.54	47.54	570.5
Polvo Reciclado	4	4.00	48.0
Asfalto	5.5	5.50	66.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		6.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	41.82	501.8
Arena	52.54	47.28	567.4
Polvo Reciclado	4	4.00	48.0
Asfalto	6	6.00	72.0
Total		100.00	1200.0

Fuente: Propia

En el diseño de la mezcla asfáltica modificada con polipropileno, se emplearon porcentajes de cemento asfáltico de 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, junto con la adición de un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.2% de polipropileno.

Tabla N° 42: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.2% de polipropileno

BRIQUETA MODIFICADO PEN		4.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.89	514.6
Arena	52.54	48.49	581.9
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.2	0.20	2.4
Asfalto	4.5	4.50	54.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.65	511.9
Arena	52.54	48.23	578.7
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.2	0.20	2.4
Asfalto	5	5.00	60.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.42	509.1
Arena	52.54	47.96	575.6
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.2	0.20	2.4
Asfalto	5.5	5.50	66.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		6.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.19	506.3
Arena	52.54	47.70	572.4
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.2	0.20	2.4
Asfalto	6	6.00	72.0
Total		100.00	1200.0

Fuente: Propia

En el diseño de la mezcla asfáltica modificada con polipropileno, se emplearon porcentajes de cemento asfáltico de 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, junto con la adición de un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.3% de polipropileno.

Tabla N° 43: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.3% de polipropileno

BRIQUETA MODIFICADO PEN		4.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.84	514.1
Arena	52.54	48.44	581.3
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.3	0.30	3.6
Asfalto	4.5	4.50	54.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.61	511.3
Arena	52.54	48.17	578.1
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.3	0.30	3.6
Asfalto	5	5.00	60.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.38	508.5
Arena	52.54	47.91	574.9
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.3	0.30	3.6
Asfalto	5.5	5.50	66.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		6.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.14	505.7
Arena	52.54	47.65	571.8
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.3	0.30	3.6
Asfalto	6	6.00	72.0
Total		100.00	1200.0

Fuente: Propia

En el diseño de esta mezcla asfáltica modificada con polipropileno, se incorporaron porcentajes de cemento asfáltico de 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, además de un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.4% de polipropileno.

Tabla N° 44: Diseño de mezcla asfáltica convencional, incorporando un 3% de polvo de concreto reciclado y un 0.4% de polipropileno

BRIQUETA MODIFICADO PEN		4.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.79	513.5
Arena	52.54	48.39	580.6
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.4	0.40	4.8
Asfalto	4.5	4.50	54.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.56	510.7
Arena	52.54	48.12	577.5
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.4	0.40	4.8
Asfalto	5	5.00	60.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		5.50%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.33	508.0
Arena	52.54	47.86	574.3
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.4	0.40	4.8
Asfalto	5.5	5.50	66.0
Total		100.00	1200.0

BRIQUETA MODIFICADO PEN		6.00%	
MATERIAL	%DISEÑO	%MEZCLA	MASA (gr)
Piedra	46.46	42.10	505.2
Arena	52.54	47.60	571.2
Polvo Reciclado	3	3.00	36.0
Polipropileno	0.4	0.40	4.8
Asfalto	6	6.00	72.0
Total		100.00	1200.0

Fuente: Propia

•Resultados Marshall de mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica adicionando polvo de concreto reciclado

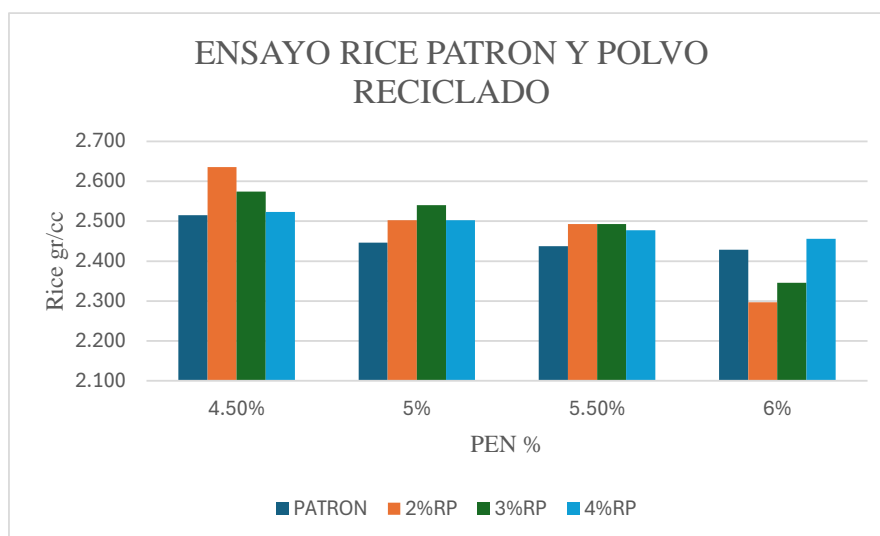
Rice:

Tabla N° 45: Resultados Rice de Mezcla convencional y mezcla con Polvo Reciclado

MEZCLA	PEN %			
	4.50%	5%	5.50%	6%
PATRON	2.515	2.447	2.437	2.428
2%RP	2.636	2.502	2.493	2.297
3%RP	2.574	2.540	2.493	2.346
4%RP	2.523	2.502	2.477	2.456

Fuente: Propia

Gráfico 1. Ensayo rice



En el ensayo RICE, se emplearon diferentes porcentajes de asfalto, específicamente 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Además de la mezcla convencional, se elaboraron combinaciones que incluían 2%, 3% y 4% de polvo reciclado. Tanto en la muestra convencional como en todas las adiciones, se observó una disminución en el valor RICE.

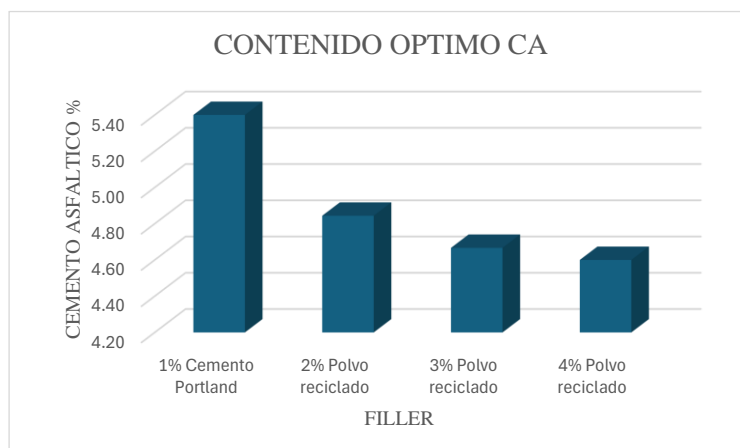
Contenido óptimo de cemento asfáltico:

Tabla N° 46: Resultados del contenido óptimo de cemento asfáltico

FILLER	CONTENIDO ÓPTIMO CA
1% Cemento Portland	5.40
2% Polvo reciclado	4.84
3% Polvo reciclado	4.67
4% Polvo reciclado	4.60

Fuente: Propia

Gráfico 2. Contenido optimo CA



Para determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico, se utilizó una muestra convencional patrón, junto con tres muestras adicionales a las que se incorporaron 2%, 3% y 4% de polvo reciclado, respectivamente. Tanto en la muestra convencional como en todas las muestras con adiciones, se observó una disminución en el valor óptimo de cemento asfáltico.

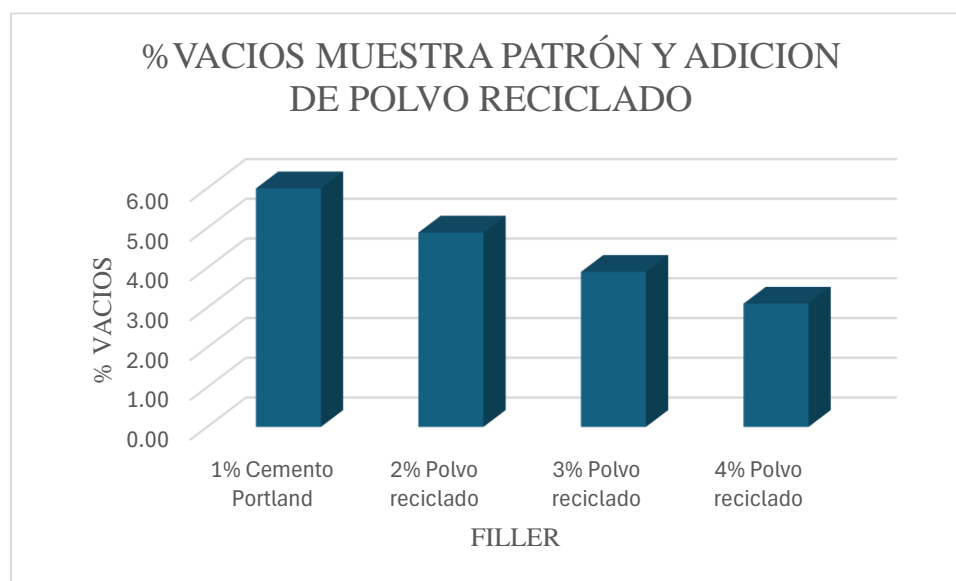
Porcentaje de vacíos:

Tabla N° 47: Resultados de Porcentajes Vacíos

FILLER	% VACIOS
1% Cemento Portland	6.00
2% Polvo reciclado	4.89
3% Polvo reciclado	3.90
4% Polvo reciclado	3.10

Fuente: Propia

Gráfico 3. Porcentaje de vacíos



Para evaluar el porcentaje de vacíos, se utilizó una mezcla convencional como referencia y tres mezclas adicionales, a las que se incorporaron 2%, 3% y 4% de polvo reciclado, respectivamente. En la mezcla convencional y en todas las muestras con polvo reciclado, se observó una disminución en el porcentaje de vacíos.

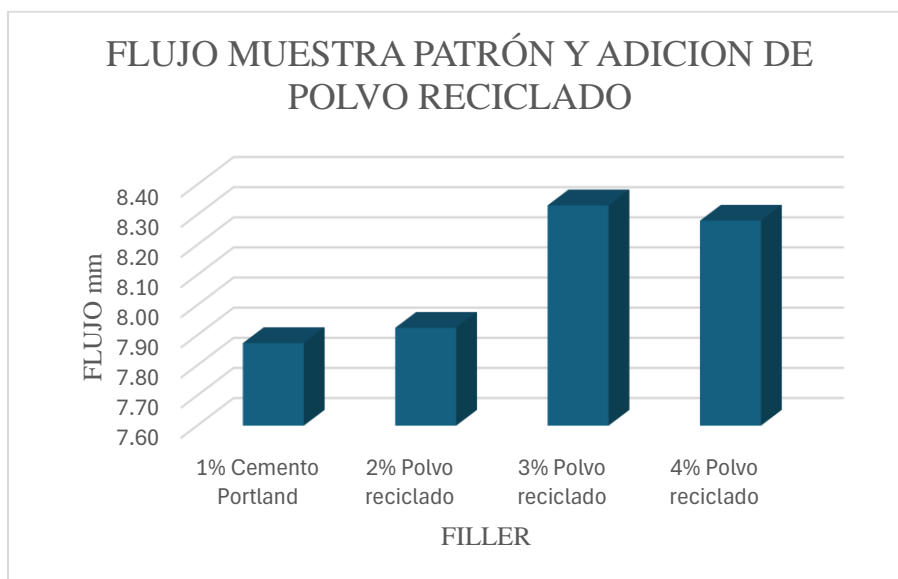
Flujo:

Tabla N° 48: Resultados del Análisis de Flujo

FILLER	FLUJO (mm)
1% Cemento Portland	7.87
2% Polvo reciclado	7.92
3% Polvo reciclado	8.33
4% Polvo reciclado	8.28

Fuente: Propia

Gráfico 4. Análisis de flujo



En el análisis de flujo, se utilizó una mezcla convencional de referencia junto con tres mezclas adicionales que contenían 2%, 3% y 4% de polvo reciclado, respectivamente. La muestra convencional mostró el valor de flujo más bajo, mientras que la mezcla con 3% de polvo reciclado presentó el valor de flujo más alto.

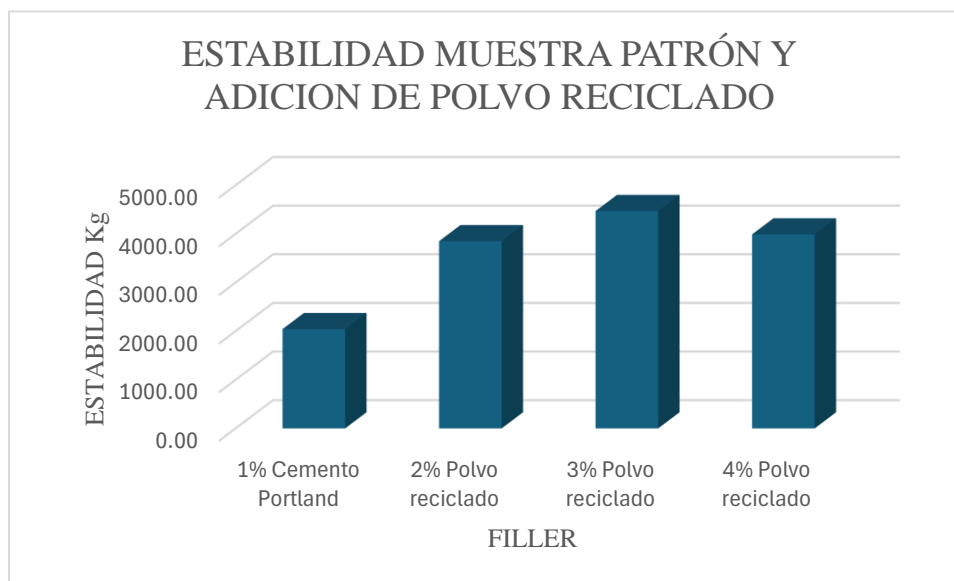
Estabilidad:

Tabla N° 49: Resultados del Análisis de Estabilidad

FILLER	ESTABILIDAD (Kg)
1% Cemento Portland	2042.00
2% Polvo reciclado	3850.00
3% Polvo reciclado	4470.00
4% Polvo reciclado	3990.00

Fuente: Propia

Gráfico 5. Análisis de estabilidad



En el análisis de estabilidad, se empleó una mezcla convencional patrón y tres mezclas adicionales con 2%, 3% y 4% de polvo reciclado, respectivamente. La mezcla convencional presentó el valor de estabilidad más bajo, mientras que la mezcla con 3% de polvo reciclado alcanzó el valor de estabilidad más alto con 4470 Kg.

Cuadro resumen de resultados:

Tabla N° 50: Cuadro Resumen de los resultados obtenidos

Marshall MTC E 504	REQUERIMIENTO	PATRON	2%RP	3%RP	4%RP
Golpes	50	50.00	50.00	50.00	50.00
Optimo Contenido C.A	-	5.40	4.84	4.67	4.60
Peso Unitario (gr/cm ²)	-	2.28	2.40	2.39	2.41
Vacios (%)	3-5	6.00	4.89	3.90	3.10
Vacios del Agregado mineral (%)	min 15	17.00	12.60	15.20	13.50
Vacios Llenados de C.A (%)	-	60.00	40.00	55.00	68.00
Flujo (mm)	8-16	7.87	7.92	8.33	8.28
Estabilidad (Kg)	5.44kN~554.73Kg	2042.00	3850.00	4470.00	3990.00
Relación Polvo Asfalto	0.6-1.3	1.10	0.98	0.95	0.93

Fuente: Propia

Tras analizar todos los valores obtenidos en las pruebas realizadas, se observa que la adición de polvo reciclado en un 3% ofrece el mejor rendimiento global en comparación con otros porcentajes. En esta proporción, se registran incrementos notables en la estabilidad y un flujo adecuado que equilibra la flexibilidad con la resistencia estructural. Además, el porcentaje de vacíos se mantiene en un nivel óptimo.

•Resultados Marshall de mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica óptima de polvo de concreto reciclado adicionando polipropileno

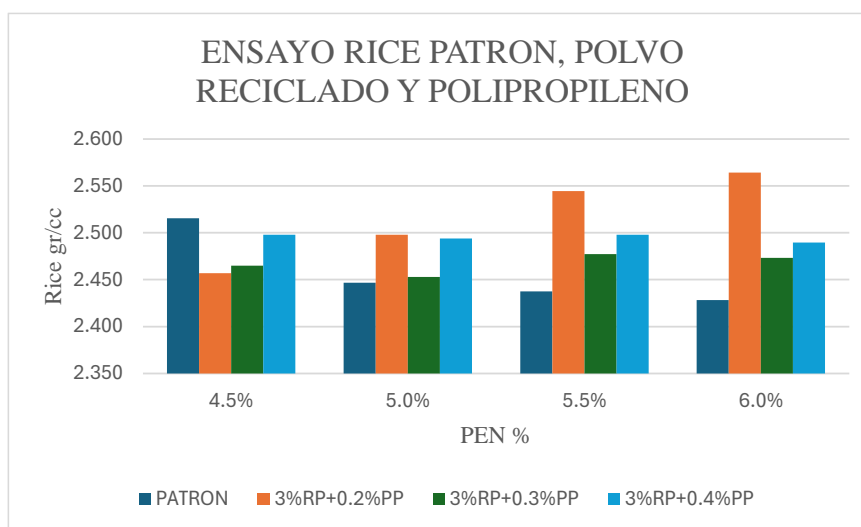
Rice:

Tabla N° 51: Resultados Rice de Mezcla convencional y una mezcla con Polvo Reciclado más Polipropileno

MEZCLA	PEN %			
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
PATRON	2.515	2.447	2.437	2.428
3%RP+0.2%PP	2.457	2.498	2.545	2.564
3%RP+0.3%PP	2.465	2.453	2.477	2.473
3%RP+0.4%PP	2.498	2.494	2.498	2.490

Fuente: Propia

Gráfico 6. Resultados ensayo rice



En el ensayo RICE, se utilizaron porcentajes de asfalto de 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Además de la mezcla convencional, se prepararon muestras con la adición de 3% de polvo reciclado junto con 0.2%, 0.3% y 0.4% de polipropileno. En la mezcla convencional patrón, se observó que el valor RICE disminuye conforme aumenta el porcentaje de asfalto; sin embargo, en las muestras con adiciones, se presenta una tendencia opuesta, donde un mayor porcentaje de asfalto se asocia a un incremento en el valor RICE.

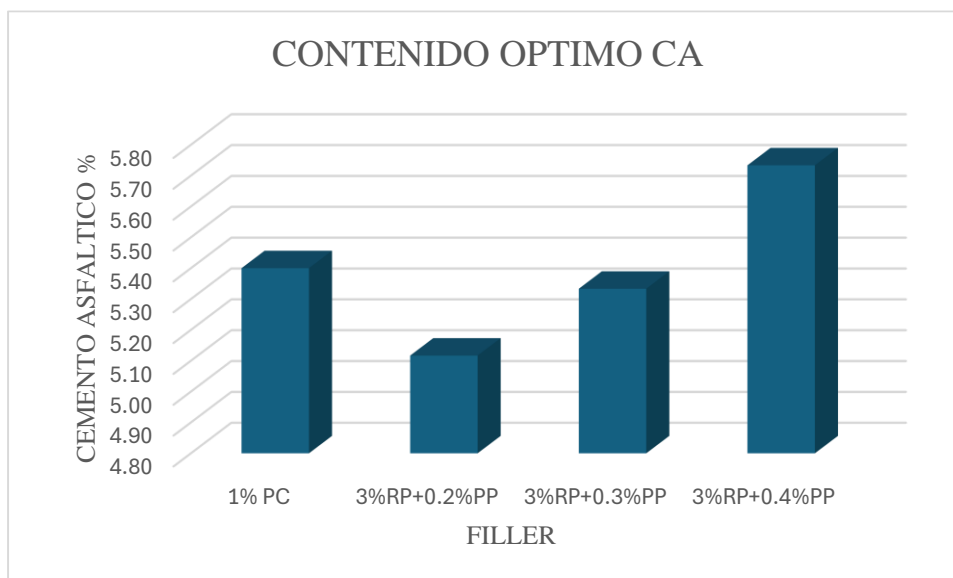
Contenido óptimo de cemento asfáltico:

Tabla N° 52: Resultados del contenido óptimo de cemento asfáltico añadiendo Polipropileno

FILLER	CONTENIDO ÓPTIMO CA
1% PC	5.40
3%RP+0.2%PP	5.12
3%RP+0.3%PP	5.33
3%RP+0.4%PP	5.73

Fuente: Propia

Gráfico 7. Resultados contenidos óptimo de cemento asfáltico



Para determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico, se utilizó una mezcla convencional patrón, además de tres mezclas a las que se añadieron 3% de polvo reciclado y proporciones crecientes de polipropileno (0.2%, 0.3% y 0.4%). En la muestra convencional y en todas las adiciones se observó un aumento en el valor óptimo de cemento asfáltico.

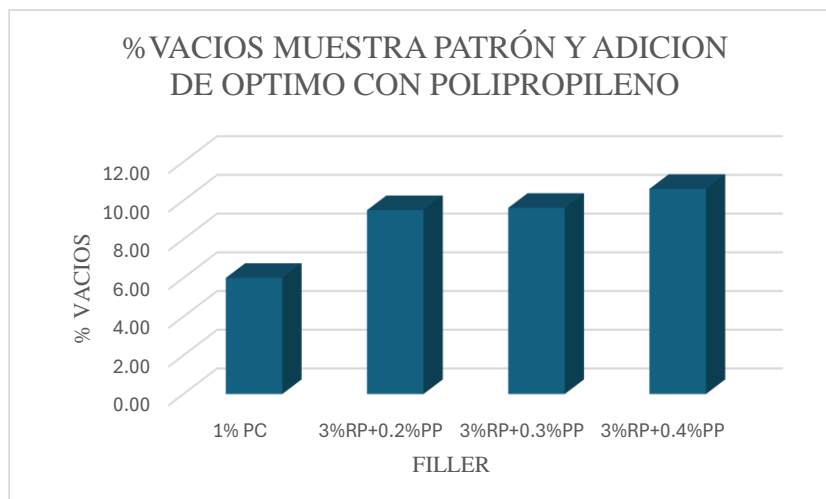
Porcentaje de vacíos:

Tabla N° 53: Resultados de Porcentajes Vacíos añadiendo Polipropileno

FILLER	% VACIOS
1% PC	6.00
3%RP+0.2%PP	9.50
3%RP+0.3%PP	9.62
3%RP+0.4%PP	10.60

Fuente: Propia

Gráfico 8. Resultados % de vacíos



En el análisis del porcentaje de vacíos, se utilizó una mezcla convencional de referencia y tres mezclas adicionales, a las que se añadieron 3% de polvo reciclado y 0.2%, 0.3% y 0.4% de polipropileno. Tanto en la mezcla convencional como en todas las adiciones se observó un aumento en el porcentaje de vacíos.

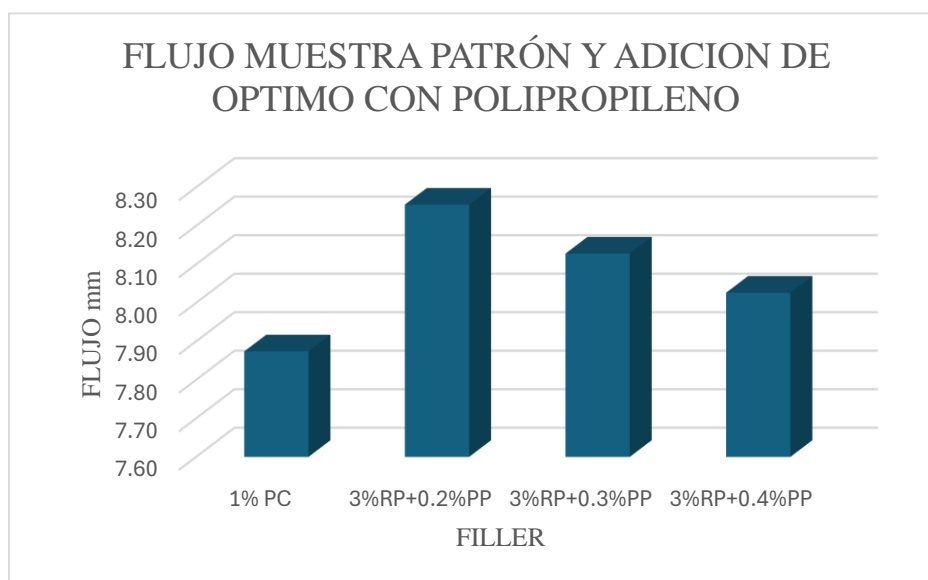
Flujo:

Tabla N° 54: Resultados del Análisis de Flujo añadiendo Polipropileno

FILLER	FLUJO (mm)
1% PC	7.87
3%RP+0.2%PP	8.26
3%RP+0.3%PP	8.13
3%RP+0.4%PP	8.03

Fuente: Propia

Gráfico 9. Resultados análisis de flujo



En el análisis de flujo, se utilizó una mezcla convencional patrón y se elaboraron tres mezclas adicionales con 3% de polvo reciclado y proporciones de 0.2%, 0.3% y 0.4% de polipropileno. La mezcla convencional presentó el valor de flujo más bajo, mientras que en las mezclas con adiciones se observó que, a menor cantidad de polipropileno, el valor de flujo fue mayor.

