

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente
utilizando material asfáltico reciclado de la
Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de
Concepción 2020**

Paolo Luis Santa Cruz Veliz

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera instancia a Dios, por permitirme escalar en mi formación profesional. A mis padres por la confianza y el apoyo brindado que, sin duda alguna me demostraron amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. A mis hermanos que con sus consejos me ayudan a afrontar los retos que se presentan en mi vida. Finalmente, a mis asesores al Ing. Julio Nakandakare Santana (Q.E.P.D.) y al Ing. Augusto García Corzo por su apoyo durante cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que anhelo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos por ser el pilar más importante y brindarme su apoyo incondicional sin importar las diferencias de opiniones; y no menos importante, a mis amigos que hicieron más amena mi vida universitaria.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	3
1.1.1. Problema general	3
1.1.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación e importancia	4
1.4.1. Justificación práctica	4
1.4.2. Justificación metodológica.....	5
1.4.3. Justificación ambiental	5
1.5. Delimitación de la investigación.....	6
1.5.1. Delimitación espacial.....	6
1.5.1.1. Análisis situacional de la Avenida Andrés Avelino Cáceres.....	6
1.5.2. Delimitación temporal.....	10
1.6. Hipótesis	10
1.6.1. Hipótesis general.....	10
1.6.2. Hipótesis específicas.....	10
1.7. Descripción de variables	11

1.7.1.	Variable dependiente	11
1.7.2.	Variable independiente.....	11
1.7.3.	Operacionalización de las variables	12
CAPÍTULO II		13
MARCO TEÓRICO.....		13
2.1.	Antecedentes del problema.....	13
2.1.1.	Antecedentes nacionales	13
2.1.2.	Antecedentes internacionales.....	15
2.2.	Bases teóricas.....	17
2.2.1.	Pavimento	17
2.2.2.	Reciclaje de pavimentos flexibles	23
2.2.3.	Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío.....	33
2.2.4.	Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente	35
2.2.5.	Diseño de mezclas asfálticas en caliente por el método Marshall	36
2.2.6.	Ensayos de laboratorio.....	40
2.3.	Definición de términos básicos	40
CAPÍTULO III		43
METODOLOGÍA.....		43
3.1.	Método y alcance de la investigación	43
3.1.1.	Método de investigación.....	43
3.1.2.	Nivel de investigación.....	43
3.1.3.	Tipo de investigación.....	43
3.2.	Diseño de la investigación.....	44
3.3.	Población y muestra	45
3.3.1.	Población	45
3.3.2.	Muestra	45
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.4.1.	Técnica de recolección de datos	46
3.4.2.	Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	46

3.5.	Recolección de datos – parte experimental	47
3.5.1.	Ensayos de caracterización de agregados	47
3.5.2.	Ensayos de desempeño de la mezcla asfáltica en caliente	56
CAPÍTULO IV		71
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		71
4.1.	Resultados	71
4.1.1.	Material asfáltico reciclado	71
4.1.2.	Agregado pétreo virgen de adición	77
4.1.3.	Diseño de mezcla asfáltica convencional “mezcla patrón”	79
4.1.4.	Diseño de mezcla asfáltica - 20% material asfáltico reciclado	87
4.1.5.	Diseño de mezcla asfáltica – 40% material asfáltico reciclado	95
4.1.6.	Diseño de mezcla asfáltica - 60% material asfáltico reciclado	102
4.1.7.	Ensayo Cántabro - Pérdida por desgaste	111
4.2.	Contrastación de hipótesis	113
4.2.1.	OE1: Comportamiento de los parámetros Marshall en la generación de nuevas mezclas asfálticas en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres.	113
4.2.2.	Análisis estadístico OE1	126
4.2.3.	OE2: Porcentaje de resistencia retenida al daño inducido por humedad en la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente agregando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.	129
4.2.4.	Análisis estadístico OE2	133
4.2.5.	OE3: Resistencia a la compresión en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.	134
4.2.6.	Análisis estadístico OE3	136
4.2.7.	Óptimos resultados de los diseños de mezcla asfáltica	137
4.3.	Discusión de resultados	139
CONCLUSIONES		142

RECOMENDACIONES.....	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
ANEXOS	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	12
Tabla 2. Requerimientos para los agregados gruesos	20
Tabla 3. Requerimientos para los agregados finos	21
Tabla 4. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)	21
Tabla 5. Grados de cemento asfáltico.....	22
Tabla 6. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso	23
Tabla 7. Especificaciones técnicas de fresadora WIRTGEN	26
Tabla 8. Granulometría de los agregados reciclados en frío in situ empleando cemento asfáltico	34
Tabla 9. Requisitos agregado grueso de adición en mezclas recicladas en frío.....	34
Tabla 10. Requisitos agregados finos de adición en mezclas recicladas en frío	35
Tabla 11. Requerimientos agregados gruesos de adición en mezclas recicladas en caliente	36
Tabla 12. Requerimientos agregados finos de adición en mezclas recicladas en caliente	36
Tabla 13. Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)	39
Tabla 14. Esquematización del grupo control y grupos experimentales	44
Tabla 15. Grupos de muestra para ensayos de laboratorio.....	46
Tabla 16. Distribución de los especímenes fabricados en los distintos ensayos	57
Tabla 17. Resultados del porcentaje de contenido de Asfalto del material asfáltico reciclado.	71
Tabla 18. Análisis granulométrico de la muestra N° 1 del material asfáltico reciclado.....	72
Tabla 19. Análisis granulométrico de la muestra N° 2 del material asfáltico reciclado.....	73
Tabla 20. Análisis granulométrico de la muestra N° 3 del material asfáltico reciclado.....	74
Tabla 21. Análisis granulométrico de la muestra N° 4 del material asfáltico reciclado.....	75
Tabla 22. Análisis granulométrico de la muestra N° 5 del material asfáltico reciclado.....	76
Tabla 23. Análisis Granulométrico del agregado virgen grueso.	78

Tabla 24. Análisis granulométrico del agregado virgen fino.	78
Tabla 25. Características físicas del agregado grueso virgen.	79
Tabla 26. Características físicas del agregado fino virgen.	79
Tabla 27. Porcentaje de combinación de agregados y líquido asfáltico	80
Tabla 28. Gradación combinada de agregados de la mezcla patrón.....	80
Tabla 29. Resultados del diseño Marshall de la MAC - 0% material asfáltico reciclado "Mezcla Patrón"	82
Tabla 30. Resultados del ensayo Cántabro de la MAC - 0% material asfáltico reciclado "Mezcla Patrón".	85
Tabla 31. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 0% Material asfáltico reciclado "Mezcla Patrón".	86
Tabla 32. Resultados del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 0% Material asfáltico reciclado "Mezcla Patrón".	87
Tabla 33. Porcentaje de combinación de agregados y líquido asfáltico, MAC – 20% Material asfáltico Reciclado.	87
Tabla 34. Gradación combinada de agregados de la MAC – 20% Material asfáltico Reciclado.	88
Tabla 35. Resultados del diseño Marshall de la MAC – 20% material asfáltico reciclado.	89
Tabla 36. Resultados del ensayo Cántabro de la MAC – 20% material asfáltico reciclado.	93
Tabla 37. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 20% Material asfáltico reciclado.	93
Tabla 38. Resultados del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 20% Material asfáltico reciclado.	94
Tabla 39. Porcentaje de combinación de agregados y líquido asfáltico, MAC – 40% Material asfáltico reciclado.	95
Tabla 40. Gradación combinada de agregados de la MAC – 40% Material asfáltico reciclado.	95
Tabla 41. Resultados del diseño Marshall de la MAC – 40% material asfáltico reciclado.	97

Tabla 42. Resultados del ensayo Cántabro de la MAC - 40% material asfáltico reciclado.	100
Tabla 43. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 40% Material asfáltico reciclado.	101
Tabla 44. Resultados del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 40% Material asfáltico reciclado.....	102
Tabla 45. Porcentaje de combinación de agregados y líquido asfáltico, MAC – 60% Material asfáltico reciclado.	103
Tabla 46. Gradación combinada de agregados de la MAC – 60% Material asfáltico reciclado.	103
Tabla 47. Resultados del diseño Marshall de la MAC – 60% material asfáltico reciclado.	105
Tabla 48. Resultados del ensayo Cántabro de la MAC - 60% material asfáltico reciclado.	109
Tabla 49. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 60% Material asfáltico reciclado.	110
Tabla 50. Resultados del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 60% Material asfáltico reciclado.....	110
Tabla 51. Variación de los valores de pérdida por desgaste, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	111
Tabla 52. Resultados de las Densidades, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.	113
Tabla 53. Resultados de vacíos de aire, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.	115
Tabla 54. Resultados de vacíos en el agregado mineral, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	117
Tabla 55. Resultados de vacíos llenos de asfalto, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	119
Tabla 56. Resultados de los valores de fluencia, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	121
Tabla 57. Resultados de los valores de estabilidad, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	123

Tabla 58. Resultados de los valores de rigidez, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	125
Tabla 59. Correlación material asfáltico reciclado y los parámetros Marshall.....	126
Tabla 60. Resultados de los valores de tracción indirecta vía seca, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla	129
Tabla 61. Resultados de los valores de tracción indirecta vía húmeda, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla	130
Tabla 62. Resultados de los valores de resistencia retenida, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla	132
Tabla 63. Correlación material asfáltico reciclado y resistencia al daño inducido por humedad.....	134
Tabla 64. Variación de los valores de resistencia a compresión simple, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.	135
Tabla 65. Correlación material asfáltico reciclado y resistencia a la compresión.....	137
Tabla 66. Parámetros de diseño de la mezcla asfáltica, para el óptimo contenido de líquido asfáltico, por cada tipo de mezcla.	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deterioro de la carpeta asfáltica de la Av. Andrés Avelino Cáceres.	2
Figura 2. Mapa de distribución espacial del distrito Nueve de Julio.....	7
Figura 3. Presencia de baches en la carpeta asfáltica de la Av. Andrés A. Cáceres	8
Figura 4. Desprendimiento de agregados de la carpeta asfáltica	8
Figura 5. Extracción manual de la carpeta asfáltica	9
Figura 6. Reposición de la carpeta asfáltica extraída con emulsión asfáltica	10
Figura 7. Estructura de pavimento flexible (Sección Transversal).....	19
Figura 8. Maquina fresadora en frio	25
Figura 9. Tambor de fresado.....	25
Figura 10. Planta Discontinua	27
Figura 11. Planta Continua	27
Figura 12. Reciclado en caliente In-Situ.....	28
Figura 13. Proceso de remezclado de reciclado en caliente In-Situ	30
Figura 14. Sistema de Reciclado en Frio In-Situ	31
Figura 15. Tren de reciclaje en frio In-Situ	31
Figura 16. Sistema de recuperación a profundidad (Full-Depth)	32
Figura 17. Máquina para el proceso de recuperación a profundidad (full-Depth)	33
Figura 18. Fin del lavado asfáltico.....	48
Figura 19. Inicio del lavado asfáltico	48
Figura 20. Proceso de tamizaje del material reciclado	49
Figura 21. Proceso de tamizaje del agregado grueso	50
Figura 22. Proceso de tamizaje del agregado fino	51
Figura 23. Ensayo resistencia al desgaste por abrasión, Máquina de los Ángeles.....	52
Figura 24. Proceso de tamizaje de material asfáltico reciclado.	55
Figura 25. Muestras de agregado y material reciclado listas para calentarse en el horno.	59