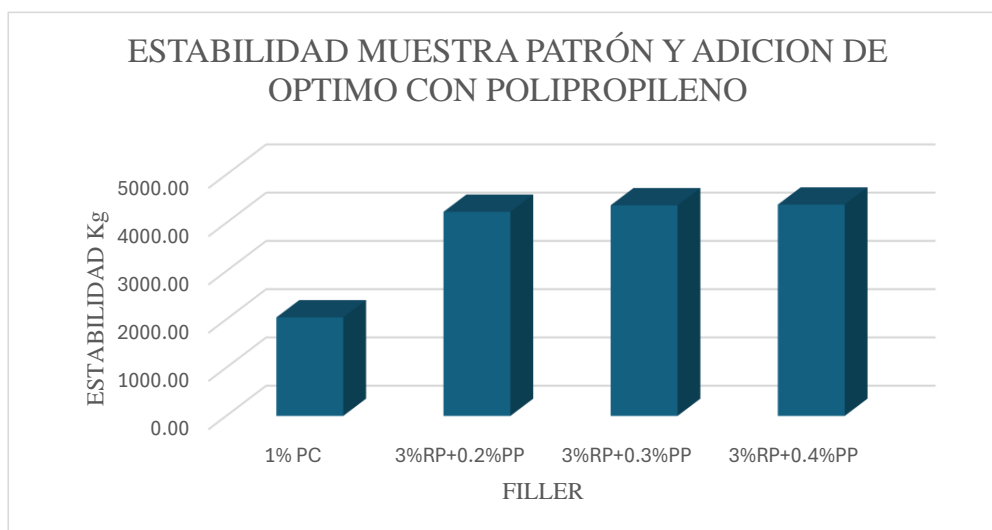
Estabilidad:

Tabla N° 55: Resultados del Análisis de Estabilidad añadiendo Polipropileno

FILLER	ESTABILIDAD (Kg)
1% PC	2042.00
3%RP+0.2%PP	4230.00
3%RP+0.3%PP	4365.00
3%RP+0.4%PP	4379.00

Fuente: Propia

Gráfico 10. Resultados análisis de estabilidad



En la prueba de estabilidad Marshall, se utilizó una mezcla convencional de referencia, además de tres mezclas con la adición de 3% de polvo reciclado y proporciones crecientes de polipropileno de 0.2%, 0.3% y 0.4%. La mezcla convencional presentó el valor de estabilidad más bajo, mientras que la estabilidad aumentó progresivamente conforme se incrementó el porcentaje de polipropileno.

Cuadro resumen de resultados:

Tabla N° 56: Cuadro Resumen de los resultados obtenidos

Marshall MTC E 504	REQUERIMIENTO	PATRON	3%RP+0.2%PP	3%RP+0.3%PP	3%RP+0.4%PP
Golpes	50	50.00	50.00	50.00	50.00
Optimo Contenido C.A	-	5.40	5.12	5.33	5.73
Peso Unitario (gr/cm ²)	-	2.28	2.27	2.29	2.25
Vacios (%)	3-5	6.00	9.50	9.62	10.60
Vacios del Agregado mineral (%)	min 15	17.00	18.30	19.20	20.10
Vacios Llenados de C.A (%)	-	60.00	48.00	49.70	51.00
Flujo (mm)	8-16	7.87	8.26	8.13	8.03
Estabilidad (Kg)	5.44kN~554.73Kg	2042.00	4230.00	4365.00	4379.00
Relación Polvo Asfalto	0.6-1.3	1.10	1.04	1.08	1.16

Fuente: Propia

Luego de examinar todos los valores obtenidos en las pruebas, se concluye que la combinación de 3% de polvo reciclado con 0.4% de polipropileno proporciona el mejor desempeño general. Esta mezcla ha mostrado un equilibrio óptimo entre estabilidad y flujo, alcanzando los valores más altos de estabilidad, lo cual indica una mayor resistencia a la deformación.

•Resultados de Ensayo Cántabro para contenidos óptimos

Tabla N° 57: Resultados de Ensayo Cántabro Convencional

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE FILLER	% DE FILLER	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	CONVENCIONAL	1% PC	300	24°C	1215.00	1025	15.64%	13.81%
2	CONVENCIONAL		300	24°C	1165.00	998	14.33%	
3	CONVENCIONAL		300	24°C	1189.00	1012	14.89%	
4	CONVENCIONAL		300	24°C	1196.00	1072	10.37%	

Fuente: Propia

Tabla N° 58: Resultados de Ensayo Cántabro para Adición con 3% PR

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE FILLER	% DE FILLER	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	ADICIÓN	3% PR	300	24°C	1196.00	1021	14.63%	12.32%
2	ADICIÓN		300	24°C	1215.00	1063	12.51%	
3	ADICIÓN		300	24°C	1178.00	1045	11.29%	
4	ADICIÓN		300	24°C	1236.00	1102	10.84%	

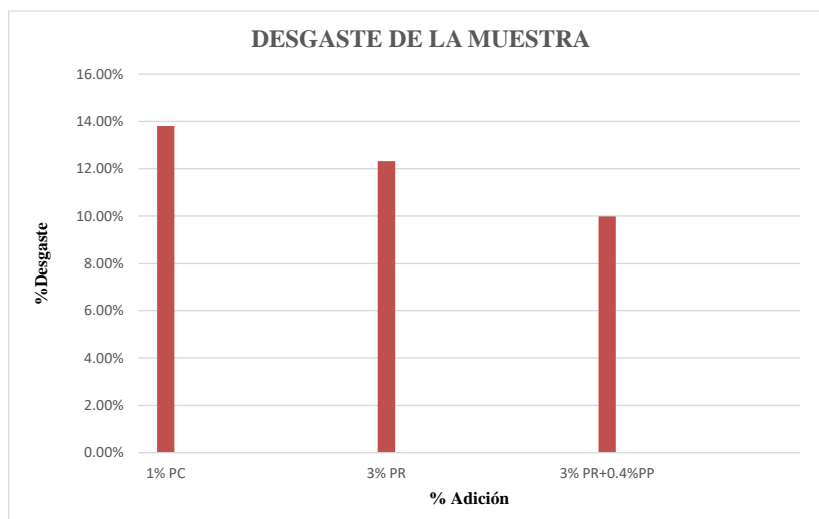
Fuente: Propia

Tabla N° 59: Resultados de Ensayo Cántabro para Adición con 3% PR + 0.4 % PP

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS								
N° DE BRIQUETA	TIPO DE FILLER	% DE FILLER	N° DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	ADICIÓN	3% PR+0.4%PP	300	24°C	1200.96	1098	8.57%	9.98%
2	ADICIÓN		300	24°C	1164.24	1045	10.24%	
3	ADICIÓN		300	24°C	1078.86	975	9.63%	
4	ADICIÓN		300	24°C	1125.30	996	11.49%	

Fuente: Propia

Gráfico 11. Desgaste de la muestra



Los resultados del ensayo de Cántabro realizados sobre las mezclas óptimas muestran una mejora significativa en la resistencia al desgaste cuando se adicionan polvo reciclado y polipropileno a las mezclas asfálticas en caliente. La mezcla convencional presentó un desgaste de 13.81%, mientras que la mezcla con un 3% de polvo reciclado mostró una reducción en el desgaste hasta un 12.32%. La adición de 0.4% de polipropileno, combinada con el polvo reciclado, resultó en el mejor desempeño, con un desgaste de tan solo 9.98%

•Resultados de Ensayo de Tracción Indirecta para contenidos óptimos

Tabla N° 60: Resultados de Ensayo de Tracción Indirecta para Briquetas Patrón

BRIQUETAS PATRÓN					
Tiempo Sumergido	Nombre de briqueta	Temperatura			
		25°C			
		Diámetro	Altura	Carga	RTI
		cm	cm	Kg	(Kg/cm ²)
6h	Patrón Op	10.20	6.18	302.0	3.050
	Patrón Op	10.20	6.32	298.0	2.943
	Patrón Op	10.20	6.17	315.0	3.186
	Patrón Op	10.20	6.28	305.0	3.031
prom					3.053

Fuente: Propia

Tabla N° 61: Resultados de Ensayo de Tracción Indirecta para Briquetas Experimentales con RP

BRIQUETAS EXPERIMENTALES CON RP					
Tiempo Sumergido	Nombre de briqueta	Temperatura			
		25°C			
		Diámetro	Altura	Carga	RTI
		cm	cm	Kg	(Kg/cm ²)
6h	Adición OP1	10.20	5.60	315.00	3.511
	Adición OP1	10.20	6.80	286.00	2.625
	Adición OP1	10.20	6.80	298.00	2.735
	Adición OP1	10.20	6.85	265.00	2.415
prom					2.821

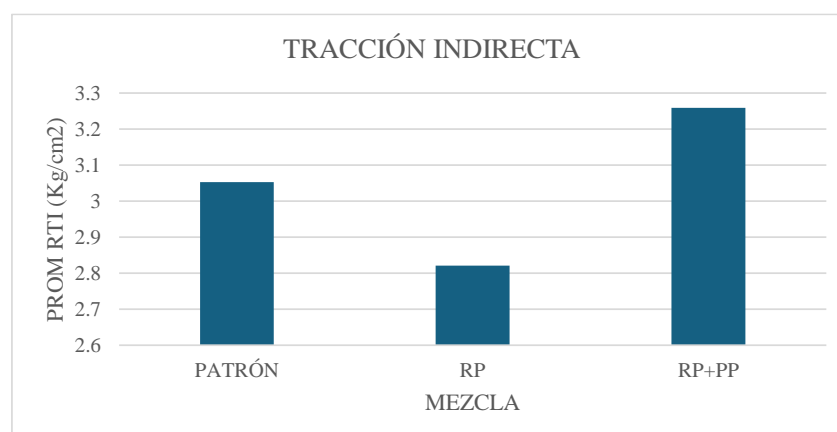
Fuente: Propia

Tabla N° 62: Resultados de Ensayo de Tracción Indirecta para Briquetas Experimentales con RP + PP

BRIQUETAS EXPERIMENTALES CON RP+PP					
Tiempo Sumergido	Nombre de briqueta	Temperatura			
		25°C			
		Diámetro	Altura	Carga	RTI
		cm	cm	Kg	(Kg/cm ²)
6h	Adición OP2	10.20	6.08	325.00	3.336
	Adición OP2	10.20	6.29	316.00	3.136
	Adición OP2	10.20	6.07	314.00	3.229
	Adición OP2	10.20	6.21	332.00	3.337
prom					3.259

Fuente: Propia

Gráfico 12. Resultados de resistencia a la tracción indirecta



Se observó que cada adición impacta la Resistencia a la Tracción Indirecta (RTI) de manera distinta. La mezcla convencional registró un RTI de 3.053 kg/cm², mientras que la adición de 3% de polvo reciclado redujo este valor a 2.821 kg/cm², lo que indica una ligera disminución

en la cohesión interna. En contraste, la mezcla con 0.4% de polipropileno alcanzó el RTI más alto, con 3.259 kg/cm².

•**Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para contenidos óptimos**

Para el grupo seco

Tabla N° 63: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Patrón – Grupo Seco

BRIQUETAS PATRÓN				
Nombre de briqueta	Diámetro	Espesor (t')	Carga máxima	Esfuerzo a la tensión
	cm	cm	N	Kpa
Patrón Op	10.16	6.14	3188.25	32.536
Patrón Op	10.16	6.20	3296.16	33.312
Patrón Op	10.16	6.15	3198.06	32.584
promedio				32.811

Fuente: Propia

Tabla N° 64: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Experimentales I – Grupo Seco

BRIQUETAS EXPERIMENTALES I				
Nombre de briqueta	Diámetro	Espesor (t')	Carga máxima	Esfuerzo a la tensión
	cm	cm	N	Kpa
Adición OP1	10.16	6.00	3296.16	34.423
Adición OP1	10.16	6.59	2992.05	28.449
Adición OP1	10.16	6.20	3041.1	30.734
promedio				31.202

Fuente: Propia

Tabla N° 65: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Experimentales II – Grupo seco

BRIQUETAS EXPERIMENTALES II				
Nombre de briqueta	Diámetro	Espesor (t')	Carga máxima	Esfuerzo a la tensión
	cm	cm	N	Kpa
Adición OP2	10.16	5.97	3492.36	36.655
Adición OP2	10.16	6.10	3149.01	32.347
Adición OP2	10.16	6.04	3453.12	35.823
promedio				34.942

Fuente: Propia

Para el grupo congelamiento-descongelamiento

Tabla N° 66: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Patrón – Grupo Descongelamiento, Descongelamiento

BRIQUETAS PATRÓN					
Nombre de briqueta	Diámetro	Peso final SSD	Alto final	Carga máxima	Esfuerzo a la tensión
	cm	g	cm	N	Kpa
Patrón Op	10.20	1163.90	6.50	2962.62	28.447
Patrón Op	10.20	1166.50	6.90	2992.05	27.064
Patrón Op	10.20	1141.80	6.90	3090.15	27.952
promedio					27.82

Fuente: Propia

Tabla N° 67: Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Experimentales I – Grupo Descongelamiento, Descongelamiento

BRIQUETAS EXPERIMENTALES I					
Nombre de briqueta	Diámetro	Peso final SSD	Alto final	Carga máxima	Esfuerzo a la tensión
	cm	g	cm	N	Kpa
Adición OP1	10.20	1137.60	6.50	2599.65	24.962
Adición OP1	10.20	1220.00	6.80	3090.15	28.363
Adición OP1	10.20	1159.60	6.90	2923.38	26.443
promedio					26.59

Fuente: Propia

Tabla N° 68 Resultados de Ensayo de Resistencia a la Humedad Inducida para Briquetas Experimentales II – Grupo Descongelamiento, Descongelamiento

BRIQUETAS EXPERIMENTALES II					
Nombre de briqueta	Diámetro	Peso final SSD	Alto final	Carga máxima	Esfuerzo a la tensión
	cm	g	cm	N	Kpa
Adición OP2	10.20	1078.30	6.50	3188.25	30.614
Adición OP2	10.20	1084.80	6.80	3099.96	28.453
Adición OP2	10.20	1145.70	6.60	3256.92	30.799
promedio					29.96

Fuente: Propia

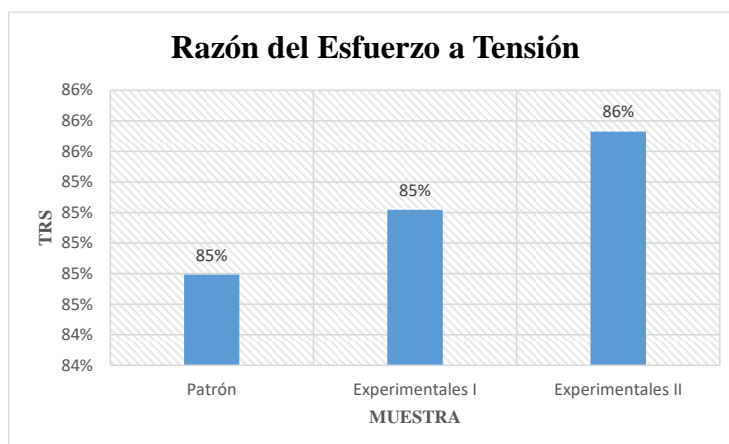
Razón del esfuerzo a tensión

Tabla N° 69: Resultados de la razón del Esfuerzo a Tensión

Briquetas	Promedio del esfuerzo a la tensión del subgrupo seco (S1)	Promedio del esfuerzo a la tensión del subgrupo acondicionado (S2)	Razón del Esfuerzo a Tensión
	Kpa	Kpa	Kpa/Kpa
Patrón	32.811	27.821	84.79%
Experimentales I	31.202	26.589	85.22%
Experimentales II	34.942	29.955	85.73%

Fuente: Propia

Gráfico 13. Razón del esfuerzo a tensión



Se analizaron tres tipos de muestras: una mezcla patrón óptima, una mezcla experimental I con adición óptima de polvo reciclado, y una mezcla experimental II con polvo reciclado y polipropileno. Los resultados de la tensión en estado seco y acondicionado permitieron calcular la razón del esfuerzo a tensión para cada muestra. La mezcla patrón mostró un valor de 84.79%, mientras que la mezcla experimental I alcanzó 85.22% y la mezcla experimental II obtuvo el valor más alto, con 85.73%.

•Análisis Económico

Tabla N° 70: Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional

Mezcla asfáltica en caliente convencional				
Descripción	Und	Cantidad	P.U	Parcial
Materiales				931.10
Cemento Asfáltico	gal	14.25	60.00	854.881
Arena gruesa	m3	0.64	47.50	30.210
Piedra chancada 1/2	m3	0.55	68.00	37.536
Cemento Portlant Tipo I	bol	0.28	30.00	8.471

Fuente: Propia

Se realizó un Análisis económico en la que para una mezcla convencional da un costo de S/931.10 por metro cúbico.

Tabla N° 71: APU de la Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional

Mezcla asfáltica en caliente convencional					
Rendimiento:	1250.00	m2/día		Total S/.	57.86
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial
Mano de Obra					1.111
Operario	hh	1	0.006	24.220	0.155
Peón	hh	2.00	0.013	17.290	0.221
Oficial	hh	6.00	0.038	19.130	0.735
Materiales					54.259
Mezcla asfáltica en caliente convencional	m3		0.05500	931.098	51.210
Transporte de mezcla c/volquete 10m3 D=30	m3		0.0650	46.9000	3.049
Equipos y Herramientas					2.486
Herramientas	% mo		3.00%	1.111	0.033
Rodillo neumático autopropulsado 81- 100hp 5.5-20tonhm	hm	1.00	0.006	141.870	0.908
Rodillo tándem estático a 58-70Hp, 8-10 ton	hm	1.00	0.006	66.420	0.425
Pavimentadora sobre orugas 69HP 10- 16	hm	1.00	0.006	174.950	1.120

Fuente: Propia

Se realizó un Análisis de Precios Unitarios en la que para una mezcla convencional da un costo de S/57.86 por metro cuadrado

Tabla N° 72: Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica en Caliente con Polvo de Concreto Reciclado

Mezcla asfáltica en caliente con polvo de concreto reciclado				
Descripción	Und	Cantidad	P.U	Parcial
Materiales				923.13
Cemento Asfáltico	gal	14.25	60.00	854.881
Arena gruesa	m3	0.64	47.50	30.210
Piedra chancada 1/2	m3	0.55	68.00	37.536
Polvo de concreto reciclado	kg	36.00	0.01	0.501

Fuente: Propia

Se realizó un Análisis económico en la que para una mezcla modificada con polvo de concreto reciclado da un costo de S/923.13 por metro cúbico.

Tabla N° 73: APU de la Mezcla Asfáltica en Caliente con Polvo de Concreto Reciclado

Mezcla asfáltica en caliente con polvo de concreto reciclado					
Rendimiento:	1250.00	m2/día		Total S/.	57.42
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial
Mano de Obra					1.111
Operario	hh	1	0.006	24.220	0.155
Peón	hh	2.00	0.013	17.290	0.221
Oficial	hh	6.00	0.038	19.130	0.735
Materiales					53.821
Mezcla asfáltica en caliente con polvo de concreto reciclado	m3		0.05500	923.128	50.772
Transporte de mezcla c/volquete 10m3 D=30	m3		0.0650	46.9000	3.049
Equipos y Herramientas					2.486
Herramientas	% mo		3.00%	1.111	0.033
Rodillo neumático autopropulsado 81-100hp 5.5-20tonhm	hm	1.00	0.006	141.870	0.908
Rodillo tándem estático a 58-70Hp, 8-10 ton	hm	1.00	0.006	66.420	0.425
Pavimentadora sobre orugas 69HP 10-16	hm	1.00	0.006	174.950	1.120

Fuente: Propia

Se realizó un Análisis de Precios Unitarios en la que para una mezcla modificada con polvo de concreto reciclado da un costo de S/57.42 por metro cuadrado

Tabla N° 74 Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica en Caliente con Polvo de Concreto Reciclado, Polipropileno

Mezcla asfáltica en caliente con polvo de concreto reciclado, polipropileno				
Descripción	Und	Cantidad	P.U	Parcial
Materiales				943.13
Cemento Asfáltico	gal	14.248021	60	854.881
Arena gruesa	m3	0.636	47.5	30.210
Piedra chancada 1/2	m3	0.552	68	37.536
Polvo de concreto reciclado	kg	36	0.0139075	0.501
Polipropileno	kg	0.4	50	20.000

Fuente: Propia

Se realizó un Análisis económico en la que para una mezcla modificada por polipropileno da un costo de S/943.13 por metro cúbico.

Tabla N° 75: APU de la Mezcla Asfáltica en Caliente con Polvo de Concreto Reciclado, Polipropileno

Mezcla asfáltica en caliente con polvo de concreto reciclado, polipropileno					
Rendimiento:	1250.00	m2/día		Total S/.	58.52
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	P.U	Parcial
Mano de Obra					1.111
Operario	hh	1	0.006	24.220	0.155
Peón	hh	2.00	0.013	17.290	0.221
Oficial	hh	6.00	0.038	19.130	0.735
Materiales					54.921
Mezcla asfáltica en caliente con polvo de concreto reciclado, polipropileno	m3		0.05500	943.128	51.872
Transporte de mezcla c/volquete 10m3 D=30	m3		0.0650	46.9000	3.049
Equipos y Herramientas					2.486
Herramientas	% mo		3.00%	1.111	0.033
Rodillo neumático autopropulsado 81-100hp 5.5-20tonhm	hm	1.00	0.006	141.870	0.908
Rodillo tándem estático a 58-70Hp, 8-10 ton	hm	1.00	0.006	66.420	0.425
Pavimentadora sobre orugas 69HP 10-16	hm	1.00	0.006	174.950	1.120

Fuente: Propia

Se realizó un Análisis de Precios Unitarios en la que para una mezcla modificada por polipropileno da un costo de S/58.52 por metro cuadrado

Discusión

- Para el análisis de las propiedades técnicas y granulométricas de los agregados verificando que cumpla con los requerimientos normativos.

Se realizó un análisis granulométrico de los agregados mediante tamices de 1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', N°4, N°10, N°40, N°80 y N°200, observándose que la distribución de tamaños cumple con los límites especificados para una Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC 2), conforme a las especificaciones técnicas establecidas [28]. En esta mezcla, el tamaño máximo de partícula es de 3/4'' y el tamaño máximo nominal de 1/2''. El diseño se fundamentó en el método Marshall para mezcla asfáltica en caliente convencional, con proporciones de agregado grueso, agregado fino y material de relleno de 46%, 53% y 1%, respectivamente. Estos valores sugieren que la mezcla presenta una estructura óptima para soportar cargas y resistir deformaciones, lo cual es esencial para su desempeño en pavimentos de tránsito medio. Estudios similares [16] han adoptado una granulometría de "Clase B" según la NHA, (grado de agregado "clase B" para material grueso resistente al desgaste; Especificación general de la NHA, 1998) la cual se seleccionó para el análisis comparativo en este estudio dada su amplia aplicación en la práctica. Investigaciones previas [14] iniciaron con gradaciones que respetan los límites granulométricos aceptados en la industria, asegurando una adaptación adecuada del material reciclado en la mezcla asfáltica.