Figura 26. Extracción de los especímenes.....	59
Figura 27. Compactación de la mezcla asfáltica en caliente	60
Figura 28. Especímenes en el baño de agua.....	61
Figura 29. Ensayo de estabilidad y flujo del espécimen.....	61
Figura 30. Subgrupo seco sumergido en el baño con agua a 25°C.....	63
Figura 31. Subgrupo seco ensayado con la mordaza Lottman en la máquina de carga a compresión.....	63
Figura 32. Subgrupo acondicionado colocado en la congeladora a -18°C.	64
Figura 33. Subgrupo acondicionado ensayado con la mordaza Lottman en la máquina de carga a compresión	65
Figura 34. Fractura y desprendimiento de los agregados	65
Figura 35. Compactación de la mezcla con una carga de 17350 kgf.	68
Figura 36. Espécimen ensayado en la máquina de carga a compresión.....	68
Figura 37. Espécimen después de ser ensayado.....	69
Figura 38. Espécimen antes de ser ensayado	70
Figura 39. Curva granulométrica de la muestra N° 1 del material asfáltico reciclado.	73
Figura 40. Curva granulométrica de la muestra N° 2 del material asfáltico reciclado.	74
Figura 41. Curva granulométrica de la muestra N° 3 del material asfáltico reciclado.	75
Figura 42. Curva granulométrica de la muestra N° 4 del material asfáltico reciclado.	76
Figura 43. Curva granulométrica de la muestra N° 5 del material asfáltico reciclado.	77
Figura 44. Curva granulométrica de la combinación de agregados de la MAC – 0% Material asfáltico Reciclado “Mezcla Patrón”.....	81
Figura 45. Variación de la densidad, respecto al % Líquido Asfáltico.....	82
Figura 46. Variación del % vacíos de aire respecto al % Líquido Asfáltico.	83
Figura 47. Variación del % Vacíos del Agregado Mineral, respecto al % Líquido Asfáltico.	83
Figura 48. Variación del % Vacíos Llenos de Asfalto, respecto al % Líquido Asfáltico.	83
Figura 49. Variación del Flujo respecto, al % Líquido Asfáltico.	84
Figura 50. Variación de la Estabilidad respecto, al % Líquido Asfáltico.....	84

Figura 51. Variación de la Rigidez respecto, al % Líquido Asfáltico.	84
Figura 52. Curva granulométrica de la combinación de agregados de la MAC - 20% Material asfáltico Reciclado.....	88
Figura 53. Variación de la Densidad, respecto al % Líquido Asfáltico.	90
Figura 54. Variación del % Vacíos de Aire respecto al % Líquido Asfáltico.....	90
Figura 55. Variación del % Vacíos del Agregado Mineral, respecto al % Líquido Asfáltico.	90
Figura 56. Variación del % Vacíos Llenos de Asfalto, respecto al % Líquido Asfáltico. ...	90
Figura 57. Variación del Flujo respecto, al % Líquido Asfáltico	91
Figura 58. Variación de la Estabilidad respecto, al % Líquido Asfáltico.....	91
Figura 59. Variación de la Rigidez respecto, al % Líquido Asfáltico.	91
Figura 60. Curva granulométrica de la combinación de agregados de la MAC – 40% material asfáltico reciclado.....	96
Figura 61. Variación de la Densidad, respecto al % Líquido Asfáltico.	97
Figura 62. Variación del % Vacíos de Aire, respecto al % Líquido Asfáltico.	98
Figura 63. Variación del % Vacíos del Agregado Mineral, respecto al % Líquido Asfáltico.	98
Figura 64. Variación del % Vacíos Llenos de Asfalto, respecto al % Líquido Asfáltico. ...	99
Figura 65. Variación del Flujo respecto, al % Líquido Asfáltico.	99
Figura 66. Variación de la Estabilidad respecto, al % Líquido Asfáltico.....	99
Figura 67. Variación de la Rigidez respecto, al % Líquido Asfáltico	99
Figura 68. Curva granulométrica de la combinación de agregados de la MAC - 60% Material asfáltico reciclado.	104
Figura 69. Variación del % Vacíos de Aire, respecto al % Líquido Asfáltico.	105
Figura 70. Variación de la Densidad, respecto al % Líquido Asfáltico.	106
Figura 71. Variación del % Vacíos Llenos de Asfalto, respecto al % Líquido Asfáltico. .	106
Figura 72. Variación del % Vacíos del Agregado Mineral, respecto al % Líquido Asfáltico.	107
Figura 73. Variación del Flujo respecto, al % Líquido Asfáltico.	107

Figura 74. Variación de la Estabilidad respecto, al % Líquido Asfáltico.....	107
Figura 75. Variación de la Rigidez respecto, al % Líquido Asfáltico.	108
Figura 76. Variación de los valores de pérdida por desgaste, respecto al % de RAP, por cada % de líquido asfáltico.	112
Figura 77. Variación de las Densidades, respecto al % Líquido Asfáltico por cada tipo de mezcla.....	114
Figura 78. Variación de vacíos con aire, respecto al % Líquido Asfáltico por cada tipo de mezcla.....	116
Figura 79. Variación de vacíos en el agregado mineral, respecto al % Líquido Asfáltico por cada tipo de mezcla.....	118
Figura 80. Variación de vacíos en el agregado mineral, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	120
Figura 81. Variación de los valores de fluencia, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.	121
Figura 82. Variación de los valores de estabilidad, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.	123
Figura 83. Variación de los valores de rigidez, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	125
Figura 84. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Flujo.....	127
Figura 85. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Estabilidad.	127
Figura 86. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Rigidez.....	128
Figura 87. Variación de los valores de resistencia a tracción indirecta vía seca, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.	130
Figura 88. Variación de los valores de resistencia a tracción indirecta vía húmeda, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.	131
Figura 89. Variación de los valores de resistencia retenida, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.....	133
Figura 90. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Resistencia Retenida.	134
Figura 91. Variación de los valores de resistencia a compresión simple, respecto al % de RAP, por cada % de líquido asfáltico.....	135
Figura 92. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Resistencia a Compresión	137

RESUMEN

En la presente investigación se analiza el comportamiento mecánico de nuevas mezclas asfálticas en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres del distrito de Nueve de Julio en la provincia de Concepción con el propósito de utilizar la máxima cantidad posible de material reciclado en una mezcla, asegurando calidad y características adecuadas para su utilización.

Para analizar el comportamiento de las mezclas se emplea el ensayo Marshall, tracción indirecta y resistencia a la compresión según el Manual de Especificaciones Técnicas (EG 2013). Además, se emplea el ensayo Cántabro que permite analizar la resistencia por abrasión. En la fase experimental, se elaboran 4 tipos de mezcla con diferentes porcentajes de material reciclado 0%, 20%, 40% y 60%, para cada mezcla se fabrica 5 series que presenta un contenido de líquido asfáltico distinto, con el fin de obtener la cantidad adecuada de material reciclado y de líquido asfáltico sobre el comportamiento mecánico de la mezcla.

Como resultado se obtiene que, a mayor contenido de material reciclado en una nueva mezcla asfáltica presenta mayor densidad, estabilidad, rigidez, pérdida por desgaste y resistencia a compresión. Y, por el contrario, disminuye el flujo, vacíos en el agregado mineral, vacíos con aire como también, la resistencia retenida decrece haciendo más susceptible al agua. Cabe mencionar que el material reciclado aporta asfalto envejecido que hace más rígida la nueva mezcla y por ende más resistente. Finalmente, se comprueba que se puede utilizar hasta el 40% de material reciclado en una nueva mezcla asfáltica.

Palabras clave: Material asfáltico reciclado, comportamiento mecánico, tracción indirecta.

ABSTRACT

The present study analyzes the mechanical behavior of new hot asphalt mixes incorporating recycled asphalt material from Andres Avelino Caceres Avenue in the district of Nueve de Julio in the province of Concepcion with the purpose of using the maximum possible amount of recycled material in a mix, ensuring quality and adequate characteristics for its use.

To analyze the behavior of the mixes, the Marshall, indirect tensile and compressive strength tests are used according to the Technical Specifications Manual (EG 2013). In addition, the Cantabrian test is used to analyze the abrasion resistance. In the experimental phase, 4 types of mixes are made with different percentages of recycled material 0%, 20%, 40% and 60%, for each mix 5 series are manufactured with different asphalt liquid content, in order to obtain the appropriate amount of recycled material and asphalt liquid on the mechanical behavior of the mix.

As a result, the higher the content of recycled material in a new asphalt mix, the higher the density, stability, stiffness, wear loss and compressive strength. On the other hand, the flow, voids in the mineral aggregate and voids with air decrease, as well as the retained strength decreases, making it more susceptible to water. It is worth mentioning that the recycled material provides aged asphalt that makes the new mix more rigid and therefore more resistant. Finally, it is proven that up to 40% of recycled material can be used in a new asphalt mix.

Keywords: Recycled asphalt material, mechanical behavior, indirect traction.

INTRODUCCIÓN

Es una tendencia mundial el reutilizar todo tipo de material con el fin de disminuir el aporte negativo al medio ambiente y reducir costos. La conservación de la red vial es de gran importancia por los recursos que moviliza. Asimismo, el proceso progresivo de deterioro conlleva a una disminución paulatina en los niveles de seguridad y confort del tráfico debido a su escasa conservación que conduce a la rehabilitación superficial como medida para resolver problemas que se encuentran en las capas superiores del pavimento (Yarango, 2014).

En la provincia de Concepción, distrito de Nueve de Julio específicamente en la Av. Andrés Avelino Cáceres y alrededores existen vías que presentan deficiencias en su estructura, que conlleva a un impacto directo en el sobre costo de los productos de consumo masivo y la necesidad de generar una segunda vida útil a los materiales utilizados en los procesos constructivos de estas carreteras. La reutilización de material cobra relevancia en la ingeniería de carreteras debido a la ventaja principal de reducir el uso de materiales vírgenes como son los agregados pétreos y el líquido asfáltico, y su beneficio en la reducción de costos.

Es iniciativa del estudio analizar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación de diferentes porcentajes de material asfáltico reciclado para obtener el óptimo porcentaje. Esta contribución permitiría la construcción sostenible de carreteras por considerar el empleo de material asfáltico reciclado en la rehabilitación o construcción de nuevas vías de igual o mejor comportamiento mecánico frente a las mezclas asfálticas convencionales, persiguiendo los parámetros que rige el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013).