Posteriormente, se evaluaron las propiedades técnicas de los agregados, obteniendo resultados satisfactorios en todos los ensayos. El agregado grueso demostró una resistencia adecuada a la abrasión, con un desgaste del 19.1% en el ensayo de Los Ángeles, lo cual cumple ampliamente con el límite de 40% requerido por la norma MTC E 207. Este bajo desgaste sugiere que el agregado puede soportar condiciones de carga sin comprometer la durabilidad de la mezcla asfáltica. Las pruebas adicionales confirmaron que tanto el agregado grueso como el fino cumplen con las especificaciones técnicas, reflejando valores que están por debajo de los límites permisibles. El ensayo de absorción del agregado grueso mostró un bajo valor de 0.52%, frente al máximo de 1% permitido, lo cual es favorable para reducir la susceptibilidad a cambios volumétricos por humedad. La durabilidad al sulfato de magnesio mostró valores de 14% para el agregado grueso y 4.7% para el fino, ambos dentro de los parámetros establecidos, lo que indica una alta resistencia a la desintegración química.

En cuanto a la forma y angularidad, el ensayo de partículas chatas y alargadas y el ensayo de caras fracturadas cumplieron con los valores exigidos, destacando el alto porcentaje de caras

fracturadas en el agregado grueso (86.6% para una cara y 83.2% para dos caras), lo que es indicativo de una estructura angular que favorece la estabilidad de la mezcla. Los bajos niveles de sales solubles y el cumplimiento en el índice de plasticidad, junto con el elevado valor del ensayo de equivalente de arena (70%), sugieren que los agregados finos poseen buenas propiedades mecánicas y baja reactividad química, esenciales para la durabilidad y cohesión de la mezcla.

- Para evaluar efecto de los contenidos de filler de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno en las propiedades Marshall de la mezcla asfáltica.

Para evaluar el efecto del polvo de concreto reciclado (RP) y las fibras de polipropileno (PP) en las propiedades de la mezcla asfáltica, se empleó el diseño y ensayo Marshall. Los resultados indican que la adición de RP en proporciones de 2%, 3% y 4% afecta positivamente la estabilidad de la mezcla, alcanzando su valor máximo con una adición del 3% de polvo reciclado, con un valor de estabilidad de 4470 kg, el cual supera significativamente el de la mezcla convencional. Esta proporción también optimiza el flujo, registrando un aumento controlado de hasta 8.33 mm, en contraste con el flujo más bajo de 7.87 mm en la mezcla convencional, lo que demuestra un buen equilibrio entre flexibilidad y resistencia estructural. En estudios previos, como el de [10], una mezcla con 4% de RP obtuvo un RMS de 78%, mientras que una combinación de 2% RP y 2% de cemento Portland (PC) mejoró el RMS a 86%. Esto confirma que el RP es una adición viable y económica en porcentajes moderados, como el 3%, logrando un rendimiento óptimo sin necesidad de añadir PC, evitando así costos adicionales.

Al incorporar polipropileno (PP) en porcentajes de 0.2%, 0.3% y 0.4% junto con el 3% de RP, se observa un incremento progresivo en la estabilidad de la mezcla, alcanzando 4379 kg en la muestra con 0.4% de PP, lo cual refleja una mejora de la resistencia a la deformación. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas [11], que señalan que el PP, al penetrar entre las partículas de agregado, fortalece el entrelazado y mejora la cohesión, aumentando la estabilidad. Los valores de flujo también se disminuyen con el contenido de PP, observándose 8.26 mm en la mezcla con 0.2% de PP y alcanzando 8.03 mm en la mezcla con 0.4%, lo que indica una tendencia a menores deformaciones. Esto concuerda con estudios que señalan que a medida que aumenta el contenido de microplásticos a base de polipropileno, la resistencia a la deformación disminuye, en particular cuando el contenido de PP alcanza el 0,6 %.

En cuanto a otros parámetros técnicos, como el porcentaje de vacíos y el contenido óptimo de cemento asfáltico, se observan tendencias diferenciadas. Mientras que la incorporación de polvo reciclado reduce el porcentaje de vacíos en las mezclas, el uso de PP en proporciones crecientes lleva a un incremento en este valor. Esto puede deberse a la naturaleza del PP y su interacción con los agregados, que crean un marco más rígido pero con más vacíos, requiriendo un mayor contenido de cemento asfáltico. En el análisis RICE, mientras que la mezcla convencional mostró una disminución de valor conforme aumentaba el porcentaje de asfalto, las mezclas con PP mostraron una tendencia opuesta, donde un aumento en el porcentaje de asfalto elevó el valor RICE, lo que sugiere una mayor absorción del ligante en presencia de PP. Estos resultados son comparables con los estudios previos que obtuvieron valores de estabilidad Marshall de hasta 15.15 kN en mezclas modificadas con aditivos reciclados, mostrando una mejora en la rigidez y durabilidad general de la mezcla [14].

- Para comparar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado (RP) y fibras de polipropileno (PP) frente a una mezcla asfáltica convencional.

Los resultados de la evaluación mediante el ensayo Cántabro demuestran que la mezcla asfáltica modificada con polvo de concreto reciclado (RP) y fibras de polipropileno (PP) ofrece una mejora notable en la resistencia al desgaste en comparación con la mezcla convencional. La mezcla convencional presentó un desgaste del 13.81%, mientras que la adición de 3% de polvo reciclado redujo este valor a 12.32%. La incorporación de 0.4% de PP, combinada con el 3% de RP, produjo el mejor desempeño con un desgaste reducido al 9.98%. Este comportamiento es comparable con estudios previos que muestran que el uso de RP contribuye a mejorar la resistencia al desgaste en la mezcla asfáltica. Estos resultados sugieren que la inclusión de PP en bajas proporciones mejora la integridad superficial de la mezcla y reduce su vulnerabilidad al desgaste, lo cual es beneficioso para aplicaciones en áreas con tráfico medio.

En cuanto al ensayo Lottman, que evalúa la Resistencia a la Tracción Indirecta (RTI), los datos muestran que la adición de RP y PP afecta de manera diferente la cohesión interna de la mezcla. La mezcla convencional registró un RTI de 3.053 kg/cm², mientras que la adición de 3% de RP disminuyó ligeramente este valor a 2.821 kg/cm², indicando una menor cohesión debido a la naturaleza reciclada del material. Sin embargo, con la adición de 0.4% de PP, la

RTI alcanzó 3.259 kg/cm², superando incluso a la mezcla convencional. Esto concuerda con investigaciones previas que destacan que el PP refuerza la cohesión de la mezcla al actuar como un elemento de enlace entre las partículas de agregado. En estudios similares, se observó que el uso de RP con PC aumenta la RTI de la mezcla, mejorando la resistencia al daño por congelación y descongelación, alcanzando valores de TSR de hasta 83% cuando se utiliza una mezcla de 2% RP y 2% PC [10].

Finalmente, el ensayo de tracción indirecta en estado seco y acondicionado muestra que la mezcla modificada con RP y PP logra un desempeño superior al de la mezcla convencional. La mezcla patrón arrojó un valor de TSR de 84.79%, mientras que la mezcla con RP subió ligeramente a 85.22%. La combinación de RP y 0.4% de PP alcanzó el valor más alto, con un TSR de 85.73%. Estos resultados son consistentes con estudios previos que evidencian que la adición de RP puede mejorar la resistencia a la tensión indirecta en condiciones húmedas, y que la inclusión de PP eleva aún más este rendimiento al mejorar la rigidez de la mezcla sin aumentar significativamente el costo ni la complejidad del diseño [14].

•Para el análisis económico de la mezcla asfáltica patrón y la mezcla asfáltica modificada con polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno.

El análisis económico realizado para comparar los costos de producción entre la mezcla asfáltica convencional y las versiones modificadas con polvo de concreto reciclado (RP) y polipropileno (PP) evidencia variaciones en el costo total por metro cúbico y por metro cuadrado de mezcla. Para la mezcla convencional, el costo promedio es de S/931.10 por metro cúbico y S/57.86 por metro cuadrado, mientras que la mezcla modificada con RP presenta un costo de S/923.13 por metro cúbico y S/57.42 por metro cuadrado, lo cual representa una leve reducción en el costo de producción. Este ahorro puede atribuirse al uso de material reciclado, que reduce la necesidad de rellenos convencionales más costosos, alineándose con los hallazgos de estudios previos [14], en los cuales el reemplazo de rellenos tradicionales por RP apenas modifica los costos de producción (S/293.42 por m³ para la mezcla convencional frente a S/293.57 para la mezcla con RP) debido al procesamiento mínimo requerido.

Por otro lado, la mezcla modificada con polipropileno muestra un costo de S/943.13 por metro cúbico y S/58.52 por metro cuadrado, reflejando un aumento en el costo total. Este incremento se debe a la naturaleza y el costo del polipropileno como aditivo, el cual es más

costoso que el RP. Aunque esta opción implica un mayor costo, el polipropileno mejora ciertas propiedades mecánicas de la mezcla, especialmente la cohesión y la resistencia a la tracción, lo cual puede justificar el incremento en situaciones que requieran un rendimiento superior en términos de durabilidad y resistencia.

Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que la mezcla asfáltica modificada con polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno cumple con los estándares de calidad y durabilidad exigidos para pavimentación, mostrando una granulometría dentro de los límites normativos y propiedades técnicas, como resistencia a la abrasión y baja absorción que se ajustan a los requisitos establecidos. Esto respalda que el diseño de mezcla propuesto no solo es viable desde una perspectiva técnica, sino que también representa una opción ecológica y resistente, capaz de soportar condiciones de carga y clima en zonas de altitud media. En síntesis, tanto el agregado grueso como el fino cumplen con las normas técnicas vigentes para mezclas asfálticas en regiones a altitudes ≤ 3000 msnm, asegurando una mezcla estable, resistente y adecuada para las condiciones climáticas y de carga esperadas en su aplicación.

Los resultados obtenidos por el Ensayo Marshall evidencian que la incorporación de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno en la mezcla asfáltica tiene un impacto positivo en sus propiedades mecánicas, logrando una mejora significativa en la estabilidad y una distribución de vacíos que favorece la cohesión del material. La adición óptima de 3% de RP combinada con 0.4% de PP demuestra ser la más eficaz, alcanzando un valor máximo de estabilidad de 4470 kg, lo cual asegura una mayor resistencia a la deformación sin comprometer la flexibilidad necesaria. Este equilibrio permite que la mezcla cumpla con los estándares requeridos en pavimentación, subrayando el potencial de los materiales reciclados como alternativas sostenibles que mejoran la durabilidad y el rendimiento estructural de las mezclas asfálticas.

La mezcla asfáltica modificada con 3% de polvo de concreto reciclado (RP) y 0.4% de polipropileno (PP) presenta ventajas significativas en sus propiedades mecánicas frente a la mezcla convencional, logrando una mejora integral en la durabilidad y resistencia de la estructura. Los resultados del ensayo Cántabro indican que esta combinación reduce el desgaste hasta un 9.98%, lo cual representa una mayor resistencia superficial y, por ende, una menor susceptibilidad al desgaste bajo condiciones de tráfico intenso. En los ensayos de Resistencia a la Tracción Indirecta (RTI) y tracción indirecta, la mezcla modificada también mostró una cohesión superior, con un RTI de 3.259 kg/cm² y una TSR de 85.73%, superando a la mezcla convencional y evidenciando una mejor respuesta ante esfuerzos de tracción en condiciones de humedad. Estos hallazgos respaldan que el uso de RP y PP no solo es viable desde una

perspectiva técnica, sino también ambiental, al incorporar materiales reciclados que mejoran el rendimiento de las mezclas asfálticas

El análisis económico de la mezcla asfáltica convencional frente a las mezclas modificadas con polvo de concreto reciclado (RP) y polipropileno (PP) revela diferencias importantes en términos de costo y valor añadido. La mezcla modificada con RP representa la opción más rentable, con un costo reducido en comparación con la mezcla convencional (S/923.13 frente a S/931.10 por metro cúbico), lo que representa una disminución del 0.86% en el costo unitario, y un desempeño adecuado en propiedades mecánicas, lo que la convierte en una alternativa económica y sostenible para pavimentación. En contraste, la mezcla con PP presenta un costo más elevado (S/943.13 por metro cúbico), lo que representa un aumento del 1.29% respecto a la mezcla convencional, debido al precio del polipropileno, aunque mejora ciertas propiedades de resistencia y durabilidad, lo que puede ser ventajoso en aplicaciones de alta demanda.

Recomendaciones

Se recomienda emplear una proporción de 3% de polvo de concreto reciclado (RP) y 0.4% de fibras de polipropileno (PP) en la mezcla asfáltica para optimizar su rendimiento. Esta combinación ha demostrado mejorar significativamente la estabilidad, resistencia al desgaste y cohesión de la mezcla, cumpliendo con los estándares de durabilidad necesarios para aplicaciones de pavimentación en áreas de alto tránsito. Al adoptar esta proporción, se logra un equilibrio óptimo entre el rendimiento mecánico y los costos de producción, maximizando la efectividad del uso de materiales reciclados sin comprometer la integridad estructural de la mezcla.

Para asegurar que los agregados cumplan con los requisitos granulométricos exigidos en mezclas asfálticas de alta calidad, se recomienda realizar un análisis detallado de la granulometría al incorporar rellenos reciclados. Los estudios muestran que el polvo de concreto reciclado, en dosis controladas, puede integrarse sin alterar significativamente la distribución granulométrica de los agregados. Esto garantiza que la mezcla final mantenga los estándares normativos de estabilidad y resistencia, esenciales para su uso en infraestructura de pavimentación.

En proyectos que prioricen la reducción de costos y el enfoque en la sostenibilidad, es recomendable optar por mezclas que incluyan RP, dado que esta opción permite una reducción en los costos de producción sin sacrificar las propiedades mecánicas clave. No obstante, para aplicaciones donde se requiera mayor resistencia a la deformación y cohesión interna, como en zonas de alto tráfico o bajo condiciones climáticas extremas, se sugiere la inclusión del PP, a pesar de su costo adicional. Los beneficios adicionales en resistencia y durabilidad pueden justificar el uso de este aditivo en situaciones de demanda mecánica superior.

Al diseñar mezclas asfálticas modificadas, se aconseja realizar un análisis integrado del impacto económico y ambiental de los materiales seleccionados. La incorporación de rellenos reciclados como el RP no solo ayuda a reducir costos, sino que también respalda prácticas sostenibles al minimizar la necesidad de materiales vírgenes. Este enfoque contribuye a decisiones de diseño más responsables, equilibrando el rendimiento mecánico, los costos y el impacto ambiental de las mezclas asfálticas para infraestructuras modernas y sostenibles.

Referencias

- [1] J. G. Bastidas-Martínez, J. C. R. Cardenas, L. M. García, y R. A. G. Zuluaga, «Incorporação de pó de agregados reciclados de concreto como fíler em misturas asfálticas», *Matér. Rio Jan.*, vol. 26, p. e13049, oct. 2021, doi: 10.1590/S1517-707620210003.13049.
- [2] H. Acevedo-Agudelo y J. Figueroa-Álvarez, «Prácticas de circularidad en la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición en el sector de la construcción: una revisión bibliográfica de las estrategias y los elementos clave en su implementación», *Inf. Constr.*, vol. 75, n.º 569, Art. n.º 569, mar. 2023, doi: 10.3989/ic.92607.
- [3] R. Mejía-de-Gutiérrez, R. Robayo-Salazar, y W. Valencia-Saavedra, «Residuos de construcción y demolición como materia prima de concretos y elementos de construcción obtenidos mediante activación alcalina», *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exactas Físicas Nat.*, vol. 47, n.º 184, Art. n.º 184, sep. 2023, doi: 10.18257/raccefyn.1892.
- [4] «Base de datos - Eurostat». Accedido: 13 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- [5] L. M. Chica-Osorio y J. M. Beltrán-Montoya, «Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso», *DYNA*, vol. 85, n.º 206, pp. 338-347, 2018.
- [6] «Informe Anual de Residuos Sólidos 2021 - 2022». Accedido: 13 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/4045788-informe-anual-de-residuos-solidos-2021-2022>
- [7] «Desarrollo Urbano de Lambayeque 2016 - 2026». Accedido: 13 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/munilambayeque/informes-publicaciones/4723630-desarrollo-urbano-de-lambayeque-2016-2026>
- [8] W. E. Chafloque Castro, «Reaprovechamiento de residuos de construcción y demolición en el casco urbano de Chiclayo», 2020, Accedido: 14 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/15873>
- [9] Empresa Editora Macro, Ed., *Manual de Carreteras: «Suelos, geología, geotecnia y pavimentos»*. Sección: Suelos y Pavimentos. Aprobado mediante R.D. N° 10-2014-MTC/14. De conformidad con el artículo 18 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, la sección aprobada co, 1a ed. Lima: Macro E.I.R.L, 2015.
- [10] Z. Guo y Z. Chen, «Utilization of Construction Waste Recycled Powder as Filler in Asphalt Concrete», *Materials*, vol. 15, n.º 16, Art. n.º 16, ene. 2022, doi: 10.3390/ma15165742.
- [11] D. L. Buruiana, P. L. Georgescu, G. B. Carp, y V. Ghisman, «Recycling micro polypropylene in modified hot asphalt mixture», *Sci. Rep.*, vol. 13, n.º 1, p. 3639, mar. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-30857-9.
- [12] H. M. B. Miranda, D. Domingues, y M. J. Rato, «The influence of recycled plastics added via the dry process on the properties of bitumen and asphalt mixtures», *Transp. Eng.*, vol. 13, p. 100197, sep. 2023, doi: 10.1016/j.treng.2023.100197.
- [13] B. Lei *et al.*, «Performance of asphalt mortar with recycled concrete powder under different filler-to-asphalt weight ratios», *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 18, p. e01834, jul. 2023, doi: 10.1016/j.cscm.2023.e01834.
- [14] J. Choudhary, B. Kumar, y A. Gupta, «Potential utilization of construction wastes in asphalt pavements as fillers using ranking framework», *Constr. Build. Mater.*, vol. 277, p. 122262, mar. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122262.
- [15] P. Ahmedzade, K. Demirelli, T. Günay, F. Biryan, y O. Alqudah, «Effects of Waste Polypropylene Additive on the Properties of Bituminous Binder», *Procedia Manuf.*, vol. 2, pp. 165-170, ene. 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.029.

- [16] S. Ullah, A. Qabur, A. Ullah, K. Aati, y M. A. Abdelgiom, «Enhancing High-Temperature Performance of Flexible Pavement with Plastic-Modified Asphalt», *Polymers*, vol. 16, n.º 17, Art. n.º 17, ene. 2024, doi: 10.3390/polym16172399.
- [17] O. J. Adrianzen Flores, J. J. Azula Vasquez, C. F. Pacherras Sánchez, y S. P. Muñoz Pérez, «Uso de distintos tipos de fibras para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica: Una revisión literaria.», *Infraestruct. Vial*, vol. 24, n.º 43, pp. 56-72, dic. 2022, doi: 10.15517/iv.v24i43.47931.
- [18] H. Obando-Guillermo, Z. Carranza-Muñoz, J. Díaz-Quepuy, D. Serrano-Otoya, y S. Muñoz-Perez, «RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRA DE POLIPROPILENO», *Paid. XXI*, vol. 11, n.º 2, Art. n.º 2, 2021, doi: 10.31381/paideia.v11i2.4039.
- [19] S. P. M. Pérez, D. M. D. Sánchez, E. E. G. Capuñay, y J. A. C. Bustamante, «La influencia de los RCD en reemplazo de los agregados para la elaboración de concreto: Una revisión literatura.», *Ecuadorian Sci. J.*, vol. 5, n.º 2, pp. 107-120.
- [20] J. F. Mendoza-Sanchez *et al.*, «A Critical Review of Pavement Design Methods Based on a Climate Approach», *Sustainability*, vol. 16, n.º 16, 2024, doi: 10.3390/su16167211.
- [21] G. S. R. Massenli y C. E. L. de Paiva, «Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia», *Ingeniare Rev. Chil. Ing.*, vol. 27, n.º 4, pp. 613-624, 2019.
- [22] H. Bujang, M. Y. Aman, M. N. M. Taher, y S. S. Shapie, «Moisture Sensitivity Performance of Hot Mix Asphalt Mixture Incorporating Fly Ash Geopolymer (FAG) Asphalt Binder», *J. Adv. Res. Appl. Mech.*, vol. 124, n.º 1, Art. n.º 1, ago. 2024, doi: 10.37934/aram.124.1.17.
- [23] C. Kraemer, *Ingeniería de carreteras, Vol. I. 2a edc.* McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2009.
- [24] «Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures». Accedido: 19 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/d6927-15.html>
- [25] R. Tauste, A. E. Hidalgo, G. M. García, F. Moreno-Navarro, y M. C. Rubio-Gámez, «Understanding the influence of filler type and asphalt binder content on the moisture and fatigue resistance of asphalt mortars», *Mater. Constr.*, vol. 72, n.º 348, Art. n.º 348, oct. 2022, doi: 10.3989/mc.2022.03522.
- [26] L. A. M. Parra, G. V. Vidal, E. S. Alonso, y A. C. Floody, «Ensayo Dinámico Axial en probetas cilíndricas entalladas para medir el comportamiento a fatiga en mezclas asfálticas», *Ing. Desarro.*, vol. 37, n.º 1, pp. 36-56, 2019, doi: 10.14482/inde.37.1.624.1.
- [27] G. A. Dorado-Jurado, M. M. Martínez-Ramos, y L. C. Rosero-Pepinosa, «Effect of binder type and application rate on asphalt layer bonding evaluated by LCB test», *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, n.º 113, pp. 28-36, 2024, doi: 10.17533/udea.redin.20240306.
- [28] «MC-01-13 Manual de Carreteras - Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción EG-2013.pdf», Google Docs. Accedido: 19 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1ucXpSiOgii7I3z6gAg85XTNeyW567qvC/view?usp=drive_link&usp=embed_facebook
- [29] O. J. Reyes-Ortiz, J. F. Camacho-Tauta, y A. Londoño León, «Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo», *Rev. Científica Gen. José María Córdova*, vol. 11, n.º 12, pp. 215-232, jul. 2013.
- [30] M. C. C. Moura, G. O. Santos, M. L. Silva, R. A. C. Silva, N. D. Leite, y J. B. S. Bastos, «Influence of Particle Size Distribution of Hazardous Solid Waste Incineration Ashes (hswia) on Landfill Leachate Filtration», *HOLOS*, vol. 39, n.º 5, pp. 1-18, 2023, doi: 10.15628/holos.2023.16328.