El presente trabajo de investigación está constituido por los siguientes capítulos:

Capítulo I: Detalla el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación, delimitación de la investigación, hipótesis y descripción de variables.

Capítulo II: Presenta los antecedentes del problema que describe otros estudios relacionados con el trabajo de investigación y las bases teóricas que respaldan teóricamente la investigación.

Capítulo III: Muestra la metodología utilizada en la investigación, donde también se identifica el diseño, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV: Especifica el aporte más sustancial de la investigación, donde muestra el análisis situacional de la vía a reciclar, ensayos de caracterización y desempeño de las mezclas asfálticas, descripción de resultados, contrastación de hipótesis y la discusión de resultados.

Se finaliza, puntualizando con las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

El uso del pavimento asfáltico reciclado comienza a inicios de los años setenta, debido a la crisis del petróleo se incrementó el precio del cemento asfáltico. Este hecho, juntamente con un interés paulatino por la conservación de la energía, en el año 1974 hace un fuerte impulso a esta práctica de reciclaje en los Estados Unidos, según la Asociación Nacional de Pavimento Asfáltico más del 99% de los materiales retirados durante las actividades de mantenimiento o reparación terminaron siendo utilizados en nuevos pavimentos (NAPA, 2014).

Desde 1993 la Agencia de Protección Ambiental y la Administración Federal de Carreteras identificaron al pavimento asfáltico como el producto reciclado número uno de los Estados Unidos. Según los últimos datos de una encuesta desarrollada por la Asociación Nacional de Pavimento Asfáltico (NAPA), durante el año 2018, más de 82.2 millones de toneladas de material asfáltico reciclado fueron utilizados en nuevos pavimentos en los Estados Unidos, ahorrando más de 2.29 billones de dólares (NAPA, 2018).

En el Perú, difícilmente se considera la reutilización de material asfáltico reciclado en la producción de nuevos pavimentos debido a las limitaciones para poder recuperar el pavimento asfáltico envejecido. Del mismo modo, la falta de recursos tecnológicos y técnicas de reciclaje han creado un serio problema, como en el incremento del uso de materiales vírgenes (nuevos) utilizados en la construcción y mantenimiento de los pavimentos flexibles, tales como cemento asfáltico y agregados pétreos que incrementan el impacto ambiental y la degradación de las canteras y ríos (Chuman, 2016)

La problemática surge en las vías principales de la ciudad de Concepción que, están compuestas por una estructura de pavimento flexible, donde en ellas transitan diversos tipos de vehículos desde autos hasta camiones, estas vías se encuentran expuestas a un deterioro irreversible debido a diversos factores como el alto tránsito vehicular, factores climáticos, mantenimiento paulatino que surge a inicios de su deterioro. Por otra parte, uno de los problemas a la hora de

diseñar una mezcla asfáltica con la adición de material reciclado, se desconoce la proporción óptima de material asfáltico reciclado que se añade a la nueva mezcla complementando con material virgen (nuevo). Por lo expuesto, la carpeta asfáltica de las avenidas en Concepción requiere un nuevo pavimento a fin de recuperar su serviciabilidad, reutilizando el propio material de la carpeta asfáltica, complementando con material virgen (nuevo) a fin de conseguir una nueva mezcla, que garantice un igual o mejor comportamiento mecánico en comparación de las mezclas asfálticas en caliente convencionales.

Figura 1. Deterioro de la carpeta asfáltica de la Av. Andrés Avelino Cáceres.



Fuente: Elaboración propia.

De no reutilizar el material asfáltico reciclado en nuevas mezclas asfálticas en caliente conllevaría al aumento de costos de construcción asociados con materiales y acarreo, aumento del uso de materiales vírgenes (nuevos) y la explotación de canteras o sobreexplotación de las existentes, la utilización de grandes cantidades de cemento asfáltico nuevo; todo en perjuicio del impacto ambiental.

Al respecto, esta investigación busca la elaboración de mezclas asfálticas en caliente, añadiendo material asfáltico reciclado a una nueva mezcla, analizando las propiedades del material asfáltico reciclado y confrontando su comportamiento con las mezclas convencionales, para establecer un procedimiento del diseño y una óptima dosificación, que garanticen un mejor o

igual comportamiento mecánico como las mezclas convencionales. Además, se buscará evitar el uso desmesurado de materiales vírgenes (nuevos) que permitan ayudar a la conservación de la naturaleza y reducir costos en la ejecución de obras viales.

Por lo expuesto, el método de reciclaje de pavimentos ha cobrado relevancia en la ingeniería de carreteras, debido a este método se preserva el medio ambiente por la ventaja principal de reducir el uso de nuevos materiales, tales como, la utilización de agregados pétreos y cemento asfáltico.

1.2. Formulación del problema

1.1.1. Problema general

¿En qué medida es viable generar nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el comportamiento de los parámetros Marshall para generar nuevas mezclas asfálticas en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020?
- ¿En qué medida disminuye el porcentaje de resistencia retenida al daño inducido por humedad en la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente agregando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020?
- ¿Cómo afecta la resistencia a la compresión en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar la viabilidad de generar nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento de los parámetros Marshall en la generación de nuevas mezclas asfálticas en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.
- Identificar el porcentaje de resistencia retenida al daño inducido por humedad en la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente agregando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.
- Evaluar la resistencia a la compresión en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación práctica

Se analiza e identifica las propiedades del material asfáltico reciclado para establecer un procedimiento en el diseño de nuevas mezclas asfálticas en caliente empleando material asfáltico reciclado que cumpla con las especificaciones técnicas de la normativa.

A partir de la extracción del material asfáltico envejecido, se analizará e identificará las propiedades y características del material reciclado a través de ensayos de laboratorio, de los resultados se obtendrá el porcentaje de cemento asfáltico que posee el material reciclado, la caracterización granulométrica del material recuperado, se realizará los

diseños de mezclas teóricas con diferentes porcentajes de material asfáltico reciclado, añadiendo un porcentaje de cemento asfáltico virgen (nuevo) a la mezcla para un mejor comportamiento mecánico, después de ello, se realizará la fabricación de briquetas para los ensayos de laboratorio como:

- Resistencia de mezclas bituminosas utilizando el aparato Marshall (MTC E 504).
- Caracterización de mezclas bituminosas abiertas según el ensayo cántabro de pérdida por desgaste (MTC E 515).
- Resistencia a compresión simple de mezclas asfálticas (MTC E 503).
- Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad (MTC E 522).

Luego de los ensayos se verifica que, las mezclas asfálticas en caliente producidas con material asfáltico reciclado tienen un igual o mejor comportamiento mecánico en comparación a las mezclas asfálticas convencionales.

1.4.2. Justificación metodológica

El presente estudio propone como nuevo método el aprovechamiento del pavimento asfáltico envejecido que, al ser usado en reemplazo de material virgen (nuevo), se obtiene como resultado una nueva mezcla asfáltica que tenga un buen comportamiento mecánico según el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013). En contraste permitirá generar conocimiento y podrá ser utilizado en las diferentes vías de Concepción.

1.4.3. Justificación ambiental

Debido a que no se practica el reúso del material asfáltico envejecido, esto conlleva a la explotación desmesurada de canteras y ríos, muchas veces siendo usadas de manera ilegal e irresponsable que finalmente

afecta en la conservación del medio ambiente. El énfasis del presente estudio consiste en analizar el material asfáltico reciclado, descubrir sus propiedades mecánicas que aportan en la generación de nuevas mezclas para su uso en proyectos de carreteras.

1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Delimitación espacial

La presente investigación se desarrolla con el fin de obtener los beneficios que brinda la mezcla asfáltica reciclada para posterior uso en las vías de la ciudad de Concepción, la obtención del material reciclado se obtuvo de la Av. Andrés Avelino Cáceres Km: 1+500 del distrito Nueve de Julio ubicado en la Provincia de Concepción previa coordinación con la Subgerencia de Obras de este distrito, sobre su reposición para no afectar el tránsito en esta avenida.

1.5.1.1. Análisis situacional de la Avenida Andrés Avelino Cáceres.

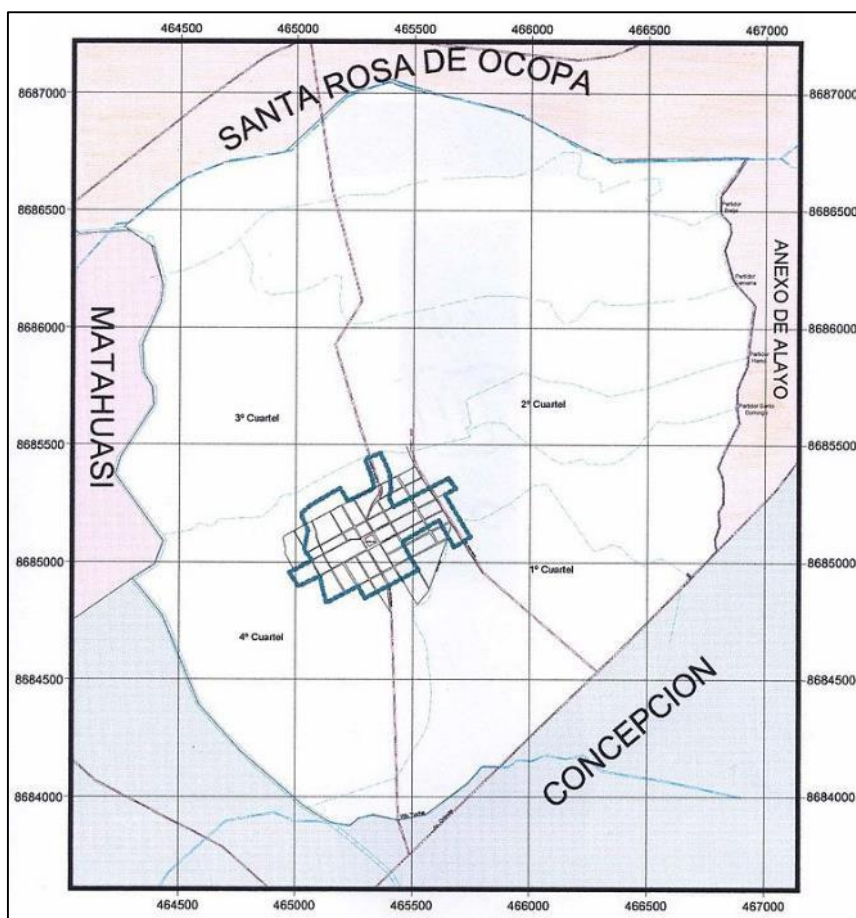
El Distrito de Nueve de Julio es uno de los 15 distritos de provincia de Concepción, Departamento de Junín. Cuenta con un área superficial territorial de 7.28 km², el 54% de su extensión territorial es zona urbana, mientras que el 46% es zona rural. Presenta una densidad de habitantes de 365.25 habitantes/km².