- [31] «Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2016) – Laboratorio de suelos - Geotecnia Pavimentos e ingenieros Consultores Puno». Accedido: 20 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://labmecanicasuelosjuliacapuno.com/manual-de-ensayo-de-materiales-para-carreteras-em-2016/>
- [32] J. G. B. Martínez, J. M. S. Losada, y H. A. R. Quintana, «Evaluación de una mezcla asfáltica con incorporación de agregados reciclados de concreto tratados superficialmente con una solución química de sulfato de magnesio*», *Cienc. E Ing. Neogranadina*, vol. 32, n.º 1, pp. 9-23, 2022.
- [33] R. N. Souza, G. de Castro Xavier, K. de O. B. da Costa, A. Jonas, R. P. Ribeiro, y A. R. G. de Azevedo, «Comparison of the Permeability of Potential Ballast Rocks from Northern Rio de Janeiro State under Different Fouling Rates after Sodium Sulfate Attack», *Materials*, vol. 16, n.º 10, 2023, doi: 10.3390/ma16103806.
- [34] «COMPORTAMIENTO DE UN MATERIAL GRANULAR NO TRATADO EN ENSAYOS TRIAXIALES CICLICOS CON PRESION DE CONFINAMIENTO CONSTANTE Y VARIABLE/BEHAVIOR OF AN UNBOUND GRANULAR MATERIAL IN CYCLIC TRIAXIAL TESTS WITH CONSTANT AND VARIABLE CONFINING PRESSURE - ProQuest». Accedido: 20 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/203600748/7813EBA34CFC43F6PQ/8?accountid=37610&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- [35] M. Etxeberria, A. Gonzalez-Corominas, y A. Galindo, «Estudio de la aplicación del árido reciclado mixto en hormigón poroso y como relleno de zanjas en la ciudad de Barcelona», *Inf. Constr.*, vol. 68, n.º 542, 2016, doi: 10.3989/ic.15.062.
- [36] I. H. Bin *et al.*, «Evaluación de escombreras de mármoles para su aprovechamiento como agregado en una estructura de pavimento, Córdoba, Argentina», *Inf. Constr.*, vol. 73, n.º 561, 2021, doi: 10.3989/ic.72256.
- [37] «Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate». Accedido: 20 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/d2419-22.html>
- [38] «Standard Test Method for Methylene Blue Index of Clay». Accedido: 20 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/c0837-09r19.html>
- [39] G. G. Villar, «Variabilidad de la adherencia de revoques sobre paneles de tierra alivianada encofrada según distintos tipos de capa de agarre», *Inf. Constr.*, vol. 75, n.º 571, 2023, doi: 10.3989/ic.6211.
- [40] M. Ameri y M. Sadeghiavaz, «Microwave healing properties and moisture sensitivity of asphalt mixture containing iron powder filler», *Sci. Rep.*, vol. 14, n.º 1, p. 23154, oct. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-73290-2.
- [41] T. Bai *et al.*, «Moisture-Induced Deterioration Mechanism of Asphalt Mortar Using Different Fillers», *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 36, n.º 11, p. 04024375, nov. 2024, doi: 10.1061/JMCEE7.MTENG-16787.
- [42] C. A. P. Bustos, L. G. F. Pumarejo, edgar H. Sanchez Cotte, y H. R. Quintana, «Construction demolition waste (CDW), a perspective of achievement for the city of Barranquilla since its management model», *Ing. Desarro.*, vol. 35, n.º 2, 2017, Accedido: 20 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/1926776724/abstract/8082045443C94BD6PQ/20>
- [43] B. Lei *et al.*, «Interfacial adhesion between recycled aggregate and asphalt mastic filled with recycled concrete powder», *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 20, p. e02721, jul. 2024, doi: 10.1016/j.cscm.2023.e02721.
- [44] «Fundamentos micro y macroscópicos de la modificación del asfalto convencional con polímeros: una revisión - ProQuest». Accedido: 20 de octubre de 2024. [En línea].

- Disponible en:
<https://www.proquest.com/docview/2114611982/39658D874CE84AC6PQ/1?accountid=37610&sourcetype=Scholarly%20Journals>
- [45] I. Asi, Y. I. Alhadidi, y T. I. Alhadidi, «Predicting Marshall stability and flow parameters in asphalt pavements using explainable machine-learning models», *Transp. Eng.*, vol. 18, p. 100282, dic. 2024, doi: 10.1016/j.treng.2024.100282.
- [46] «Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures». Accedido: 25 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/d2041-03a.html>
- [47] M. Jiménez Acuña y M. Montero Vega, «Proceso de normalización de métodos de ensayo de laboratorio para mezclas asfálticas en caliente (MAC)», *Métod. Mater.*, vol. 5, n.º 1 (Enero-Diciembre), pp. 1-15, 2015.
- [48] Y. W. Y. Vargas, J. E. C. Maquilón, y H. A. R. Quintana, «Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR)», *Tecnura*, vol. 20, n.º 50, pp. 106-118, 2016, doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a08.

Anexos

Anexo 1. Validación de ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 046-2024-II

FECHA: 23 de Octubre 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Fernando Raúl Figueroa Díaz

TITULO DE LA TESIS: Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Granulometría
- Abrasión
- Contenido de humedad
- Peso específico y absorción
- Sales solubles
- Gravedad específica
- Equivalente de arena
- Ensayo de plasticidad
- Azul metileno
- Durabilidad al sulfato de Magnesio
- Ensayo de chatas alargadas
- Ensayo de caras fracturadas
- Ensayo Marshall
- Ensayo Cántabro
- Ensayo resistencia a la humedad inducida
- Ensayo de Tracción indirecta

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Anexo 2. Ensayo de peso específico y Absorción del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino
Norma : ASTM C-128 ó MTC E 205
Cantera : La Victoria - Pátapo

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Ag	(g)	951.8	951.8
2.- Peso de la / Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.77	642.77
3.- Peso del Agua	(g)	309.01	309.01
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	641.07	641.07
5.- Peso del Frasco	(g)	142.77	142.77
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	498	498
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.609
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.618
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.632
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.34

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021
Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	3870	3870
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	3890	3890
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	3340	3340
4.- Peso de la canastilla	(g)	900	900
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	2440	2440

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.669
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.683
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.706
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.52

Henry Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 3. Ensayo de abrasión los ángeles



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Abrasión los ángeles
Norma : MTC E 207
Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

Profundidad

I.- Granulometría global

Mallas Pasa	Retiene	Peso retenido	% retenido	Método B
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	2500.0	50.0	2500.0
1/2"	3/8"	2500.0	50.0	2500.0
Total		5000.0	100.0	5000

II.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo	5000.0
- Peso final después de las 200 revoluciones	4448.4
- Peso final después de las 500 revoluciones	4046.6

III.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	19.1
- % de uniformidad	0.6

OBSERVACIONES :

NOTA :

- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500


Henry Rivasdeneyru Obilias
Tec. Laboratorio USAT


USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 4. Ensayo de abrasión los ángeles



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Abrasión los ángeles
Norma : MTC E 207
Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

% de desgaste por abrasión	%	19.1
% de uniformidad	%	0.6

Requerimiento : 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500


 Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 5. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino
Norma : MTC E 114
Cantera : La Victoria - Pátapo

DESCRIPCION	C - 1		
	1	2	3
MUESTRA N°	N° 4	N° 4	N° 4
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
HORA DE ENTRADA	4.33	4.35	4.39
HORA DE SALIDA	4.83	4.85	4.89
HORA DE ENTRADA	5.10	5.07	5.09
HORA DE SALIDA	5.30	5.27	5.29
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	3.90	4.60	3.90
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	2.70	3.40	2.60
EQUIVALENTE DE ARENA	69.2 %	73.9 %	66.7 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	70 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):			
Min	60 % Minimo		

$$\text{Equivalente de arena(EA)} = \frac{\text{Lectura de la Arena}}{\text{Lectura de la Arcilla}} \times 100$$

Henry Rivadeneira Obitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 6. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de emisión : Noviembre del 2023
Ensayo : Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Referencia : MTC E 114
Cantera : La Victoria - Pátapo

EXAMEN CUANTITATIVO

I.- DATOS

MUESTRA Nº	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	3.90	4.60	3.90
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	2.70	3.40	2.60
EQUIVALENTE DE ARENA	69.23 %	73.91 %	66.67 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	70 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):			
Mínimo : 60 % Mínimo			


Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT



Anexo 7. Ensayo de determinación del límite plástico (I.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) malla N°40



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Determinación del límite plástico (I.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) malla N°40
Norma : MTC E 111
Cantera : La Victoria - Pátapo

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
	12	15	16	20	
N° de tarro	12	15	16	20	
N° de golpes	35	23	14		
Tarro + suelo húmedo	39	40.5	42.9	13.7	
Tarro + suelo seco	39	40.5	42.9	13.7	
Agua	0	0	0	0	
Peso del tarro	25.6	21.4	23.4	9.80	
Peso del suelo seco	13.4	19.1	19.5	3.9	
Porcentaje de humedad	0.00	0.00	0.00	0.00	

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	0.00
Límite Plástico	0.00
Índice de Plasticidad	0.00



Observaciones:

La muestra de ensayo de agregado fino no presenta plasticidad (NP).

[Signature]
 Henry Rivadeneira Obilpas
 Tec. Laboratorio USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 USAT
 Facultad de Ingeniería
 Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Ensayos de Materiales
[Signature]
 TECNICO

Anexo 8. Ensayo de determinación del límite plástico (I.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) malla N°200



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Determinación del límite plástico (I.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) malla N°200
Norma : MTC E 111
Cantera : La Victoria - Pátapo

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
N° de tarro	12	15	18	20		
N° de golpes	35	23	14			
Tarro + suelo húmedo	28.49	27.72	26.92	20.2		
Tarro + suelo seco	26.18	25.34	24.58	19.47		
Agua	2.4	2.44	2.46	0.73		
Peso del tarro	17.98	17.4	17.1	17.32		
Peso del suelo seco	8.2	7.94	7.48	2.62		
Porcentaje de humedad	29.27	30.73	32.89	27.86		

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	30.54
Límite Plástico	26.97
Índice de Plasticidad	3.57



Henry
 Rivasdenayra
 Obitos
 Tec. Laboratorio
 USAT



Anexo 9. Ensayo de Azul de metileno en agregados finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesiista	: Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela	: Escuela de Ingeniería Civil
Tesis	: "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar	: Chislayo- Lambayeque
Fecha de ensayo	: Noviembre del 2023
Ensayo	: Azul de metileno en agregados finos
Norma	: AASTHO TP-67
Cantiera	: La Victoria - Patate

ENSAYO	UND	DATOS
Peso material preparado que pasa malla N°200	g	60.0
Peso material seco filtrado en la prueba	g	6.0
Agua destilada añadida	ml	250.0
Solución inicial de azul de Metileno en el Ensayo	ml	0.5
Solución final de azul de Metileno en el Ensayo	ml	0.0
Concentración Azul de Metileno en el Ensayo	%	0.0
VALOR AZUL DE METILENO	mg/g	1.0


 Henry
 Rivasdenegra
 Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Domingo de los Colorados


 USAT
 Universidad Católica
 Santo Domingo de los Colorados
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Ensayo de caras fracturadas en los agregados
 Anexo 10. Ensayo de caras aplanadas y alargadas



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
 INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
ENSAYO % CARAS ALARGADAS Y APLANADAS			
TIPO:	Análisis de una muestra asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concretionado y fibra de polipropileno		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	FERNANDO RAÚL FLORES DIAZ	ENSAYO:	% CARAS Y ALARGADAS
TÍTULO:	METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE CARAS LARGAS Y APLANADAS	NORMATIVA:	ASTM D. 4791-99
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE DEL 2023	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023-GEOHESA

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) COBR.	PESO	(%)	(%) COBR.
100µ										
1"	19			100						
3/4"	12.5	460	46.18	53.82	28.00	2.81		5.50	0.55	
1/2"	9.5	400	40.16	59.84	15.00	1.51		19.00	1.91	
3/8"	6.3	125	12.55	87.45	8.00	0.80		11.00	1.10	
TOTAL					51.00	5.12		35.50	3.56	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	996 (g)
--------------------------	---------

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	8.70 (%)
-------------------------------	----------

Henry Obillitas
 Henry Obillitas
 Tec. Laboratorio USAT



GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
 DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
 Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
 CELULAR: 927569182
 CORREO: Geohesa@grupo.com

RECCION: Tahuantinsuyo N°1570
 Distrito de Chiclayo-Lambayeque

CELULAR: 927569182
 CORREO: Geohesa@grupo.com

Anexo 11. Ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



FORMATO INTERNO

Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Durabilidad al Sulfato de Magnesio
Norma : MTC E 209
Cantera : La Victoria - Pátapo

Inalterabilidad del agregado fino: Análisis cuantitativo.

Tamaño de los tamices		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Pasa	Retiene	Gradación Original (peso)	Gradación de la Muestra Original (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes de ensayo (g)	Peso Ret. despues del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)
3/8"	Nº 4	158.9	15.0	100	94.6	5.4	0.8
9.5 mm	4.75 mm						
Nº 4	Nº 8	120.5	11.3	100	93.8	6.2	0.7
4.75 mm	2.36 mm						
Nº 8	Nº 16	110.2	10.4	100	96.5	3.5	0.4
2.36 mm	1.18 mm						
Nº 16	Nº 30	125.6	11.8	100	97.8	2.2	0.3
1.18 mm	600 µm						
Nº 30	Nº 50	125	11.8	100	98	2.0	0.2
600 µm	300 µm						
Nº 50	Nº 100	286	26.9	100	91.5	8.5	2.3
300 µm	150 µm						
Nº 100		135.6	12.8	100	99.8	0.2	0.0
150 µm							
Totales		1061.8	100.0	700	672		4.7

Observaciones:

- Solución usada : Sulfato de Magnesio (densidad = 1.305 gr/cm³)

(*) Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño

(**) Se utiliza la pérdida de la fracción más próxima por ser el porcentaje original <5%

(2) Fracción pasadas de acuerdo con límites de la tabla.

(3) Fracciones pesadas despues del ensayo.

(4) = $\frac{(2)-(3)}{(2)} \times 100$

(5) = $\frac{(1)-(4)}{(100)}$

(100)

Henry
Rivadeneira
Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 12. Ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Diaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Durabilidad al Sulfato de Magnesio
Norma : MTC E 209
Cantera : La Victoria - Pátapo

EXAMEN CUANTITATIVO

I.- DATOS

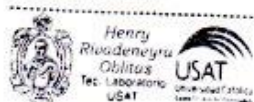
TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8"	Nº 4	0.8
9.5 mm	4.75 mm	
Nº 4	Nº 8	0.7
4.75 mm	2.36 mm	
Nº 8	Nº 16	0.4
2.36 mm	1.18 mm	
Nº 16	Nº 30	0.3
1.18 mm	600 µm	
Nº 30	Nº 50	0.2
600 µm	300 µm	
Nº 50	Nº 100	2.3
300 µm	150 µm	

II.- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	4.7
----------------	-----	-----

OBSEVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.



Anexo 13. Ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Figueroa Diaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Testis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Durabilidad al Sulfato de Magnesio
Norma : MTC E 209
Cantera : Las Tres Tomas - Ferrefafe

Inalterabilidad del agregado grueso: Análisis cuantitativo.

Tamaño de los tamices			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Pasa	Retiene	Gradación Original (peso)	Gradación de la Muestra Originales (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	Nº de Partículas	Peso Ret despues de ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)	Nº de Partículas
2 1/2"	2"								
63 mm	50 mm								
2"	1 1/2"								
50 mm	37.5 mm								
1 1/2"	3/4"								
37.5 mm	19 mm								
3/4"	1/2"	450	51.7	152.05	23	136.5	10.2	5.3	16
19 mm	12.5 mm								
1/2"	3/8"	300	34.5	65.78	23	56.2	14.6	5.0	14
12.5 mm	9.5 mm								
3/8"	Nº 4	120	13.8	56.5	23	41.5	26.5	3.7	
9.5 mm	4.75 mm								
Totales		670	100.0	274.33		234.2		14.0	

Observaciones

- (1) Fracción pesada de acuerdo con límites de la tabla.
(2) Cuentas antes del ensayo.
(3) Fracciones pesadas según del ensayo.
(4) $(1) - (2) \times 100$
(5) $(3) - (2)$
(6) $(4) \times (5)$
(7) Se cuentan todas aquellas no eliminadas después del ensayo.

Eleny Roldánegra Obilias
Téc. Laboratorio USAT



Anexo 14. Ensayo de durabilidad al Sulfato de Magnesio



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Diaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Durabilidad al Sulfato de Magnesio
Norma : MTC E 209
Cantera : Las Tres Tomas - Ferreñafe

EXAMEN CUANTITATIVO

I.- DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	5.3
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	5.0
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	Nº 4	3.7
9.5 mm	4.75 mm	

II.- RESULTADO :

DESGASTE TOTAL	(%)	14.0
----------------	-----	------

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.


 Henry Rivadeneyra Obillos
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 15. Ensayo de durabilidad al sulfato de Magnesio



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Durabilidad al Sulfato de Magnesio
Norma : MTC E 209

EXAMEN CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO EN PARTÍCULAS QUE EXHIBEN FALLA

Cantera : Las Tres Tomas - Ferreñafe
Muestra : Piedra Chancada

Tamices		Rajadas		Desmoronadas		fracturadas		Astilladas		N° total de partículas antes del ensayo
pasa	retiene	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
3/4"	1/2"	0	0	0	0	0	0	0	0	20
1/2"	3/8"	0	0	5	25	0	0	0	0	

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

Henry Rivas Obidos
Téc. Laboratorio USAT



Anexo 16. Ensayo de sales solubles en agregados para pavimentos flexibles



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles
Norma : MTC E 219
Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe y La Victoria - Pátapo
Muestra : Mezcla de agregados

Muestra usada	g.	50	50
Agua destilada usada	ml	50	50

01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		5.00	5.00
02	Número de beaker		1	2
03	Peso de beaker	g.	49.80	48.90
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.	49.89	48.95
05	Peso de residuo de sales	g.	0.09	0.05
06	Volumen de la solución tomada	ml	100	100
07	Constituyentes de sales solubles totales	ppm	900	500
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(%)	0.09	0.05
	PROMEDIO (ppm) =		700	
	PROMEDIO (%) =		0.07	


 Henry Ruedenezgra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 17. Ensayo de sales solubles en agregados para pavimentos flexibles



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Díaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles
Norma : MTC E 219

Cantera	La Victoria - Pátapo	
Muestra	Arena	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	500
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.05

OBSERVACIONES :

1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)


 Henry Ruedeneyra Obitos
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 18. Ensayo de sales solubles en agregados para pavimentos flexibles



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Figueroa Diaz Fernando Raúl
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Noviembre del 2023
Ensayo : Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles
Norma : MTC E 219

Cantera	Tres Tomas- Ferreñafe		
Muestra	Piedra Chancada		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm		900
Constituyentes de sales solubles totales	%		0.09

OBSERVACIONES :

- 1) Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)


Centro
Rivadeneira
Obilias
Tec. LABORATORIO
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



Anexo 19. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : *Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno*.
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pámpa
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

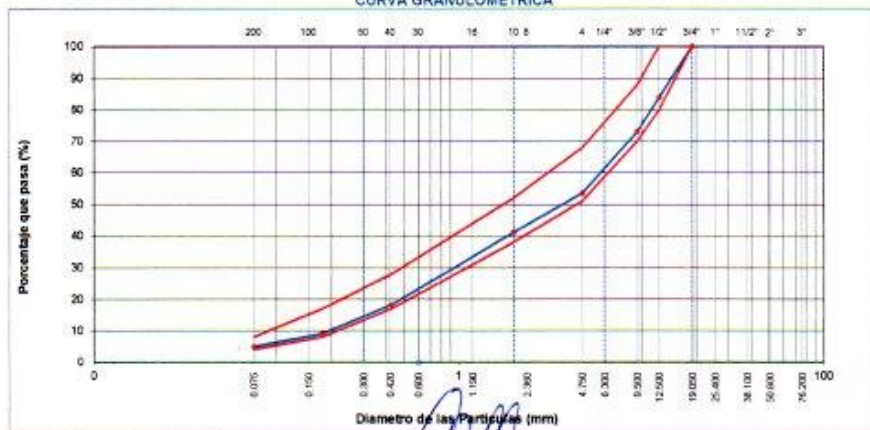
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Filler	1%

TAMAÑO MÁXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 5000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	752	15.0	15.0	84.0	50 100	
3/8"	9.500	536	10.8	26.8	73.2	70 88	
Nº 4	4.750	972	19.6	46.5	53.5	51 68	
Nº 10	2.000	562.0	12.3	58.8	41.2	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1107.0	23.0	81.8	18.2	17 28	
Nº 80	0.177	435.0	9.0	90.8	9.2	5 17	
Nº 200	0.075	203.0	4.2	95.1	4.9	4 8	
< Nº 200	FONDO	238.0	5.0	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Henry Rivas Obillos
 Tec. Laboratorio
 USAT



Anexo 20. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 4.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TEBIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 4.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TEBISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%	Peso de Muestra	1200
Arena	53%	Peso de C.A	54
Filler	1%		4.50%

CEMENTO ASFALTICO PROPIOS

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.37
B Arena	52.54	50.17
C Filler	1	5.46

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.37	44.37	44.37	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	50.17	50.17	50.17	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para máx #200)	%	0.96	0.96	0.96	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.30	6.75	7.05	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1057.37	1077.22	1154.3	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1071.00	1088.22	1168.4	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr	590.0	600.00	640.00	
16	Volumen de la Probeta 14-15	cc	481.0	488.22	528.44	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.198	2.200	2.184	2.196
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2047, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.515	2.515	2.515	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2B)+(3C)+(7+8)+(4*3/19+10)]	gr/cc	2.485	2.485	2.485	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 805)	%	12.61	12.28	13.17	12.69
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-20)/(37)+(45)+(5/11)	gr/cc	2.585	2.585	2.585	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(38)+(4/10)+(5/11)	gr/cc	2.675	2.675	2.675	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+6)/(3P-8)+(4*P-10)	gr/cc	2.702	2.702	2.702	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6/(23-21)/(23*21) (ASTM D 4459, MTC E 511)	%	1.71	1.71	1.71	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+6)*17/21	%	81.21	81.52	80.70	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100/(25+20)	%	6.18	6.20	6.14	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.70	18.48	19.30	18.86
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*3+6	%	2.89	2.89	2.89	
29	Relación betún vacíos (28/27)*100	%	32.88	33.54	31.80	32.74
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1245	1294	1391	
32	Factor de estabilidad		1.14	1.09	0.96	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1419	1410	1365	1388
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35/0.254)	mil	21	22	22	
34	Fluencia	m.m	5.33			
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m	2661	1015	1043	2073



Anexo 21. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1558 AASHTO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5.0% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%	Peso de Muestra	1200
Arena	53%	Peso de C.A.	60 5%
Filler	1%		

CEMENTO USAL (RUCOP N° 0075)

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz										
A Grava Triturada	46.46	44.14											
B Arena	52.54	48.10											
C Filler	1	7.76	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200		
Mezcla			100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9		
Especificaciones IVR			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prum.
1	Numero de probeta		1	2	3	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.14	44.14	44.14	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.10	48.10	48.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para máx. #200)	%	0.95	0.95	0.95	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.687	2.687	2.687	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	7.50	6.70	6.30	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1112.52	1089.96	1099.3	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente aceite	gr	1137.04	1108.03	1110.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	630.0	610.00	620.00	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	501.0	498.03	489.99	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/15 (ASTM D 2728, MTC E 514)	gr/cc	2.212	2.189	2.241	2.215
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.447	2.447	2.447	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100[(2.65)/(2.65)+(3.2)/(7.8)+(4.2)/(9+10)]$	gr/cc	2.509	2.509	2.509	
20	% de vacíos con aire $100[1-(17/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 503)	%	9.61	10.55	8.30	6.49
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-21)/(3/7)+(4/9)+(5/11)$	gr/cc	2.585	2.585	2.585	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11)$	gr/cc	2.728	2.728	2.728	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/(3+5)+(4+5)/(10)$	gr/cc	2.591	2.591	2.591	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^2)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.09	0.09	0.09	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)/17.21$	%	79.75	78.92	80.90	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	10.65	10.54	10.80	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.25	21.08	19.10	20.15
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)(3+4)$	%	4.92	4.92	4.92	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	52.57	50.52	53.33	53.33
31	Estabilidad sin coraje (tabla de calibración del ensayo)	kg	1939	1972	1942	
32	Factor de estabilidad		1.04	1.04	1.04	
33	Estabilidad corregida $31/32$	kg	201.6	2269	2097	2098
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35/0.254)	mil	28	35	35	33
34	Fluencia	m.m.	7.11	8.89	9.14	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2835	2552	2195	3528

Henry Obitas
 Tsc. Laboratorio USAT

Figueroa Díaz Fernando Raúl

Anexo 22. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 248

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%	Peso de Muestra	1200
Arena	53%	Peso de C.A.	66 5.50%
Filler	1%		

CEMENTO ANSALITRA 4000/70

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz									
A Grava Triturada	46.46	43.91										
B Arena	52.54	48.70										
C Filler	1	7.39	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4		Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla			100	84.0	73.2	53.5			41.2	18.2	9.2	4.3
Especificaciones IVB			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68			38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Nº	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	43.91	43.91	43.91	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.70	48.70	48.70	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para masa #200)	%	0.95	0.95	0.95	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.60	7.55	7.00	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1110.63	1184.99	1174.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1128.31	1207.15	1190.1	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	640.0	680.00	680.00	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	488.3	527.15	510.1	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.274	2.248	2.301	2.275
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.437	2.437	2.437	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / (2.65 + (3.2)(7+8) + (4.2)(9+10))$	gr/cc	2.470	2.470	2.470	
20	% de vacíos con aire $100(1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 905)	%	6.69	7.77	5.58	6.68
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 21) / (3/7 + (4/9) + (5/11))$	gr/cc	2.585	2.585	2.585	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / (3/6) + (4/10) + (5/11)$	gr/cc	2.702	2.702	2.702	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / (3/6 - 8) + (4/9 - 10)$	gr/cc	2.625	2.625	2.625	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 8(23 - 21) / (23 - 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.61	0.61	0.61	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) * 17/21$	%	82.32	81.36	81.30	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25+20)$	%	10.99	10.86	11.12	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	17.68	18.64	18.00	17.67
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	4.94	5.04	5.04	4.97
29	Relacion betun vacíos $(25/27) * 100$	%	62.17	62.28	62.40	62.35
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2012	2279	2172	
32	Factor de estabilidad		1.00	0.96	1.00	
33	Estabilidad corregida 31/32	kg	2042	2185	2184	2042
34	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	35	36	36	31
34	Fluencia	m.m.	6.35	8.89	9.14	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	3483	2692	2607	2684

Ing. Fernando Raúl Figueroa Díaz
 Responsable Oblitos
 Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 23. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 6.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 6.0% CA
CANTERA : Tres Tomas - Ferretafte / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%	Peso de Muestra	1200
Arena	53%	Peso de C.A	72 6.00%
Filler	1%		

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.68
B Arena	52.54	48.44
C Filler	1	7.88

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°60	N°200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	43.68	43.68	43.68	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	48.44	48.44	48.44	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% para malla #200)	%	0.94	0.94	0.94	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.687	2.687	2.687	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm.	7.20	7.10	6.90	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1156.03	1163.25	1146.3	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1174.04	1181.58	1162.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	650.0	660.00	660.00	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c	524.0	521.58	502.01	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.206	2.230	2.283	2.2399
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 208, MTC E 508)	gr/cc	2.478	2.478	2.478	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100(1/2.6)+3(2/7.8)+4(2/9)+10)	gr/cc	2.452	2.452	2.452	
20	% de vacíos con aire 100(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	10.98	10.00	7.85	9.61
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/(3/7)+(4/9)+(5/11)	gr/cc	2.585	2.585	2.585	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/cc	2.702	2.702	2.702	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3P-8)+(4P-10)	gr/cc	2.699	2.699	2.699	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4489, MTC E 511)	%	1.67	1.67	1.67	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	79.42	80.30	82.21	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	9.60	9.70	9.91	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.58	19.70	17.79	19.36
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	4.46	4.46	4.46	
29	Relacion betun vacíos (26/27)*100	%	46.65	49.75	54.85	50.58
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1598	2631	1586	
32	Factor de estabilidad		0.96	1.00	1.04	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1534	2631	1659	1938
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	mil	32	36	34	34
34	Fluencia	m.m.	8.12	7.55	7.55	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	1888	2450	2335	

[Handwritten Signature]
 Henry
 Rivadeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

[Handwritten Signature]
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 24. Ensayo de Mezcla Asfáltica



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Mezcla Asfáltica
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2473	2461	2459	2467
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3573.2	3560.9	3559.2	3566.6
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	437	450	451	444
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.515	2.447	2.437	2.478

CONTENIDO LA %
54

Henry Rivasneyra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 RECIBIDO DE LABORATORIO

Anexo 25. Ensayo de Mezcla Asfáltica

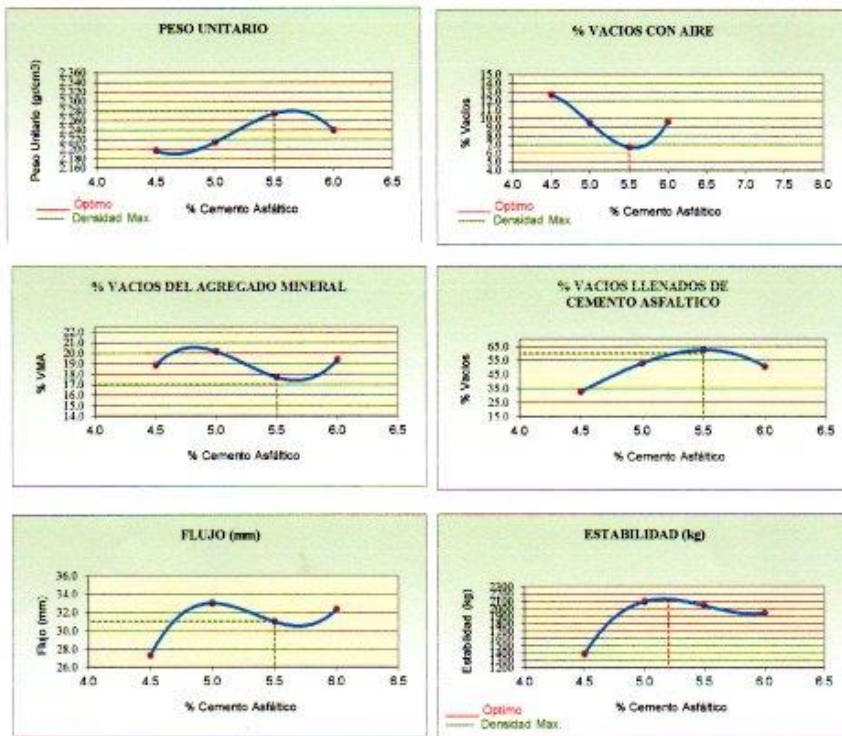


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESTEISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.4
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.280
Vacios (%)	6.00
Vacios del Agregado mineral (%)	19.80
Vacios Llenados de C.A (%)	60.00
Flujo (mm)	32.0
Estabilidad (Kg)	2042
Relación Polvo Asfalto	1.10

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



Henry Obilias
 TEC. LABORATORIO
 USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 26. Ensayo de Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Pocho de Concreto	2%

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
Peso inicial seco : 5000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	792.00	16.0	18.0	84.0	80 100	
3/8"	9.500	536.00	10.8	28.8	73.2	70 88	
Nº 4	4.750	972.00	19.6	48.5	53.5	51 68	
Nº 10	2.000	592.00	12.3	58.8	41.2	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1,107.00	23.0	81.8	18.2	17 28	
Nº 80	0.177	436.00	9.0	90.8	9.2	8 17	
Nº 200	0.075	200.00	4.2	95.1	4.9	4 8	
< Nº 200	FONDO	238.00	5.0	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



[Signature]
Ing. *[Signature]*
Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
LABORATORIO USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 27. Ensayo Mezcla Asfáltica – 4.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno.
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 4.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de Concreto	1%

CEMENTO ASFALTICO (C.A.)

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.37
B Arena	51.54	48.99
C Filler	2	6.64

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.3	53.6		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla	4.5	4.5	4.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	44.37	44.37	44.37
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	48.99	48.99	48.99
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	0.23	0.23	0.23
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc 1.021	1.021	1.021
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc 2.669	2.669	2.669
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc 2.683	2.683	2.683
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc 2.594	2.594	2.594
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc 2.618	2.618	2.618
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc 0.86	0.86	0.86
12	Altura promedio de la probeta	cm 7.2	7.25	6.8
13	Peso de la probeta en el aire	gr 1101	1065.4	1079.4
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr 1125.86	1094.26	1096.5
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr 680.0	650	652
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c 455.9	444.26	444.47
17	Peso Unitario de la Probeta 13/18 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc 2.415	2.598	2.420
18	Peso específico teórico máximo (Rho) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc 2.636	2.636	2.636
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100(1/26)+(3/27)+(4/28)+(5/29)+100	gr/cc 2.513	2.513	2.513
20	% de vacíos con aire 100(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 8.38	9.02	7.87
21	Peso específico Bulk del Agregado Total 100-21(1/37)+(4/91)+(5/11)	gr/cc 2.626	2.626	2.626
22	Peso específico Aparente del agregado total 100-21(1/38)+(4/10)+(5/11)	gr/cc 2.709	2.709	2.709
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3+4/2+8)/(4+10)	gr/cc 2.791	2.791	2.791
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(23-21)/(23+21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 2.31	2.31	2.31
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)/17/21	% 86.09	85.49	86.57
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100/(25+20)	% 3.53	3.49	3.56
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 13.91	14.53	13.43
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)(3+4)	% 2.34	2.34	2.34
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	% 39.77	37.83	41.41
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 2630	2820	3012
32	Factor de estabilidad	1.25	1.25	1.25
33	Estabilidad corregida 31*32	kg 3288	3612	3765
34	Leitura del Reómetro (0.01") (36/0.264)	put 30	30	30
34	Fluencia	m.m 7.62	7.62	7.62
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m 4314	4738	4907

Henry Rivas de la Cruz Obilitas Tec. Laboratorio USAT



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 28. Ensayo Mezcla Asfáltica – 5.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de Concreto	2%

COMPOSICION ASFALTICA (Nº 65)

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.14
B Arena	51.54	44.21
C Filler	2	1.90

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Nº	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.14	44.14	44.14	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	44.21	44.21	44.21	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa maya #200)	%	4.75	4.75	4.75	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.8	7.2	7	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1022.44	1043.51	1053.3	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1042.47	1074.16	1064.4	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	590.0	630	620.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c	452.47	444.16	444.4	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.260	2.350	2.370	2.326
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 308)	gr/cc	2.502	2.502	2.502	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((26) + (3^2 / (7 + 8)) + (4^2 / (9 + 10)))$	gr/cc	2.607	2.607	2.607	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17 / 18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	9.69	6.10	5.29	7.68
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 21) / ((3/7) + (4/8) + (5/11))$	gr/cc	2.388	2.388	2.388	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc	2.850	2.850	2.850	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/8) - 8) + (4/10 - 10)$	gr/cc	2.655	2.655	2.655	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.29	4.29	4.29	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	88.09	91.59	92.39	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (26 + 20)$	%	2.22	2.30	2.32	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 26$	%	11.91	8.41	7.61	9.31
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24 / 100) * (3 + 4)$	%	1.21	1.21	1.21	
29	Relacion betun vacíos $(26 / 27) * 100$	%	18.61	27.42	35.34	25.82
31	Estabilidad sin corregr (tabla de calibración del año)	kg	2965	3260	3050	
32	Factor de estabilidad		1.25	1.25	1.25	
33	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	3706	4076	3810	
34	Lectura del flexómetro $(0.01") / (35 / 0.254)$	psi	30	30	31	
34	Fluencia	m.m	7.62	8.13	7.62	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m	4864	5014	4959	

Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USA1

RECIBIDO DE LABORATORIO

Anexo 29. Ensayo Mezcla Asfáltica – 5.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 246

TEBIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Poivo de Concreto	2%

DEFINICIONES DE PROPIEDADES

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.91
B Arena	51.54	43.98
C Filler	2	1.89

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones 1VB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla			
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)			
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)			
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 5% pasa malla #200)			
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico			
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)			
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)			
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)			
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)			
11	Peso específico aparente del filler			
12	Altura promedio de la probeta			
13	Peso de la probeta en el aire			
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca			
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C			
16	Volumen de la Probeta 14-15			
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)			
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)			
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(26)+(3*2)+8)+(4*2)+10]			
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)			
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))			
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))			
23	Peso específico efectivo del agregado total (2+4)/((3/P. 8)+(4*P.10))			
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6/(25-21)/((23*2)) (ASTM D 4469, MTC E 511)			
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+6)*17/21			
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)			
27	% vacíos del agregado mineral 100-28			
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)			
29	Relacion betun vacíos (26/27)*100			
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)			
32	Factor de estabilidad			
33	Estabilidad corregida 31*32			
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)			
34	Fluencia			
35	Relacion Estabilidad / Fluencia			

Henry Ruedeneyra Obiñas
 Tec. LABORATORIO USAT



USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 30. Ensayo Mezcla Asfáltica – 6.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 6% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Potvo de Concreto	2%

CEMENTO ASFALTICO OPEN GRIT

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.68
B Arena	51.54	39.04
C Filler	2	1.88

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz				
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4
Mezcla	100	84.8	73.2	53.5	41.2
Especificaciones IVB	100	50 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52

#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla	6.0	6.0	6.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	43.68	43.68	43.68
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	39.04	39.04	39.04
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	9.40	9.40	9.40
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669
8	Peso específico aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594
10	Peso específico aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86
12	Altura promedio de la probeta	cm	7.05	7.2
13	Peso de la probeta en el aire	gr	962.27	993.3
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	996.87	1018.0
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	540.0	550.0
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	456.87	467.99
17	Peso Unitario de la Probeta 13/18 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.196	2.127
18	Peso específico teórico máximo (Ries) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.297	2.297
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/(2.65+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	gr/cc	2.690	2.690
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	8.30	7.41
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-20)/(3/7)+(4/9)+(5/11)	gr/cc	2.181	2.181
22	Peso específico aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/cc	3.014	3.014
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc	2.446	2.446
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6*(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	5.07	5.07
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	88.95	89.82
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	2.74	2.77
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	11.05	10.18
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	1.81	1.81
29	Relacion betun vacíos (26/27)*100	%	24.83	27.20
30	Relacion betun vacíos (26/27)*100	%	24.83	27.20
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2860	3125
32	Factor de estabilidad		1.19	1.19
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	3403	3719
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	mil	29	30
35	Fluencia	m.m.	7.37	7.06
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	4620	4880

Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica
 TACUHO DE LABORATORIO

Anexo 31. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES




**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

PORCENTAJE DE MATERIAL	4.5	5.0	5.5	6.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2493	2471	2469	2432
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3593.2	3570.9	3569.2	3531.6
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	417	440	441	479
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.636	2.502	2.493	2.297

CANTIDAD CA %
4.8


 Henry Roldán Obispo
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 32. Ensayo de Mezcla Asfáltica

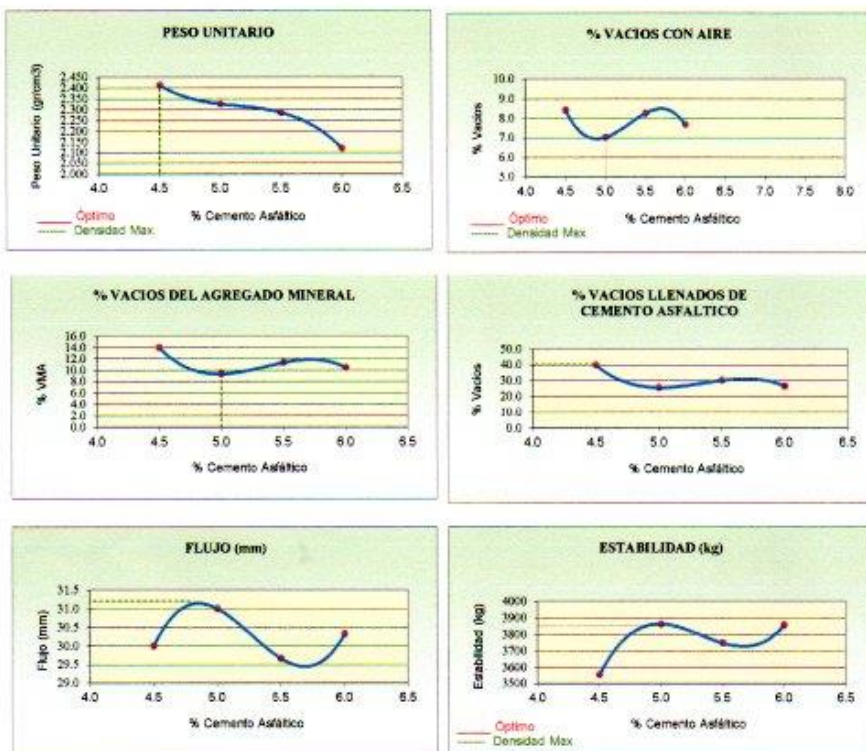


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



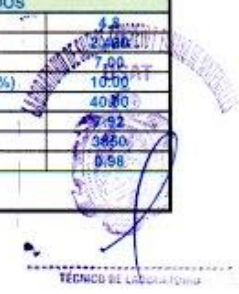
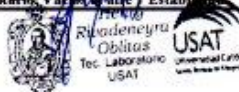
REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 248

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.8
Peso Unitario (gr/cm ²)	37.66
Vacios (%)	7.00
Vacios del Agregado mineral (%)	10.00
Vacios Llenados de C.A (%)	40.00
Flujo (mm)	29.52
Estabilidad (Kg)	3850
Relación Polvo Asfalto	0.98

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios con Aire y Estabilidad.



Anexo 33. Ensayo de Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos.
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESTISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

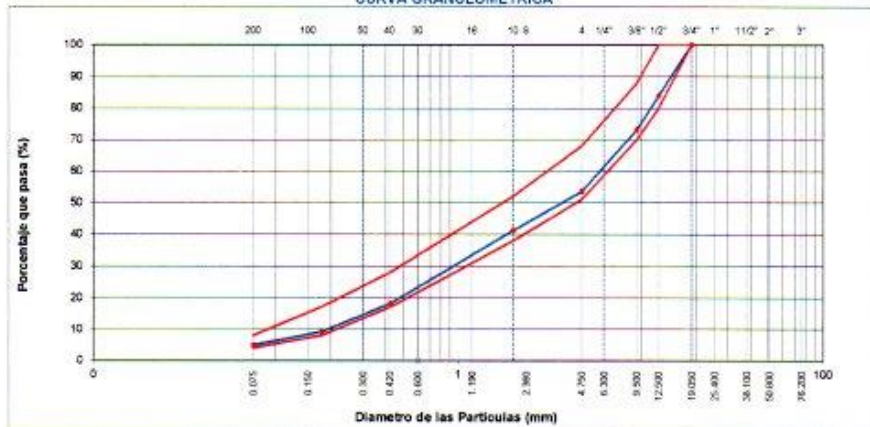
DATOS DE DISEÑO

Grava Chencada 1/2"	46%
Arena	53%
Pocho de Concreto	3%

TAMAÑO MÁXIMO : 1/2"
 Peso Inicial seco : 5000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	792.00	16.0	16.0	84.0	80 - 100	
3/8"	9.500	536.00	10.8	26.8	73.2	70 - 88	
Nº 4	4.750	672.00	13.5	40.3	59.7	51 - 68	
Nº 10	2.000	592.00	11.8	52.1	48.2	38 - 52	Observación:
Nº 40	0.425	1.107.00	22.1	74.2	25.8	17 - 28	
Nº 80	0.177	435.00	8.7	82.9	17.1	8 - 17	
Nº 200	0.075	203.00	4.1	97.0	3.0	4 - 8	
< Nº 200	FONDO	238.00	4.8	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Anexo 34. Ensayo de mezcla asfáltica – 4.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1565 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 4.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferretafie / La Victoria - Pátapo
 TESISISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Pocho de Concreto	3%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.17
B Arena	50.54	48.03
C Filler	3	2.87

	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.37	44.37	44.37	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	48.03	48.03	48.03	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 55% peso máx 200)	%	0.23	0.23	0.23	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#6) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 206)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#6) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 206)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.5	6.8	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1058	1102	1079	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1096	1113	1080	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	652.0	660	635	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	444.0	455	445	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.383	2.422	2.425	2.418
18	Peso específico teórico máximo (Real) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.574	2.574	2.574	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100[(2.65)/(3.2)(7+8)+(4.2)(9+10)]$	gr/cc	2.537	2.537	2.537	
20	% de vacíos con aire $100[(1-7)/18]$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	7.44	5.92	5.81	6.39
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)(3/7)+(4/9)+(5/11)$	gr/cc	2.626	2.626	2.626	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-2)(3/8)+(4/10)+(5/11)$	gr/cc	2.738	2.738	2.738	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/(3+8)+(4+10)$	gr/cc	2.690	2.690	2.690	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-5(23-21)/(23*2)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.93	0.93	0.93	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^2/7^2$	%	84.07	85.45	85.54	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	8.50	8.64	8.65	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	15.93	14.55	14.46	14.98
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)(13+4)$	%	3.64	3.64	3.64	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	53.33	59.34	59.80	57.49
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3920	3550	3950	
32	Factor de estabilidad		1.25	1.25	1.25	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	4900	4438	4938	4758
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	mil	31	35	34	33
34	Fluencia	m.m.	7.87	8.38	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	6223	5294	5717	

Henry Ruedeneitya Obillos
 Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 35. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1558 AASTHO T-245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de Concreto	3%

CEMENTO ASFALTICO (CPN 6070)

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.14
B Arena	50.54	43.26
C Filler	3	2.85

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	88 - 100	78 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.14	44.14	44.14	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	43.26	43.26	43.26	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	4.75	4.75	4.75	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.5	6.8	6.5	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1105	1098	1112	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1119	1105	1120	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	645.0	642	645.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	474	463	475.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.331	2.371	2.341	2.348
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 208, MTC E 508)	gr/cc	2.447	2.447	2.447	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2.65 / (2.65 - 0.01)) + (3.0 / (3.0 - 0.01)) + (4.2 / (4.2 - 0.01))]$	gr/cc	2.632	2.632	2.632	
20	% de vacíos con aire $100 * [1 - (17/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.72	3.07	4.31	4.03
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2.0) / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$	gr/cc	2.386	2.386	2.386	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2.0) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$	gr/cc	2.581	2.581	2.581	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$	gr/cc	2.561	2.561	2.561	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 8 / (2.3 - 2.1) / (2.3 - 2.1)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.93	2.93	2.93	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) * (17/21)$	%	96.03	91.58	90.41	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25 + 20)$	%	5.26	5.37	5.28	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	9.97	8.42	9.59	9.33
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	2.44	2.44	2.44	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	52.70	63.52	55.02	57.08
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	4229	3899	4152	
32	Factor de estabilidad		1.14	1.19	1.16	
33	Estabilidad corregida 31/32	kg	4817	4629	4723	4757
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35/0.254)	mil	31	25	30	30
34	Fluencia	m.m.	7.87	7.57	7.62	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	6117	6264	6242	6214

Henny
 Rivas de Heryu
 Oblitos
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYOS

Anexo 36. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1659 AASTHO T - 245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de Concreto	3%

CEMENTO ASFALTICO OPN 60-70

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.91
B Arena	50.54	43.03
C Filler	3	2.84

Material	%	% Que Pasa el Tamiz								
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5			41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68			38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	43.91	43.91	43.91	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	43.03	43.03	43.03	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	4.73	4.73	4.73	
6	Peso específico aparente de concreto asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.8	6.8	6.9	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1098	1120	1132.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1105	1134	1146	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	615.0	652	652	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	470	482	494	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.526	2.524	2.591	2.517
18	Peso específico teórico máximo (Rica) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.493	2.493	2.493	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2/6)+(3/2)(7+8)+(4/2)(9+10)]	gr/cc	2.610	2.610	2.610	
20	% de vacíos con aire 100(1-17/16) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	6.28	6.78	8.07	7.04
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/(3/7)+(4/9)+(5/11)	gr/cc	2.786	2.786	2.786	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/cc	2.881	2.881	2.881	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3P-8)+(4P-10)	gr/cc	2.639	2.639	2.639	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*2) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.10	4.10	4.10	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)/1721	%	89.74	89.26	88.03	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	3.98	3.96	3.96	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	10.26	10.74	11.97	10.99
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)/(3+4)	%	1.93	1.93	1.93	
29	Relacion betun vacíos (26/27)*100	%	38.89	36.86	32.60	36.09
31	Estabilidad sin corregir (tasa de calibración del anillo)	kg	3630	4150	3870	
32	Factor de estabilidad		1.19	1.19	1.09	
33	Estabilidad corregida 31/32	kg	4320	4939	4218	4492
34	Lectura del Reómetro (0.01") (35 / 0.254)	psi	32	30	33	32
34	Fluencia	m.m.	8.13	7.62	8.38	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	5215	6481	5032	5699

[Firma]
 Ruedeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

[Firma]
 USAT
 Universidad Católica
 Santa Victoria del Magro

Anexo 37. Ensayo de mezcla asfáltica – 6.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1659 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 6% CA
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Pólvora de Concreto	3%

CEMENTO ASI Y POLIPROPIENO

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.68
B Arena	50.54	38.10
C Filler	3	2.82

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	43.68	43.68	43.68	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	38.10	38.10	38.10	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 85% pasa malla #200)	%	9.40	9.40	9.40	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	1.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.994	2.994	2.994	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	1.696
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.8	6.9	6.2	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1125	1098.0	1126.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1141	1122.0	1125.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua 28 °C	gr	630.0	605.0	605.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	511	507	520	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 814)	gr/cc	2.202	2.166	2.146	1.171
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 805)	gr/cc	2.346	2.346	2.346	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100[(2.65)/(3.2)+(7.8)/(4.2)+(9.8)/(10)]$	gr/cc	2.716	2.716	2.716	
20	% de vacíos con aire $100[(1-17)/18]$ (ASTM D 3303, MTC E 505)	%	6.15	7.68	8.52	7.46
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $100-2[(37)/(49)+(5/11)]$	gr/cc	2.178	2.178	2.178	
22	Peso específico Aparente del agregado total $100-2[(1/3)+(4/10)+(5/11)]$	gr/cc	2.049	2.049	2.049	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/(3+8)+(4+9)/10$	gr/cc	2.481	2.481	2.481	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6[(23-21)/(23*21)]$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	5.74	5.74	5.74	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)/17/21$	%	92.19	90.68	89.87	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100/(25+20)$	%	1.66	1.62	1.62	
27	% vacíos del agregado mineral $100-25$	%	7.81	9.32	10.13	9.09
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)(13+4)$	%	1.31	1.31	1.31	
29	Relacion betun vacíos $(25/27)*100$	%	21.25	17.97	18.99	19.25
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	4105	3969	3905	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.04	1.06	
33	Estabilidad corregida 31/32	kg	4105	3796	3905	3935
34	Lectura del Reómetro (0.01") (35/0.254)	pas	30	34	32	32
34	Fluencia	m.m.	7.62	8.64	8.13	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	5387	4396	4804	4862

Figueroa Díaz Fernando Raúl
Henry Riosdenerys Obillos
Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 38. Ensayo de Mezcla Asfáltica



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".

ENSAYO : Mezcla Asfáltica

CANTERA : Tres Tomas - Ferrelate / La Victoria - Píscopo

TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

PORCENTAJE DE MATERIAL	4.5	5.0	5.5	6.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2483	2461	2469	2442
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3583.2	3560.9	3569.2	3541.6
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	427	433	441	469
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.574	2.540	2.493	2.346

CONTENIDO %
47



Anexo 39. Ensayo de Mezcla Asfáltica

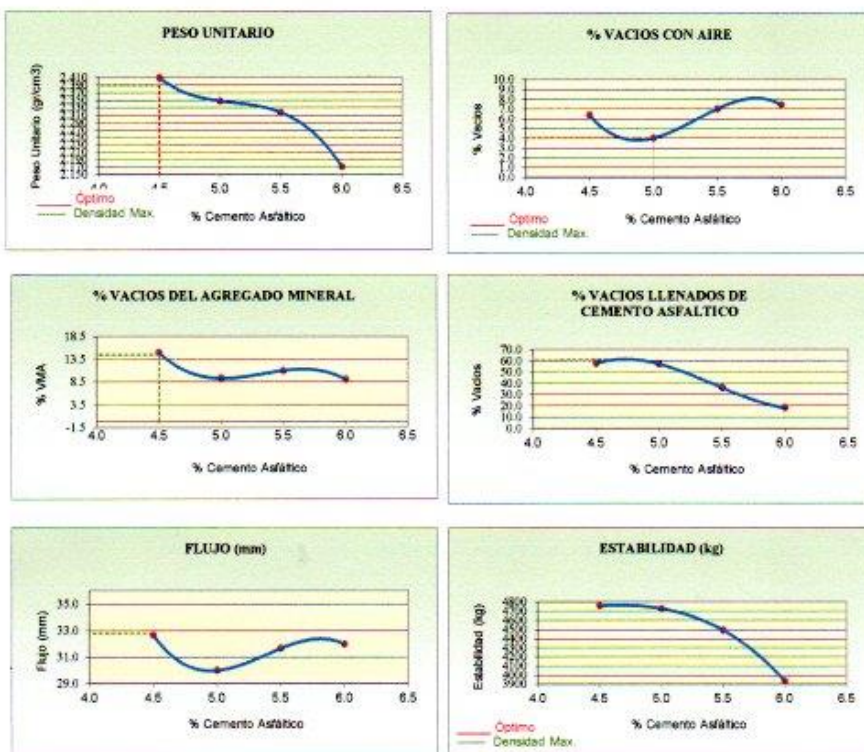


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl




RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	4.67
Peso Unitario (gr/cm ²)	22.86
Vacios (%)	8.90
Vacios del Agregado mineral (%)	14.50
Vacios Llenados de C.A (%)	55.00
Flujo (mm)	8.33
Estabilidad (Kg)	4790.00
Relación Polvo Asfalto	0.75

Nota: El Optimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso Unitario, Vacios al Aire y Estabilidad

Fernando Raúl
 Figueroa Díaz
 Obidos
 Téc. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santo Toribio de Mogrovejo


TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 40. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".

ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo

TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

DATOS DE DISEÑO

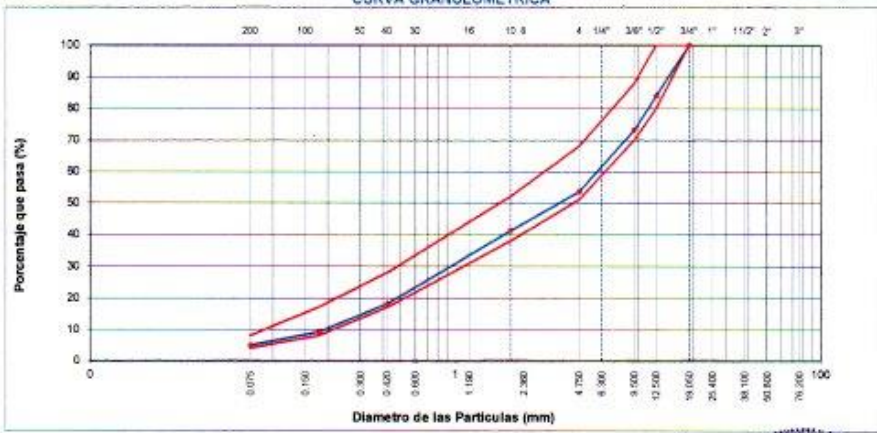
Grava Chancada 1/2"	46%
arena	53%
Pulvo de Concreto	1%


TAMAÑO MÁXIMO : 1/2"

Peso inicial seco : 5000 g


TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	792.00	16.0	16.0	84.0	80 - 100	
3/8"	9.500	536.00	10.8	26.8	73.2	70 - 85	
Nº 4	4.750	972.00	19.6	46.5	53.5	51 - 68	
Nº 10	2.000	592.00	12.3	58.8	41.2	36 - 52	Observación:
Nº 40	0.425	1.107.00	23.0	81.8	18.2	17 - 25	
Nº 80	0.177	435.00	9.0	90.8	9.2	8 - 17	
Nº 200	0.075	303.00	4.2	95.1	4.9	4 - 8	
< Nº 200	FONDO	238.00	5.0	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA






Henry Alandinegra Obilias
Téc. LABORATORIO USAT



USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo



USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 41. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 4.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 246

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 4.5% CA
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de Concreto	4%

CEMENTO (MATERIAL) (PESO)

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.37
B Arena	49.54	46.35
C Filler	4	3.82

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.8		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.37	44.37	44.37	
4	% de arena combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	46.35	46.35	46.35	
5	% de filler en peso de mezcla (mismo 65% pasa malla #200)	%	0.96	0.96	0.96	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.8	6.7	6.6	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1110	1185	1123	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1126	1116	1136	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	665.0	658	670	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	461.0	458	466	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.408	2.413	2.410	2.410
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.515	2.515	2.515	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 \left[\frac{2R}{100} + \frac{3^2 T}{100} + \frac{4^2 U}{100} + \frac{5^2 V}{100} \right]$	gr/cc	2.579	2.579	2.579	
20	% de vacíos con aire $100 \left[\frac{1 - (W/P)}{G} \right]$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.28	4.09	4.26	4.19
21	Peso específico Bulk del agregado Total $(100 - 2) \left[\frac{3}{37} + \frac{4}{49} + \frac{5}{51} \right]$	gr/cc	2.584	2.584	2.584	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) \left[\frac{3}{37} + \frac{4}{49} + \frac{5}{51} \right]$	gr/cc	2.789	2.789	2.789	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 - 4) \left[\frac{3}{37} + \frac{4}{49} + \frac{5}{51} \right]$	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 5 \left[\frac{23 - 21}{23 + 21} \right]$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.15	0.15	0.15	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3 - 4) / 17.27$	%	85.43	85.60	85.50	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 \times (25 + 20)$	%	10.20	10.32	10.30	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	14.57	14.40	14.50	
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \times (3 + 4)$	%	4.37	4.37	4.37	
29	Relacion betun vacíos $(26/27) \times 100$	%	70.64	71.63	71.06	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3268	3348	3386	
32	Factor de estabilidad		1.19	1.19	1.19	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	3879	3975	4032	3959
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	mil	32	35	33	33
34	Fluencia	m.m	8.13	8.89	8.36	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m	4773	4471	3999	4481

Nery Rivas Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 42. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

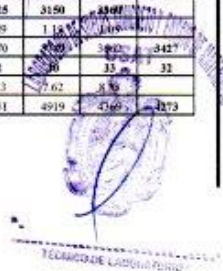
TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de Concreto	4%
CEMENTO ASFALTICO OPEN 70/90	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.14
B Arena	49.54	45.16
C Filler	4	3.80

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones (VB)	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.	
1	Número de probeta				
2	C.A. en peso de la mezcla				
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)				
4	% de arena combinadas en peso de mezcla (menor #4)				
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)				
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico				
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)				
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)				
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)				
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)				
11	Peso específico aparente del filler				
12	Altura promedio de la probeta				
13	Peso de la probeta en el aire				
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca				
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C				
16	Volumen de la Probeta 14-15				
17	Peso unitario de la Probeta 13/18 (ASTM D 2726, MTC E 514)				
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)				
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(26)/(3*2)+(7+5)+(4*2)/(9+10)]				
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)				
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)]				
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-2)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]				
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/[(3/8)-3]+(4/9-10)]				
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5/(23-21)*(23*2) (ASTM D 4469, MTC E 511)				
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21				
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)				
27	% vacíos del agregado mineral 100-25				
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*3+4				
29	Relación betún vacíos (26/27)*100				
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)				
32	Factor de estabilidad				
33	Estabilidad corregida 31*32				
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)				
34	Fluencia				
35	Relación: Estabilidad / Fluencia				



Anexo 43. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1.2"	46%
Arena	53%
Polvo de Concreto	4%
CEMENTO ASEALCOOPEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.91
B Arena	49.54	44.92
C Filler	4	3.78

	% Que Pasa el Tamiz				N°10	N°40	N°80	N°200
	1"	3/4"	1/2"	3/8"				
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5	41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 89	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	43.91	43.91	43.91	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	44.92	44.92	44.92	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 85% pase malla #200)	%	1.89	1.89	1.89	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.7	6.9	6.6	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1152	1136	1105.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1178	1165	1136	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	880.0	678	690	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	497	487	446	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.327	2.333	2.474	2.379
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 208, MTC E 508)	gr/cc	2.580	2.580	2.580	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2.6 / (3 \cdot 2) + 7 \cdot 8) + (4 \cdot 2) / (9 \cdot 10)]$	gr/cc	2.562	2.562	2.562	
20	% de vacíos con aire $100 \cdot [1 - 17 / (8)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	9.81	9.60	3.98	7.80
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(3 \cdot 7) + (4 \cdot 9) + (5 \cdot 11)]$	gr/cc	2.531	2.531	2.531	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / [(3 \cdot 6) + (4 \cdot 10) + (5 \cdot 11)]$	gr/cc	2.819	2.819	2.819	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 \cdot 4) / [(3 \cdot 4) + (4 \cdot 9) + (5 \cdot 11)]$	gr/cc	2.719	2.719	2.719	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6 / (23 \cdot 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.79	2.79	2.79	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3 \cdot 4) \cdot 17 / 21$	%	83.42	83.61	88.81	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25 \cdot 20)$	%	6.77	6.79	7.21	
27	% vacíos del agregado mineral 100-23	%	16.58	16.39	11.19	14.72
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24 / 100) \cdot (3 \cdot 4)$	%	3.02	3.02	3.02	
29	Relacion betún vacíos $(29 \cdot 27) \cdot 100$	%	40.85	41.45	64.82	70.89
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3205	3324	3166	
32	Factor de estabilidad		1.09	1.09	1.09	
33	Estabilidad corregida 31/32	kg	3493	3619	4062	3725
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	mil	36	32	31	
34	Fluencia	m.m	6.60	8.13	5.89	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m	5200	4452	4570	4571

Henry Rivasdeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 44. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 6.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

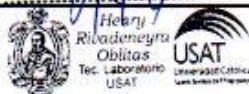
TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 6% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Pulv. de Concreto	4%

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.68
B Arena	49.54	44.68
C Filler	4	3.76

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	43.68	43.68	43.68
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	44.68	44.68	44.68
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	1.88	1.88	1.88
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cos. 1.021	1.021	1.021
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cos. 2.609	2.609	2.609
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cos. 2.683	2.683	2.683
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cos. 2.594	2.594	2.594
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cos. 2.618	2.618	2.618
11	Peso específico aparente del filler	gr/cos. 0.86	0.86	0.86
12	Altura promedio de la probeta	cm. 6.7	6.5	6.9
13	Peso de la probeta en el aire	gr. 1135	1126.9	1256.0
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr. 1136	1142.0	1275.0
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr. 676.0	681.0	735.0
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c. 461	461	530
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cos. 2.419	2.448	2.273
18	Peso específico teórico máximo (Rical) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cos. 2.456	2.456	2.456
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100[(26)/(3+2)(7+9)+(4+2)(9+10)]$	gr/cos. 2.542	2.542	2.542
20	% de vacíos con aire $100[1-(17/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 1.52	0.33	7.46
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)[(1/3)(7)+(4/9)+(9/11)]$	gr/cos. 2.531	2.531	2.531
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-2)[(1/3)(8)+(4/10)+(9/11)]$	gr/cos. 2.819	2.819	2.819
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3)(8-5)+(4)(9-10)]$	gr/cos. 2.590	2.590	2.590
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21) / (23^2-21^2)$ (ASTM D 4469, MTC E 811)	% 0.92	0.92	0.92
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) / 17.21$	% 86.25	87.27	81.03
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(26+20)$	% 12.25	12.40	13.51
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 13.77	12.73	18.97
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - $(24/100)(7+9)$	% 5.19	5.19	5.19
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	% 88.98	97.41	60.68
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 3335	3450	3704
32	Factor de estabilidad	1.19	1.12	0.95
33	Estabilidad corregida 31*32	kg 3997	4166	3222
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	mil. 32	30	31
34	Fluencia	m.m. 8.13	8.38	7.91
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 4868	4898	4692



FEDUCO DE LABORATORIO

Anexo 45. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".

ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos

CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe / La Victoria - Pícapo

TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

PORCENTAJE DE MATERIAL	4.5	5.0	5.5	6.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2473	2471	2484	2463
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3573.2	3570.9	3584.2	3562.6
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1100	1100	1100	1100
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	436	440	444	448
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.523	2.502	2.477	2.456

CONTENIDOS
48



Anexo 46. Ensayo de análisis granulométricos de agregados gruesos y finos



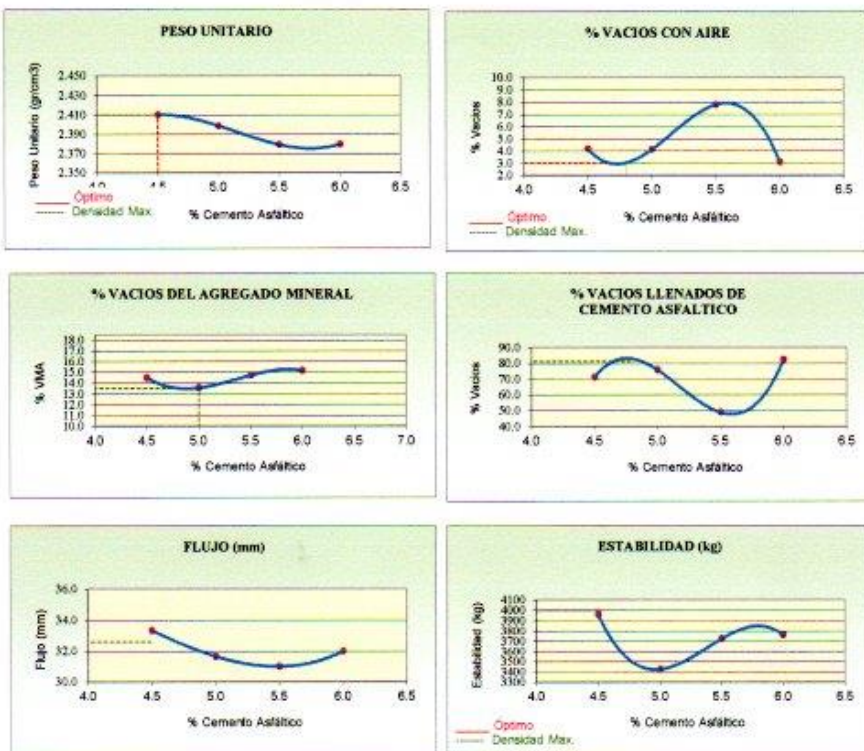
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 248

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl



RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	4.6
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.415
Vacios (%)	3.99
Vacios del Agregado mineral (%)	13.56
Vacios Llenados de C.A (%)	41.00
Flujo (mm)	31.26
Estabilidad (Kg)	3990
Relación Polvo Asfalto	0.93

Nota: El Optimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacío al aire y Estabilidad

Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 47. Ensayos de análisis granulométricos de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pámpa
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

DATOS DE DISEÑO

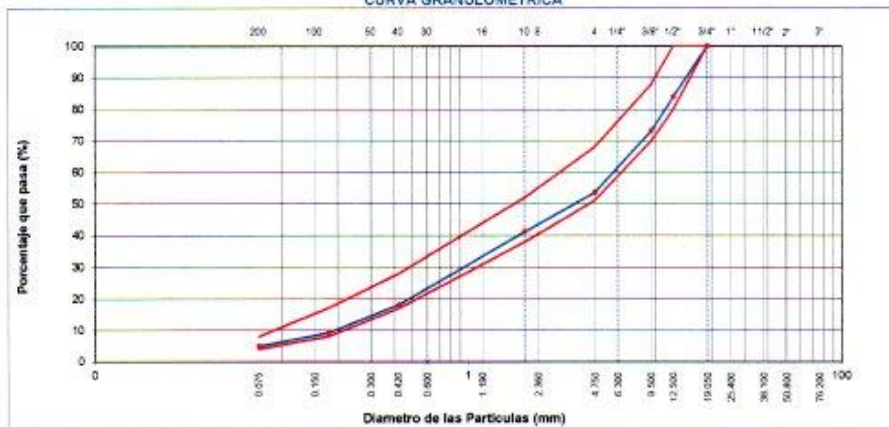
Grava Chancada 1/2"	46%
Areña	53%
Pocho de concreto	3%
Polipropileno	0.2%

TAMAÑO MÁXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 5000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	792.00	16.0	16.0	84.0	90	100
3/8"	9.500	536.00	10.8	26.8	73.2	70	86
Nº 4	4.750	972.00	19.6	46.5	53.5	51	68
Nº 10	2.000	582.00	12.3	58.8	41.2	38	52
Nº 40	0.425	1.107.00	23.0	81.8	18.2	17	28
Nº 80	0.177	495.00	9.0	90.8	9.2	8	17
Nº 200	0.075	203.00	4.2	95.1	4.9	4	8
< Nº 200	FONDO	238.00	5.0	100.0			

Observación:

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Firma]
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 48, Ensayo de Mezcla asfáltica – 4.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1669 AASHTO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 4.5% CA
CANTERA : Tres Tomas - Ferrocarril / La Victoria - Patapo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.2%

CEMENTO ASFALTICO FEN 9070

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz										
A Grava Triturada	46.46	44.37											
B Arena	50.34	46.16											
C Filler	3.2	3.06	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4			Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.6						41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68						38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.37	44.37	44.37	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	46.16	46.16	46.16	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 55% peso máx #200)	%	1.91	1.91	1.91	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.7	6.3	6.6	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1236	1245	1198	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1249	1256	1215	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr	695.0	699	675	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	554.0	557	540	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.251	2.235	2.219	2.228
18	Peso específico teorico maximo (Rise) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.457	2.457	2.457	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100(2/6)+(3/2)(7/6)+(4/3)(9+10)	gr/cc	2.584	2.584	2.584	
20	% de vacios con aire 100(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 509)	%	9.20	9.07	9.71	9.31
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)(3/7)+(4/9)+(5/11)	gr/cc	2.552	2.532	2.532	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/cc	2.795	2.795	2.795	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+6)/(3P-8)+(4P-10)	gr/cc	2.547	2.547	2.547	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.25	0.25	0.25	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	81.47	81.62	81.01	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	9.33	9.35	9.28	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	18.52	18.38	18.99	18.63
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)(23+4)	%	4.28	4.28	4.28	4.28
29	Revolton betun vacios (28/27)*100	%	50.37	50.88	49.88	50.65
31	Estabilidad sin correje (tabla de calibración del anillo)	kg	4125	3580	4230	
32	Factor de estabilidad		0.89	0.85	0.90	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	3671	3542	3921	3713
34	Lectura del Reómetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	30	30	34	31
34	Fluencia	m.m.	8.38	7.62	8.64	
35	Revolon Estabilidad / Fluencia	m.m.	4380	4649	4540	4523

Rendonegra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT



RECIBIDO DE LABORATORIO

Anexo 49. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

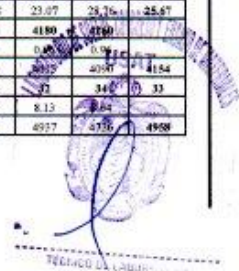
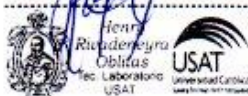
TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.2%
CEMENTO ASFALTICO OPEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.14
B Arena	50.34	43.07
C Filler	3.2	3.04

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 85	51 - 65		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	44.14	44.14	44.14	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	43.07	43.07	43.07	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	4.76	4.76	4.76	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cb. 1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cb. 2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cb. 2.685	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cb. 2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cb. 2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cb. 0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm. 6.2	6.4	6.9	
13	Peso de la probeta en el aire	gr. 1145	1169	1216	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr. 1159	1186	1239	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr. 658.8	660	716.8	
16	Volumen de la Probeta 14-16	c.c. 509	526	529.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cb. 2.250	2.222	2.287	2.233
18	Peso específico teórico máximo (Rca) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cb. 2.498	2.498	2.498	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2/6)+(3/2)(7+8)+(4/2)(9+10)]	gr/cb. 2.637	2.637	2.637	
20	% de vacíos con aire 100(1-(17/18)) (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 9.94	11.03	8.45	9.80
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/(3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cb. 2.586	2.586	2.586	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cb. 2.687	2.687	2.687	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3P-8)+(4*P-10))	gr/cb. 2.617	2.617	2.617	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 3.78	3.78	3.78	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	% 86.71	85.86	86.17	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	% 3.35	3.21	3.40	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 13.29	14.34	11.83	13.15
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	% 1.70	1.70	1.70	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	% 25.18	23.07	23.76	25.67
31	Estrabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 4360	4180	4160	
32	Factor de estabilidad	1.00	0.95	0.96	
33	Estrabilidad corregida 31*32	kg 4360	3975	4000	4114
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	mil. 33	32	34	33
34	Fluencia	m.m. 8.38	8.13	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 5202	4937	4756	4958



Anexo 50. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 5.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Pulvo de concreto	3%
Polipropileno	0.2%

CEMENTO CASALCOTRON 60/70

Material	% Mezcla	% Diseño	% Que Pasa el Tamiz								
A Grava Triturada	46.46	43.91									
B Arena	50.34	42.84									
C Filler	3.2	3.02									
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla			100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	CA en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	43.91	43.91	43.91	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	42.84	42.84	42.84	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 60% pasa malla #200)	%	4.73	4.73	4.73	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.3	6.4	6.1	
13	Peso de la probeta en el aire	gr.	1196	1145	1105.9	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr.	1175	1152	1121	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	665.9	642	632	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	51.0	51.0	49.9	
17	Peso Unitario de la Probeta	gr/cc	2.275	2.245	2.260	2.260
18	Peso específico teórico máximo (Rico) (ASTM D 2941, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.545	2.545	2.545	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100[(2/6)+(3/2)(7/8)+(4/2)(9/10)]$	gr/cc	2.615	2.615	2.615	
20	% de vacíos con aire $100[(1-17/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	10.61	11.77	11.19	11.19
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)]$	gr/cc	2.386	2.386	2.386	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$	gr/cc	2.887	2.887	2.887	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/[(3/8)-8]+(4/9)+10]$	gr/cc	2.697	2.697	2.697	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6[(23-2)/(23*21)]$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	4.94	4.94	4.94	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)/17.21$	%	87.21	86.08	86.64	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	2.18	2.15	2.16	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	12.79	13.92	13.35	13.35
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)/(3+4)$	%	1.21	1.21	1.21	
29	Relacion betun vacíos $(26/27)*100$	%	17.03	15.85	16.25	16.25
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	3945	4089	4196	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	3945	4089	4196	4194
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35/0.254)	mil	50	51	50	50
34	Fluencia	m.m.	7.62	7.87	7.62	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	5177	5182	5970	5446

Firma:
 Ricardo Obillos
 Tec. Laboratorio
 USAT

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 51. Ensayo de Mezcla Asfáltica – 6.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 6% CA
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	43%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.2%
CEMENTO CASI MICO OPEN 70	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.68
B Arena	50.34	37.92
C Filler	3.2	3.01

		% Que Pasa el Tamiz								
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla		100	84.8	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB		100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	43.68	43.68	43.68	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	37.92	37.92	37.92	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 55% para máx #200)	%	9.40	9.40	9.40	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/lcc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/lcc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/lcc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/lcc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/lcc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/lcc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.4	6.5	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1124	1150.0	1180.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1136	1168.0	1195.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	618.0	625.0	640.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	526	543	555	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/lcc	2.137	2.118	2.126	3.127
18	Peso específico teórico máximo (Rico) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/lcc	2.481	2.481	2.481	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2.65)+(3*2)(7+8)+(4*2)(9+10)]	gr/lcc	2.721	2.721	2.721	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	15.89	14.65	14.32	14.28
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)(3/7)+(4/8)+(5/11)	gr/lcc	2.177	2.177	2.177	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/lcc	3.056	3.056	3.056	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3*8-8)+(4*10-10)	gr/lcc	2.643	2.643	2.643	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)(23/21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	8.28	8.28	8.28	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)/17/21	%	89.32	88.53	88.87	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	3.21	3.18	3.19	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	10.68	11.47	11.13	11.09
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	12.75	12.75	12.75	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	30.05	27.71	28.89	28.82
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del ensayo)	kg	4260	4180	4560	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
33	Estabilidad corregida 31/32	kg	4090	3987	3850	3953
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	mil	33	32	36	34
34	Fluencia	m.m	8.38	8.13	9.68	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m	4879	4783	4261	4638

Rivadeneira Obillos
 Tec. Laboratorio USAT



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 52. Ensayo de mezcla asfáltica



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Mezcla Asfáltica
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

PORCENTAJE DE MATERIAL	4.5	5.0	5.5	6.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2300	2310	2321	2306
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3800.0	3810.0	3821.0	3806.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	611	601	590	585
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.457	2.498	2.545	2.564

CONFIRMACION
SI



Anexo 53. Ensayo de mezcla asfáltica

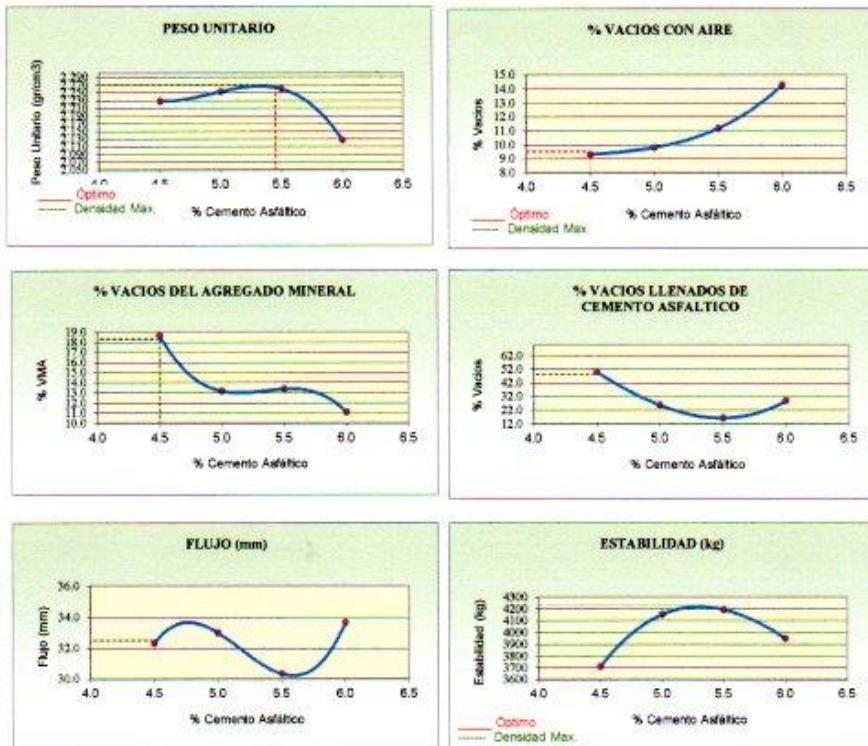


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



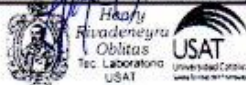
REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.50
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.27
Vacios (%)	8.50
Vacios del Agregado mineral (%)	18.89
Vacios Llenados de C.A (%)	48.00
Flujo (mm)	8.26
Estabilidad (Kg)	4236.00
Relación Polvo Asfalto	1.04

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso Unitario, Vacios de aire y Estabilidad



Anexo 54. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Píscopo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

DATOS DE DISEÑO

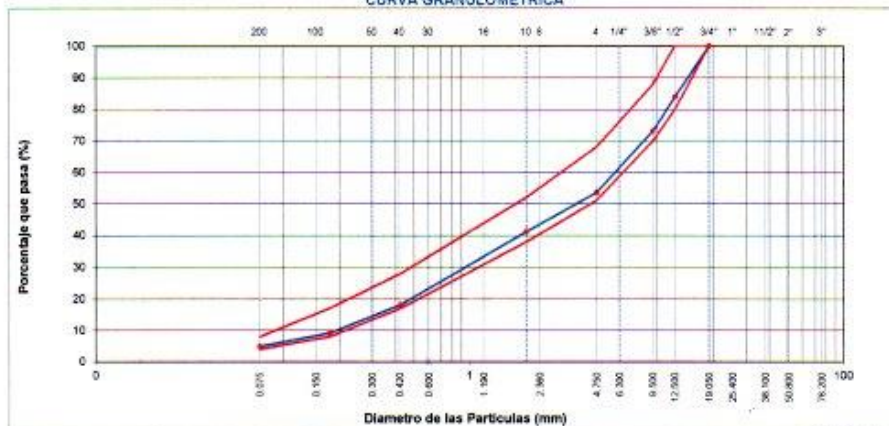
Grava Chancada 1/2"	46%
Arana	53%
Pulvo de concreto	3%
Polipropileno	0.3%

TAMAÑO MÁXIMO : 1/2"
 Peso Inicial seco : 5000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	792.00	16.0	16.0	84.0	80	100
3/8"	9.500	536.00	10.8	26.8	73.2	70	88
Nº 4	4.750	972.00	19.8	46.5	53.5	51	68
Nº 10	2.000	562.00	12.3	58.8	41.2	38	52
Nº 40	0.425	1.107.00	23.0	81.8	18.2	17	28
Nº 80	0.177	435.00	9.0	90.8	9.2	8	17
Nº 200	0.075	203.00	4.2	95.1	4.9	4	8
< Nº 200	FONDO	236.00	5.0	100.0			

Observación:

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Firma manuscrita]
 Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio USAT



[Firma manuscrita]
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 USAT
 TERCER PISO LABORATORIO

Anexo 55. Ensayo de mezcla asfáltica – 4.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1659 AASHTO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 4.5% CA
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.3%

Material	% Mezcla	% Desecho
A Grava Triturada	46.46	44.37
B Arena	50.24	46.06
C Filler	3.3	3.15

	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#				
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.37	44.37	44.37	
4	% de arena combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	46.06	46.06	46.06	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pase malla #200)	%	1.91	1.91	1.91	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127 - AASHTO T 85 - MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127 - AASHTO T 85 - MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.678
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128 - AASHTO T 84 - MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128 - AASHTO T 84 - MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.9	6.8	6.7	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1205	1215	1250	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1221	1232	1251	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	689.0	681	690	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	552.0	551	561	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 - MTC E 514)	gr/cc	2.265	2.205	2.203	2.224
18	Peso específico teórico máximo (Pico) (ASTM D 2041 - AASHTO T 209 - MTC E 508)	gr/cc	2.465	2.465	2.465	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100(1/26)+(3^2/2(7+8))+4^2(9+10)	gr/cc	2.586	2.586	2.586	
20	% de vacíos con aire 100(1-17/18) (ASTM D 3203 - MTC E 505)	%	8.11	10.55	10.62	9.76
21	Peso específico Bulk del Agregado Total 100-2(1/3(7)+4(9)+3(11))	gr/cc	2.532	2.532	2.532	
22	Peso específico Aparente del agregado total 100-2(1/3(8)+4(10)+3(11))	gr/cc	2.798	2.798	2.798	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4) / (3P - 5) + (4P - 10)	gr/cc	2.554	2.554	2.554	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(23-21)/(23^2) (ASTM D 4469 - MTC E 511)	%	0.35	0.35	0.35	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	82.63	80.44	80.37	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	9.26	9.01	9.00	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	17.27	19.56	19.63	18.85
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)(3+4)	%	4.18	4.18	4.18	
29	Relacion betun vacíos (26/27)*100	%	53.29	46.08	45.88	48.42
30	Relacion asfalto efectivo / vacíos (28/27)*100	%	53.29	46.08	45.88	48.42
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del ensayo)	kg	4236	4450	4587	4424
32	Factor de estabilidad		0.96	0.89	0.87	0.91
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	4067	3961	3887	3971
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	mil	31	37	32	33
35	Fluencia	mm	7.87	8.38	8.12	8.12
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	5165	4725	4782	4891

Henry Rivadeneyra Obillos
Ing. Laboratorio USAT

USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Anexo 56. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1668 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica -5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0,3%

CEMENTO MINERAL TIPO N° 40

Material	% Mezcla	% Daño
A Grava Triturada	46.46	44.14
B Arena	50.24	42.97
C Filler	3.3	3.14

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 85	51 - 65		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.14	44.14	44.14	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	42.97	42.97	42.97	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200)	%	4.75	4.75	4.75	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.3	6.5	6.6	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1198	1178	1190	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1205	1196	1210	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	680.0	689	679.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	cc	525	507	531.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/15 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.282	2.523	2.241	2.282
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.453	2.453	2.453	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2R)+(3*2*(T+8)+(4*2*(9+10))	gr/cc	2.640	2.640	2.640	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	6.97	3.28	8.64	6.96
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)*((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc	2.386	2.386	2.386	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-2)*((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc	2.890	2.890	2.890	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4) / ((3/R-8)+(4/R-10))	gr/cc	2.561	2.561	2.561	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-8*(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.93	2.93	2.93	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)/17/21	%	87.87	89.47	86.70	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	5.15	5.25	5.05	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	12.12	10.53	13.97	12.12
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(2+4)	%	2.44	2.44	2.44	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	%	42.49	49.34	58.94	51.96
31	Estabilidad sin corregir (tabla de catrificación del anillo)	kg	4468	4289	4580	
32	Factor de estabilidad		0.96	1.04	0.96	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	4289	4463	4397	4383
34	Lectura del flexómetro (1.0.01") (38 / 0.254)	mm	32	33	33	33
34	Fluencia	m.m	8.13	8.38	8.39	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m	5277	5322	5265	5281

Henry Rivasdeyrua Oblitos
 Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Anexo 57. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica -5.5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.3%

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.91
B Arena	50.24	42.75
C Filler	3.3	3.12

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200
Especificaciones IVB	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla/mayor #4	%	43.91	43.91	43.91	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla/menor #4	%	42.75	42.75	42.75	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)	%	4.73	4.73	4.73	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 208)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 208)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.678
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.4	6.5	6.3	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1189	1196	1175.0	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1199	1208	1196	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	690.0	680	680	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	509	528	516	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.336	2.265	2.277	2.193
18	Peso específico teórico máximo (Rico) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.477	2.477	2.477	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2/5)+(3²/7+8)+(4²/19+10)]	gr/cc	2.618	2.618	2.618	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.71	8.56	8.08	7.45
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/[(3/7)+(4/5)+(5/11)]	gr/cc	2.386	2.386	2.386	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]	gr/cc	2.890	2.890	2.890	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/[(3P-8)+(4P-10)]	gr/cc	2.612	2.612	2.612	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23²21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	3.72	3.72	3.72	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	89.48	86.77	87.23	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100/(25+20)	%	4.81	4.67	4.69	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	10.52	13.23	12.77	12.17
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	2.28	2.28	2.28	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	%	45.75	35.28	36.74	39.26
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	4265	4360	4320.0	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	4265	4360	4320.0	4316
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35/0.254)	mil	35	32	31	33
34	Fluencia	m.m	8.38	8.72	7.82	8.33
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m	5088	5364	5468	5313

Henry Rivas Jeneiro
 Obtuvo
 Tec. Laboratorio
 USAT

USAT
 Universidad Católica
 Santa Teresita de Mogrovejo
 DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

Anexo 58. Ensayo de mezcla asfáltica – 6.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 6% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Claseada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.3%

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	43.68
B Arena	50.24	37.82
C Filler	3.3	3.10

Mezcla	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 62	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla			
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)			
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)			
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)			
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico			
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 295)			
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)			
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)			
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)			
11	Peso específico aparente del filler			
12	Altura promedio de la probeta			
13	Peso de la probeta en el aire			
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca			
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C			
16	Volumen de la Probeta 14-15			
17	Peso Unitario de la Probeta (3/16) (ASTM D 2726, MTC E 514)			
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 505)			
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100(1/25)+[3*2(7+8)]+(4*20+10)			
20	% de vacíos con aire 100*[(1-17)/18] (ASTM D 3203, MTC E 505)			
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/(37)+(49)+(3/11)			
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(38)+(4/10)+(3/11)			
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3P- 8)+(4P-10)			
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)			
25	% del vol del Agregado / volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21			
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100/(25+20)			
27	% vacíos del agregado mineral 100-25			
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)			
29	Relacion betun vacíos (26/27)*100			
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del ensayo)			
32	Factor de estabilidad			
33	Estabilidad corregida 31*32			
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)			
34	Fluencia			
35	Relacion Estabilidad / Fluencia			

Rivadeneira
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

RECIBIDO EN LABORATORIO

Anexo 59. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041**

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Píllapo
TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

PORCENTAJE DE MATERIAL	4.5	5.0	5.5	6.0
1.- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2302	2299	2305	2304
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA - AGUA	3802.0	3799.0	3805.0	3804.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	609	612	606	607
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.465	2.453	2.477	2.473

CONTENIDO CA %
5.3

Henry
Ruizbeneyra
Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT



Anexo 60. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



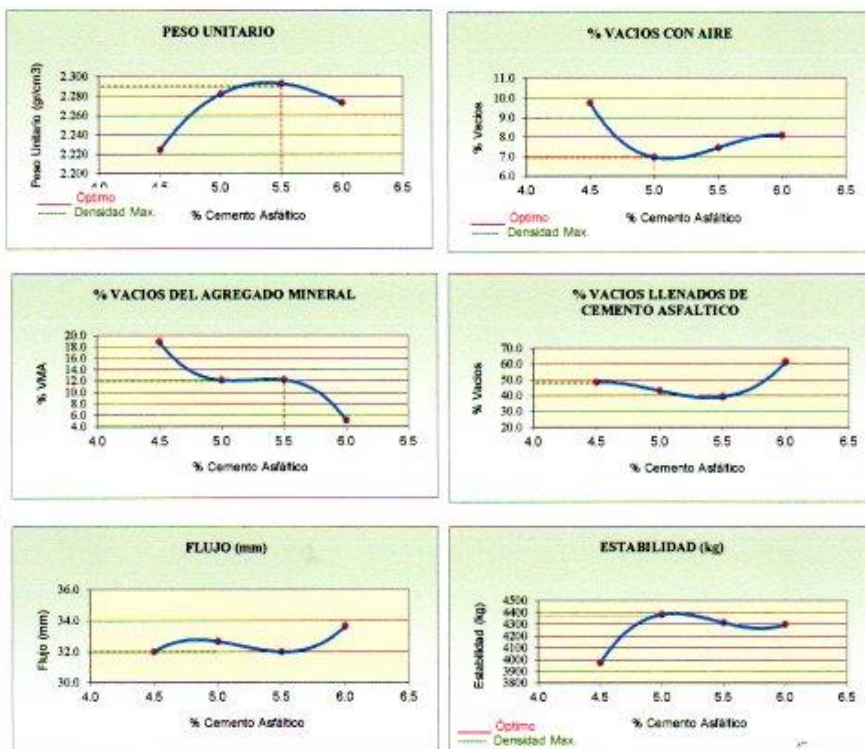
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

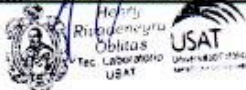
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.33
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.29
Vacios (%)	6.96
Vacios del Agregado mineral (%)	12.00
Vacios Llenados de C.A (%)	48.00
Flujo (mm)	3.3
Estabilidad (Kg)	4350.00
Relación Polvo Asfalto	1.00

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad



Anexo 61. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

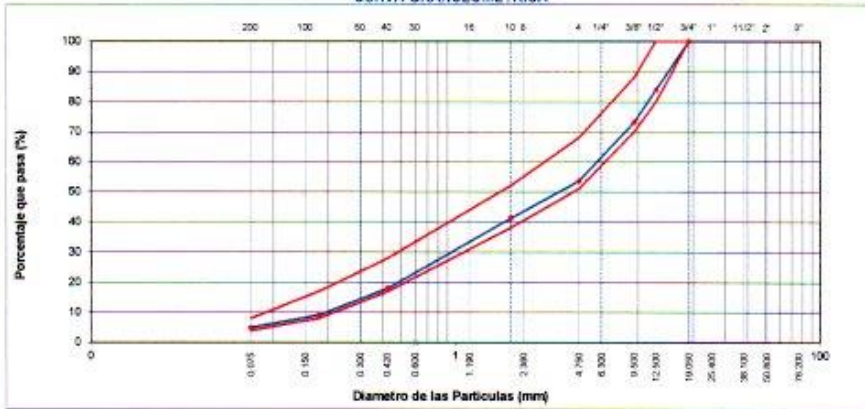
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	6.4%

TAMAÑO MÁXIMO : 1/2"
 Peso Inicial seco : 5000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	792.00	16.0	16.0	84.0	80 100	
3/8"	9.500	636.00	10.8	26.8	73.2	70 88	
Nº 4	4.750	972.00	19.6	46.5	53.5	51 68	
Nº 10	2.000	692.00	12.3	58.8	41.2	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1,107.00	23.0	81.8	18.2	17 28	
Nº 80	0.177	435.00	9.0	90.8	9.2	8 17	
Nº 200	0.075	203.00	4.2	95.1	4.8	4 8	
< Nº 200 FONDO		238.00	5.0	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Henry Rivasnegra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TERCERO DE JULIO

Anexo 62. Ensayo de mezcla asfáltica – 4.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
ENSAYO Mezcla Asfáltica - 4.5% CA
CANTERA Tree Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TEBISTA Figueroa Díaz Fernando Raul

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.4%
CEMENTO (SI ALIQUOTAN) (%)	

Material	% Mezcla	% Desecho
A Grava Triturada	46.46	44.37
B Arena	50.14	46.92
C Filler	3.4	3.25

	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de prueba	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.37	44.37	44.37	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	46.92	46.92	46.92	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pase malla #200)	%	0.96	0.96	0.96	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.660	2.660	2.660	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.5	6.7	6.6	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1245	1260	1259	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1259	1275	1272	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr	761.0	715	708	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c	558.0	560	564	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.231	2.250	2.232	2.238
18	Peso específico teórico máximo (Rico) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC B 508)	gr/cc	2.498	2.498	2.498	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2.65) + (3 * 2) / (7 + 8) + (4 * 2) / (9 + 10)]	gr/cc	2.564	2.564	2.564	
20	% de vacíos con aire 100[(1 - 17/16)] (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	10.68	9.93	10.63	10.41
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-20)/[(37)+(49)+(5/11)]	gr/cc	2.584	2.584	2.584	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/[(38)+(4/10)+(5/11)]	gr/cc	2.771	2.771	2.771	
23	Peso específico efectivo del agregado total (2+4) / [(3)P. 5)+(4)P. 10]	gr/cc	2.589	2.589	2.589	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(23-21)/(22*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.08	0.08	0.08	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4) / 17/16	%	79.65	80.32	79.69	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+26)	%	9.67	9.75	9.63	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	20.35	19.68	20.31	20.11
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100) / (3+4)	%	4.43	4.43	4.43	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	%	47.53	49.56	47.53	47.53
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	4356	4580	4469	4469
32	Factor de estabilidad		0.89	0.86	0.86	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	3872	3939	3861	3861
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	mil	33	32	30	32
34	Fluencia	m.m	8.38	8.13	7.62	
36	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m	4625	4846	5067	4846

Henry
 Figueroa
 Oblitas
 del Laboratorio
 USAT

15/06/2014

Anexo 63. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.4%

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	46.46	44.14
B Arena	50.14	45.73
C Filler	3.4	3.23

Material	% Que Pasa el Tamiz								
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones IVB	100	89 - 100	79 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	44.14	44.14	44.14	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.73	45.73	45.73	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.90	1.90	1.90	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205)	gr/cc	2.669	2.669	2.669	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.683	2.683	2.683	2.676
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.594	2.594	2.594	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 206)	gr/cc	2.618	2.618	2.618	2.606
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	0.86	0.86	0.86	
12	Altura promedio de la probeta	cm	6.75	6.68	6.84	
13	Peso de la probeta en el aire	gr	1208	1212	1232	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr	1221	1229	1245	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr	675.0	679	680.0	
16	Volumen de la Probeta	cc	546	550	565.0	
17	Peso Unitario de la Probeta (3/76) (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.207	2.204	2.181	2.197
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.494	2.494	2.494	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100(1/2.6)+(3^2/2.7+8)+(4^2/2.9+10)$	gr/cc	2.568	2.568	2.568	
20	% de vacíos con aire $100(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	13.50	13.63	12.56	11.90
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-21)(3/7)+(4/9)+(5/11)$	gr/cc	2.531	2.531	2.531	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(3+4)(3/8)+(4/9)+(5/11)$	gr/cc	2.801	2.801	2.801	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)(3/8)+(4/9)+(5/11)$	gr/cc	2.607	2.607	2.607	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)(23/21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.17	1.17	1.17	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)17/21$	%	80.01	79.89	79.83	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	8.49	8.48	8.26	
27	% vacíos del agregado mineral $100-25$	%	19.99	20.11	20.95	20.35
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2-(24/100)13+4$	%	3.95	3.95	3.95	
29	Relacion betun vacíos $(28/27)100$	%	42.48	42.76	40.05	41.55
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	4512	4469	4400	
32	Factor de estabilidad		0.93	0.89	0.90	
33	Estabilidad corregida $31*32$	kg	4196	3969	3960	4009
34	Lectura del flexímetro $(0.01") (35/0.254)$	mil	33	35	34	34
34	Fluencia	m.m.	8.38	8.89	8.04	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m.	5066	4465	4471	4697

Henry Ruedeneger Obillos
 Ing. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 64. Ensayo de mezcla asfáltica – 5.5% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1689 AASHTO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 5.5% CA.
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl

Grava Chanzada 1/2"	46%
Arena	53%
Poivo de concreto	3%
Polipropileno	0.4%

ELEMENTOS ANALIZADOS EN EL

Material	% Mezcla	% Desecho
A Grava Triturada	46.46	43.91
B Arena	50.14	45.02
C Filler	3.4	3.21

% Que Pasa el Tamiz

	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
Mezcla	100	84.0	73.2	53.5		41.2	18.2	9.2	4.9
Especificaciones TVB	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68		38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.5	5.5	5.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	43.91	43.91	43.91
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	45.02	45.02	45.02
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	2.36	2.36	2.36
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc 1.021	1.021	1.021
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc 2.669	2.669	2.669
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc 2.683	2.683	2.683
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc 2.594	2.594	2.594
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc 2.618	2.618	2.618
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc 0.86	0.86	0.86
12	Altura promedio de la probeta	cm 6.5	6.6	6.56
13	Peso de la probeta en el aire	gr 1212	1235	1265
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	gr 1229	1246	1278
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	gr 685.0	689	705
16	Volumen de la Probeta 14-15	cc 544	557	573
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc 2.228	2.217	2.208
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc 2.498	2.498	2.498
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100(1/26)+(3*2/7+8)+(4*2/9+10)	gr/cc 2.560	2.560	2.560
20	% de vacíos con aire 100(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 10.81	11.24	11.62
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/(3/7)+(4/9)+(5/11)	gr/cc 2.506	2.506	2.506
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/cc 2.816	2.816	2.816
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3/8-8)+(4/10-10)	gr/cc 2.635	2.635	2.635
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 1.99	1.99	1.99
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (2+4)*17/21	% 81.16	80.77	80.42
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	% 8.03	7.99	7.96
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 18.84	19.23	19.58
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	% 3.73	3.74	3.73
29	Relacion betun vacíos (25/27)*100	% 42.62	43.36	43.64
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 4369	4459	4464
32	Factor de estabilidad	kg 0.93	0.93	0.93
33	Estabilidad corregida 31*32	kg 4065	4156	4156
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35/0.254)	put 35	32	31
34	Fluencia	m.m. 8.38	8.13	7.81
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	m.m. 4847	5092	5175

Henry Rivasdenegra Obillias
 Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 65. Ensayo de mezcla asfáltica – 6.0% CA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1558 AASTHO T - 245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
 ENSAYO : Mezcla Asfáltica - 6% CA
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

Grava Chancada 1/2"	46%
Arena	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.4%

Material	% Mezcla	% Desecho	% Que Pasa el Tamiz											
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200			
A Grava Triturada	46.46	43.68												
B Arena	50.14	43.37												
C Filler	3.4	3.20												
Mezcla			100	84.0	73.2	63.5			41.2	18.2	9.2	4.9		
Especificaciones IVB			100	80 - 100	70 - 88	51 - 68			38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		

#	1	2	3	Prom.
1	Número de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla			
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)			
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)			
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)			
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico			
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)			
8	Peso específico aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)			
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)			
10	Peso específico aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)			
11	Peso específico aparente del filler			
12	Altura promedio de la probeta			
13	Peso de la probeta en el aire			
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca			
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C			
16	Volumen de la Probeta 14-15			
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)			
18	Peso específico teórico máximo (Rise) (ASTM D 2941, AASHTO T 209, MTC E 505)			
19	Máxima densidad teórica de las agregados 100(1/25)+(3*2/17+8)+(4*2/19+10)			
20	% de vacíos con aire 100(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)			
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/((37)-(49)+(5/11))			
22	Peso específico aparente del agregado total (100-21)/((3/5)+(4/10)+(5/11))			
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3P-8)+(4P-10)			
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*2/1) (ASTM D 4469, MTC E 511)			
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21			
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100*(25-20)			
27	% vacíos del agregado mineral 100-25			
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)			
29	Relación betún vacíos (25/27)*100			
31	Estabilidad sin corrección (tabla de calibración del ensayo)			
32	Factor de estabilidad			
33	Estabilidad corregida 31*32			
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)			
34	Fluencia			
35	Relación Estabilidad / Fluencia			

Héctor
 Ricardo
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

USAT
 LABORATORIO
 DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Anexo 66. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

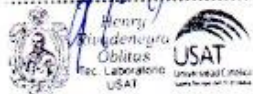


**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D-2041**

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
CANTERA : Tria Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
TESISTA : Figueroa Díaz Fernando Raúl

PORCENTAJE DE MATERIAL	4.5	5.0	5.5	6.0
1- PESO DEL FRASCO	1000	1000	1000	1000
2- PESO DEL FRASCO + AGUA	2911	2911	2911	2911
3- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2310	2309	2310	2308
4- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3810.0	3809.0	3810.0	3808.0
5- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	601	602	601	603
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.498	2.494	2.498	2.490

CONTENIDO CA %
57



Anexo 67. Ensayo de análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

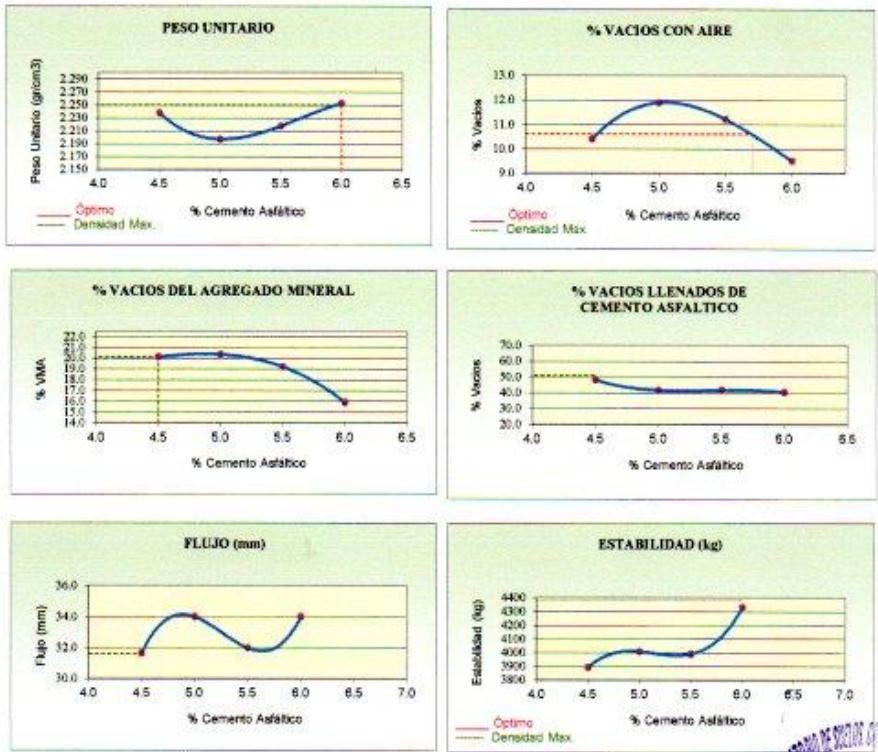


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
 ENSAYO : Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe / La Victoria - Pátapo
 TESISTA : Figueroa Diaz Fernando Raúl



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.73
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.25
Vacios (%)	10.50
Vacios del Agregado mineral (%)	20.10
Vacios Llenados de C.A (%)	51.00
Flujo (mm)	8.00
Estabilidad (Kg)	4379.00
Relación Polvo Asfalto	1.16

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se define en el Peso Unitario, Vacios al aire y Estabilidad

[Handwritten Signature]
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 68. Ensayo cántabro de desgaste para mezclas



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL,
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS
 MTC E 515

TITULO	"Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente
CANTERA	Tres Tomas - Ferrelate
	Pátaso - La Victoria
TESISTA	Piquero Diaz Fernando Raul

DATOS DE DISEÑO CONVENCIONAL

Grava Claseada 1/2"	46%
Grava Claseada 3/4"	43%
Filler	1%

DATOS DE DISEÑO MODIFICADO CON POLVO DE SCS

Grava Claseada 1/2"	46%
Grava Claseada 3/4"	53%
Polvo de concreto	3%

DATOS DE DISEÑO MODIFICADO CON POLVO DE SCS + POLIPROPILENO

Grava Claseada 1/2"	46%
Grava Claseada 3/4"	53%
Polvo de concreto	3%
Polipropileno	0.4%

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS

Nº DE BRIGUETA	TIPO DE FILLER	N. DE FILLER	Nº DE REVOLUCIONES	TEMPERATURA °C	PESO INICIAL	PESO FINAL	N. DESGASTE	PROMEDIO
1	CONVENCIONAL	2%	300	24°C	1215.00	1025	15.64%	13.81%
2	CONVENCIONAL		300	24°C	1163.00	968	14.33%	
3	CONVENCIONAL		300	24°C	1189.00	1012	14.89%	
4	CONVENCIONAL		300	24°C	1196.00	1072	10.37%	
1	ADICION	3% P.O.	300	24°C	1196.00	1011	14.83%	13.31%
2	ADICION		300	24°C	1213.00	1063	12.01%	
3	ADICION		300	24°C	1176.00	1049	11.29%	
4	ADICION		300	24°C	1230.00	1102	10.64%	
1	ADICION	3% P.O. + 0.4% P.P.	300	24°C	1200.96	1098	8.87%	9.96%
2	ADICION		300	24°C	1164.24	1048	10.24%	
3	ADICION		300	24°C	1078.66	975	9.83%	
4	ADICION		300	24°C	1125.30	986	11.49%	



NOTA:
 El ensayo MTC E 515, no deberá ser superior al 25% a 25 °C.
 El ensayo (MTC E 515), tras ser sometido las probetas a un proceso de endurecimiento durante 24 horas a 60°C, no podrá exceder del 40%.



Firma: *[Firma manuscrita]*
 Ing. Ruediger Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 69. Ensayo de Lottman modificado TSR (MTC E – 522) (ASTHO T 283)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (ASTHO T 283)

TEST	"Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente
CANTERA	Tres Tomas - Ferreñafe
	Pátapo - La Victoria
TESTISTA	Figueroa Díaz Fernando Raúl

MUESTRA PATRON

DATOS	F	MUESTRAS SUMERGIDAS				Prom.	MUESTRAS SECAS				Prom.
		1	2	3	4		5	6	7	8	
Número de Anillos		1	1	1	1		1	1	1	1	
D Diámetro	cm	10.2	10.2	10.2	10.2		10.18	10.18	10.25	10.25	
E Espesor	mm	8.28	8.31	8.37	8.38		8.34	8.3	8.5	8.53	
A Peso de la muestra Seca al Aire	gr	1143.2	1140.3	1139.7	1154.9	1132.2	1294.8	1149.8	1287.9	1144.3	1110.8
B Peso de la muestra en Agua	gr	1112.00	1118.00	1119.00	1152.00		1071.00	1158.00	1078.00	1109.00	
C Peso de la muestra en Agua	gr	678.24	591.00	654.36	698.47		588.37	677.11	621.82	592.26	
F Volumen (B - C)	cc	465.8	448.8	484.6	456.4		481.1	477.8	553.2	512.6	
G Peso específico bulk de la muestra (A/B)	g/cm ³	2.520	2.563	2.455	2.449	2.5	2.775	2.406	2.403	2.219	2.6
H Peso específico teórico máximo (F/A)	g/cm ³	2.728	2.728	2.728	2.728	2.7	2.728	2.728	2.728	2.728	2.7
I % de vacíos (V - F)/(V+G)	%	7.56	5.89	10.67	10.15	8.1	16.35	11.75	11.24	18.63	12.4
J Volumen de vacíos (H*(V+G))	cc	34.81	26.83	48.80	47.09		79.83	56.14	54.05	55.51	

Muestra Saturada en Vacíos con 0.6 a 2.0% de S y 15 max. En Agua Destilada a 25 °C						
B' Peso de la muestra	gr	1150.40	1150.70	1116.80	1146.60	
C' Peso de la muestra en Agua	gr	329.00	462.00	389.00	462.00	
F' Volumen de la muestra (B' - C')	cc	375.4	488.7	534.9	484.6	
F' Volumen de Agua de Absorción (B' - A)	cc	7.2	10.4	20.1	13.7	
% Saturación (100*(F'/V))	%	21.0	29.0	35.8	24.8	
Hinchamiento (C' - C)/(C' - F')	%	26.84	9.84	17.37	4.58	

Condiciones de Saturación Por 24 hrs. En Agua a 50 °C - Bello de Maro						
A'' Diámetro	mm	6.8	6.8	6.8	6.8	
B'' Peso de la muestra	gr	1163.90	1166.53	1143.90	1165.80	
C'' Peso de la muestra en Agua	gr	688.00	683.00	642.00	680.00	
E'' Volumen (B'' - C'')	cc	485.9	528.5	499.8	485.8	
F'' Volumen de Agua de Absorción (B'' - A)	cc	20.7	26.2	32.1	20.9	
% Saturación (100*(F''/V))	%	86.8	88.8	86.0	108.1	
Hinchamiento (C'' - C)/(C'' - F'')	%	7.34	18.74	8.26	27.37	
Coeficiente de Absorción (A)	%	100	100	100	100	
Coeficiente de Absorción (B)	%	2962.620	2932.180	3096.120	2962.053	2992.260
Peso Teórico (A/B)	g/cm ³	2.85	2.72	2.88	2.77	2.82
		3.02	3.40	3.40	3.52	3.46

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TK) = 21.400N

NOTA:
El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%

[Signature]
 Ing. Fernando Raúl Figuroa Díaz
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 70. Ensayo de Lottman modificado TSR (MTC E – 522) (AASHTO T 283)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASHTO T 283)

TESIS	"Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno"
MATERIAL	Mazola Asfáltica en Caliente
CANTERA	Tres Tomas - Fariñaño
TESTERA	Pátapo - La Victoria Figueroa Diaz Fernando Raúl

MUESTRA MODIFICADO + 3MPR

DATOS	MUESTRAS SUMERIDAS				MUESTRAS SECAS				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
0 - Numero de Ensayos	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	
1 - Espesor	mm	10.3	10.2	10.2	10.2	10.16	10.16	10.26	10.18
A - Peso de la muestra seco de Aire	gr	3277.6	3170.3	3150.3	3126.9	3136.0	3043.2	3025.8	3027.8
B - Peso de la muestra en Agua	gr	3113.32	3138.82	3108.82	3115.80	3038.83	3004.35	3014.80	3013.30
C - Volumen (V ₁)	cc	378.26	380.00	384.26	380.62	378.87	377.11	372.89	380.24
D - Volumen (V ₂)	cc	354.7	363.4	349.1	354.9	366.2	372.2	380.0	380.1
E - Peso específico del agua (P _{agua})	gr/ml	2.009	2.017	2.022	2.016	2.0	2.005	2.019	2.000
F - Peso específico relativo (P _{rel})	gr/ml	2.201	2.202	2.201	2.202	2.2	2.201	2.200	2.201
G - % de agua (W ₁)	%	8.34	8.13	12.32	4.81	38.2	8.39	7.47	9.24
H - Volumen de vacíos (V _v)	cc	44.81	54.81	68.35	33.74	46.99	35.06	48.21	11.22

Muestra Saturada en Vacío con 20 a 20% Ng - De 1 a 15 min. En Agua Destilada a 23 °C					
B - Peso de la muestra	gr	3163.40	3188.20	3112.80	3148.40
C - Peso de la muestra en Agua	gr	435.30	457.30	485.30	550.30
D - Volumen de la muestra (V ₁)	cc	276.4	284.1	353.9	389.9
E - Volumen de agua de absorción (V ₂)	cc	33.9	38.0	8.5	33.5
F - Saturación (S ₁)	%	82.9	82.9	82.9	82.1
G - hinchamiento (E ₁)	%	15.84	30.62	28.06	15.25

Condiciones de Saturación Por 24 hrs. En Agua a 60 °C - Bofo de Marlo					
1 - Espesor	mm	6.2	6.8	6.9	6.9
B - Peso de la muestra	gr	1187.60	1270.00	1329.60	1342.00
C - Peso de la muestra en Agua	gr	558.00	580.00	580.00	580.00
D - Volumen (V ₁)	cc	288.6	300.0	300.6	302.0
E - Volumen de agua de absorción (V ₂)	cc	10.0	48.9	48.4	42.1
F - Saturación (S ₂)	%	22.4	92.2	74.2	118.2
G - hinchamiento (E ₂)	%	4.80	10.60	7.42	11.21
H - Carga Máxima (P ₁)	kg	315	286	285	285
I - Carga Máxima (P ₂)	kg	890.150	285.880	383.880	2588.650
J - Fuerza Resistente (P ₃)	kg/cm ²	0.04	0.64	0.71	0.41

ALTA DEL EMPLEO A TRAVÉS DE USAT 82.06%

NOTA:
El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.

Henry Ruedeney Oblitas
 Henry Ruedeney Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 USAT
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Pátapo - La Victoria
 TENDENCIA

Anexo 71. Ensayo de Lottman modificado TSR (MTC E – 522) (AASTHO T 283)



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)

TEST	"Análisis de una mezcla asfáltica modificada con un filler a base de polvo de concreto reciclado y fibras de polipropileno".
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente
CANTERA	Tres Tomas - Ferreñafe
TESTISTA	Pélago - La Victoria Figueroa Diaz Fernando Raúl

MUESTRA MODIFICADO + 15PR + 0.3 PP

DATOS	MUESTRAS SUMERGIDAS						MUESTRAS SECAS					
	#	1	2	3	4	Prom.	5	6	7	8	Prom.	
D. Diámetro	cm	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	
E. Espesor	cm	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	
A. Peso de la muestra seco al aire	gr	1067.7	1068.0	1110.0	909.0	1067.7	1099.2	1087.6	1052.9	987.3	1068.0	
B. Peso de la muestra	gr	1089.0	1070.0	1134.0	951.0		1071.0	1060.0	1031.0	974.0		
C. Peso de la muestra en Agua	gr	920.0	920.0	920.0	920.0		920.0	920.0	920.0	920.0		
F. Volumen (B - C)	cc	168.7	155.0	214.0	331.0		151.0	140.0	111.0	54.0		
F. Peso específico bulk de la muestra (A/E)	g/cc	2.432	2.371	2.344	2.365	2.4	2.381	2.382	2.418	2.387	2.4	
G. Peso específico líquido máximo (Max)	g/cc	2.547	2.547	2.547	2.547	2.5	2.547	2.547	2.547	2.547	2.5	
H. W de volado (S - 73)(%)	%	3.23	6.89	7.96	7.13	6.7	6.49	8.99	3.24	6.78	6.7	
I. Volumen de volado (H)(%)	%	23.06	31.65	30.41	37.31		27.49	39.13	22.82	41.21		

Muestra Soterrada en agua con 25 x 25" (Di 5 x 15 cm. En Agua Destilada a 25 °C)											
B. Peso de la muestra	gr	507.0	508.0	517.0	501.0						
C. Peso de la muestra en Agua	gr	360.0	360.0	360.0	360.0						
F. Volumen (B - C)	cc	147.0	148.0	157.0	141.0						
F. Volumen de Agua de Absorción (B - A)	cc	14.4	17.6	17.6	15.5						
Retención (100%)	%	33.3	34.7	32.9	33.7						
Indicaciones (C - C')/100%	%	13.98	12.25	16.79	8.47						

Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de Mercurio											
E. Espesor	cm	6.3	6.3	6.3	6.3						
B. Peso de la muestra	gr	1076.0	1086.0	1145.0	984.0						
C. Peso de la muestra en Agua	gr	521.0	520.0	552.0	420.0						
F. Volumen (B - C)	cc	555.0	566.0	593.0	564.0						
F. Volumen de Agua de Absorción (B - A)	cc	16.6	15.9	18.4	16.5						
Retención (100%)	%	87.8	82.9	80.1	79.3						
Indicaciones (C' - C'')/100%	%	2.04	2.77	19.96	11.17						
Carga Máxima (N)	N	3188.250	3090.960	2580.340	3226.820	3056.268	2492.360	2590.660	2412.110	3188.010	3218.4
Fuerza Tensile (kN)	kg/cm2	0.14	0.91	2.88	3.01	2.98	1.65	1.71	3.69	1.35	2.60

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (%)

NOTA:
El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.

Henry Rivasneyru Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 USAT
 TERCERO DE LA VICTORIA

Anexo 72. Ficha técnica de Fibra de Polipropileno



El mejor amigo del concreto

Av. Los Fajanos N° 675, Urb. La Campiña, Chorrillos, Lima - Perú
 (01) 2523058 | 950 093 271 / 994 268 534 / 998 128 514 / 996 330 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18

Fibra para concreto

Fibra Z de Polipropileno

Descripción: Fibra inerte de polipropileno 100% vírgenes químicamente para la prevención de las rajaduras en el concreto. Cumple con las Normas ASTM C1116 Tipo I – II, ASTM C 1399 y resistencia residual ASTM C 1116-95.

Ventajas

- Reduce la permeabilidad.
- Reduce la contracción y resistencia al impacto y la ductilidad.
- Bloquea la propagación de fisura quedando como micro rajaduras.
- Resistente a álcalis.
- No corrosivo.
- Reduce la pérdida de agua en las primeras 3 horas al 50%.
- No afecta el proceso de hidratación del cemento.
- Resistente a la abrasión.

Usos

En cualquier hormigón de cemento Portland que necesite tenacidad, resistencia al agrietamiento y mejore el sello contra el agua.

Aplicación

- 400gr x m²
- 6 a 8kg. Reemplazo de la fibra metálica.
- 400gr x m² para concreto menor de Fc = 300 Kg/ cm²
- 950gr Concreto mayor de Fc = 300kg/ cm²
- Reemplazo Fierro de temperatura 1.5 a 1.6kg por m² de concreto.
- Concreto: 50gr x Bolsa de cemento.
- Mortero: 30gr x Bolsa de cemento.

Información técnica

- Absorción: Ninguna.
- Gravedad específica: 0.9.
- Temperatura de encendido: 590°C.
- Conductividad térmica: Menor de 1 BTU-in/hr-ft²-°F.
- Conductividad eléctrica: Mayor de 1e + 10 ohm-cm.
- Resistencia a ácidos y sales.
- Ácido acético al 10% durante 28 días: Resistente.

E-mail: ventas@zaditivos.com.pe | colocacion@zaditivos.com.pe | web site: www.zaditivos.com.pe

San Borja: Av. San Luis 3051. Telf: (01) 715 5744 / 981 268 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631. Telf: (01) 715-5770 / 998 128 493

Chiclayo: Calle Los Tumbos 505. Urb. San Eduardo. Telf: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744. Telf: (061) 573 591 / 998 128 495

Piura: Av. Bolognesi 311. Int. 3. Telf: (073) 321 480 / 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lama 344. Telf: (073) 509 408 / 923 055 398

Cuzco: Av. Tomasa Tito Condemayta 1032 - Wanchaq. Telf: (084) 257 111 / 994 268 292

Arequipa: Calle Paucarpata 323A - Cercado. Telf: (054) 203 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818. Urb. Palermo Telf: (044) 425 548 - 998 127 657

Anexo 73. Ficha técnica II de Fibra de Polipropileno



El mejor amigo del concreto

Av. Los Focales N° 675. Urb. La Campiña, Chorrillos, Lima - Perú
 (01) 2523058 | 950 093 271 / 994 268 534 / 996 128 514 / 996 330 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18

- Salmuera durante 28 días: Resistente.
- Punto de fusión: 160 - 170°C.
- Resistencia antialcalina: 100% resistente.
- Módulo de elasticidad: 15,000 Kg./cm².
- Alargamiento a la rotura: 20 - 30%.
- Resistencia a la tracción: 560 - 765 MPA.

Resistencia Residual

La resistencia residual media deberá ser mayor a 3 kg/cm² con un coeficiente de variación de 10% según la Norma ASTM C-1399.

Envases

Bolsa 1,6Kg. Medidas de 2" y 2 1/2".

Cuidados

Se recomienda el uso de guantes, lentes y mascarilla. Para mayor detalle remitase a la hoja de seguridad del producto.

E-mail: ventas@zaditivos.com.pe | cotizacion@zaditivos.com.pe | web site: www.zaditivos.com.pe

San Borja: Av. San Luis 3051. Telf: (01) 715 5744 / 981 268 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631. Telf: (01) 715-5770 / 998 128 493

Chiclayo: Calle Los Tumbos 505. Urb. San Eduardo. Telf: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744. Telf: (061) 573 591 / 996 128 495

Piura: Av. Bolognesi 311. Int. 3. Telf: (073) 321 480 / 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lama 344. Telf: (073) 509 408 / 923 055 398

Cuzco: Av. Tomasa Tito Condemayta 1032 - Wanchaq. Telf: (084) 257 111 / 994 268 292

Arequipa: Calle Paucarpata 323A - Cercado. Telf: (054) 203 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818. Urb. Palermo. Telf: (044) 425 548 - 998 127 657