El Distrito de Nueve de Julio está distribuido por 4 cuarteles los cuales son:

- **I cuartel:** Ubicado al sur este, su vía principal es la Av. Oriente, carretera que une la Provincia de Concepción y el distrito de Ingenio de la Provincia de Huancayo.
- **II Cuartel:** Ubicado al noreste, tiene dos vías principales Av. Confraternidad y Av. Túpac Amaru.

- **III Cuartel:** Ubicado al noreste, tiene dos vías de acceso principal la Av. Andrés A. Cáceres y la trocha carrozable del canal de irrigación CIMIRM.
- **IV Cuartel:** Ubicado al suroeste, de vías principales Av. Manuel Prado Ugarteche y el canal de irrigación CIMIRM.

Figura 2. Mapa de distribución espacial del distrito Nueve de Julio



Fuente: Municipalidad Distrital de Nueve de Julio, Área de desarrollo urbano

La Av. Andrés Avelino Cáceres es una de las avenidas principales que conecta al Distrito de Nueve de Julio con el Distrito de Santa Rosa de Ocopa, tiene una distancia total de 6.00 km en la cual, del km 0+00 al km 2+500 está a nivel de asfaltado y del km 2+500 al km 6+000 se encuentra a nivel de afirmado. Esta avenida tiene una antigüedad de 10 años

ocasionado por factores climáticos y/o tráfico vehicular, presenta fallas como grietas, baches y piel de cocodrilo. Su estado de deterioro es por los años de servicio desde su construcción y falta de mantenimiento periódico de la vía. En el tramo asfaltado se observa que la carpeta asfáltica presenta desprendimiento de agregados, baches en perjuicio de vehículos y ausencia de cunetas para la evacuación de las aguas pluviales.

Figura 3. Presencia de baches en la carpeta asfáltica de la Av. Andrés A. Cáceres



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Desprendimiento de agregados de la carpeta asfáltica



Fuente: Elaboración propia.

Los trabajos de campo se realizaron el 6 y 7 de julio de 2020. Se extrae de forma manual la carpeta asfáltica a reciclar de la Av. Andrés Avelino Cáceres Km: 1+500, en vista de que se necesitaba aproximadamente 100 kg de material asfáltico reciclado, se extrae un área de 1.5 m².

Figura 5. Extracción manual de la carpeta asfáltica



Fuente: Elaboración propia

El proceso de extracción de la carpeta asfáltica fue coordinado directamente con la Gerencia de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Distrital de Nueve de Julio, así mismo, se firmó un compromiso para la reposición de la carpeta asfáltica extraída. Seguidamente se elaboró los parches con emulsión asfáltica debido a su fácil colocación y su posterior compactación.

Figura 6. Reposición de la carpeta asfáltica extraída con emulsión asfáltica



Fuente: Elaboración propia

1.5.2. Delimitación temporal

En este estudio se pretende correlacionar los resultados de ensayos de laboratorio certificado en y su relación con la normativa correspondiente, su desarrollo será aproximadamente entre el periodo de los meses abril a septiembre del año 2020.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Es viable generar nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.

1.6.2. Hipótesis específicas

- El comportamiento de los parámetros Marshall en la generación de nuevas mezclas asfálticas en caliente mejoran al incorporar material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.

- El porcentaje de resistencia retenida al daño inducido por humedad en la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente disminuye al agregar material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.
- La resistencia a la compresión en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente aumenta al utilizar material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.

1.7. Descripción de variables

1.7.1. Variable dependiente

Material asfáltico reciclado.

1.7.2. Variable independiente

Nuevas mezclas asfálticas en caliente.

1.7.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE: MATERIAL ASFÁLTICO RECICLADO	El Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP) o Reclaimed Asphalt Pavement consiste en el material recuperado de un pavimento flexible que ha alcanzado el final de su vida de servicio. (PITRA, 2019).	El material asfáltico reciclado se obtiene mediante un proceso mecánico de trituración por medio de una máquina fresadora a un tamaño de molienda de 19 a 22 mm, el material reciclado es procesado, obteniendo una granulometría variada, junto con ella, características, como el contenido de líquido asfáltico adherido a los agregados, lo cual, permite utilizar menor cantidad de agregado virgen y líquido asfáltico.	Pavimento reciclado	Contenido de líquido asfáltico de aporte del RAP	%	Certificados de ensayos de laboratorio de pavimentos	Numérica - Continua
				Tamaño de molienda	19 mm		
				Proporción de RAP	0%	Ficha de recolección de datos	
					20%		
	40%						
	60%						
VARIABLE DEPENDIENTE: NUEVAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE	Es la combinación de agregados pétreos en distintas gradaciones y cemento asfáltico, como también, se podría incluir filler mineral lo cual cumple la función de llenar los vacíos en la mezcla asfáltica. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 2010)	Las proporciones relativas de cemento asfáltico y agregados de la mezcla determinan las propiedades físicas y mecánicas que se obtienen mediante, el Ensayo Marshall que mide la resistencia y deformación de las mezclas, como también, el ensayo de tracción indirecta que mide la resistencia retenida al daño inducido por humedad, y, por otro lado, el ensayo de resistencia a la compresión que logra medir la capacidad de soportar una carga aplicada al área superficial de la briqueta.	Comportamiento Mecánico	Parámetros Marshall	Estabilidad (kg) Flujo (mm) Rigidez (kg/cm)	Certificados de ensayos de laboratorio de pavimentos	Numérica - Continua
				Resistencia retenida al daño inducido por humedad	%		
				Resistencia a la compresión	Mpa	Ficha de recolección de datos	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Las investigaciones y publicaciones en relación al tema de este estudio, con mayor aporte y argumentos sólidos son las siguientes:

2.1.1. Antecedentes nacionales

Según (Sánchez, 2017) en la tesis de pregrado denominada “Diseño y comparación del pavimento flexible mejorado por el método del reciclaje en la carretera Lima-Canta (km 78+000 al km 79+000), Lima 2017”. Se planteó como objetivo: Determinar la aplicación del método del reciclaje en la carpeta asfáltica del pavimento flexible, para un tipo de asfalto modificado formulando un diseño con mayor flexibilidad, durabilidad y economía. Se aplicó como metodología ensayos en laboratorio, de esta forma, del reciclaje se reutilizó al pavimento flexible envejecido, se logró un mejor comportamiento mecánico en comparación de un asfalto convencional. Los resultados son: En una mezcla asfáltica adicionada con asfalto reciclado e incorporado cal al 1.5%, el flujo disminuye de 4.1 mm a 3.1 mm quedando como resultado óptimo la estabilidad de 3.1 mm con material asfáltico reciclado, donde hay una reducción en el flujo de 24.39% en comparación con la mezcla convencional. Concluye que, el asfalto reciclado brinda mejor serviciabilidad al flujo vehicular, brindando mayor tiempo de vida útil, el cual es de 10 años y de esta manera disminuye el periodo de mantenimiento vial en 28.8%, generando ahorro económico.

Según (Chuman, 2016) en la tesis de pregrado “Reutilización de pavimento envejecido mediante el empleo de una planta procesadora de mezcla asfáltica en caliente para pavimentos en Huancayo 2016”, donde el objetivo planteado fue evaluar la reutilización del pavimento envejecido flexible de una planta procesadora de mezcla asfáltica en

caliente para pavimentos en Huancayo 2016. Se aplicó como metodología la recolección de datos según a los indicadores: Porcentaje de pavimento envejecido, cemento asfáltico pen 85/100, flujo y estabilidad, gradación del agregado. Se obtiene como resultado: El material reciclable es más ventajoso por su contenido de material ligante aportante y el % más adecuado es del 25% mezclado con 75% de material nuevo o virgen. Concluye que, el empleo de una parte de residuos de un pavimento flexible envejecido tuvo resultados satisfactorios, donde se pudo determinar que el flujo disminuyó de 3.56 mm para la mezcla convencional a 2.24 para la mezcla asfáltica con 25% de material reciclado, de igual manera ocurrió con la estabilidad,

Según (Rengifo y Vargas, 2017) en la tesis de pregrado titulada “Análisis comparativo entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado en las cuadras 1 - 29 de la Avenida La Paz - San Miguel – Lima” se planteó el objetivo general: Demostrar la viabilidad técnico – económico del uso de pavimento flexible reciclado a modo de alternativa técnica en las obras de rehabilitación vial. Se aplica una metodología según los ensayos requeridos para el control de calidad del pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado, establecidos en el Manual de Carreteras EG – 2013, se logró obtener como resultado que, ambos pavimentos cumplen con especificaciones técnicas establecidas en la guía de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC – EG 2013, donde se observó la principal característica de similitud del peso unitario, el porcentaje de vacíos de agregado mineral (V.M.A.) de la mezcla asfáltica con material reciclado es menor en comparación de la mezcla asfáltica convencional, en cuanto a la estabilidad y flujo ambos pavimentos reaccionaron de formas similares. En cuanto al análisis económico de precios unitarios se obtuvo como resultado, que la mezcla reciclada en caliente es 12.82% más barato que el convencional. Concluye, usar pavimento flexible reciclado en el

mejoramiento de la carpeta asfáltica de la avenida La Paz, se ahorró 12.82% en el costo total de materiales de la mezcla asfáltica con un ahorro de 14.47% en el costo del cemento asfáltico PEN 60/70. Además, el contenido de cemento asfáltico encontrado en el material reciclado es de 5.6% y representa el 0.84% del contenido de cemento asfáltico total, por lo que se necesitó agregar 4.96% de cemento asfáltico nuevo para elaborar mezcla asfáltica con material reciclado.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Según (Cimpeanu, 2017) en la tesis de pregrado denominada “Efecto de las condiciones de mezclado en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas recicladas en caliente” tuvo como objetivo: Determinar de qué manera influía la temperatura de mezcla y tiempo de mezclado en el comportamiento final de la mezcla asfáltica reciclada. Utilizó como metodología el análisis de las propiedades volumétricas y mecánicas, después de su análisis sobre los criterios utilizados en otros países, se planificó una serie de ensayos de laboratorio, donde se logra como resultado: Las mezclas que contienen 60% de RAP, el contenido de huecos aumenta en comparación con la mezcla virgen y la dispersión es ligeramente más alta en las mezclas con RAP. Concluye que, las mezclas bituminosas que contienen RAP presentan comportamiento rígido y sometidas a craqueo térmico y reflexivo. El no precalentamiento del RAP a una temperatura elevada, el sobrecalentamiento de los áridos y su mezcla han confirmado ser buen medio para mejorar la resistencia a la fisuración de las mezclas.

Según (Alarcón, 2003) desarrolló la tesis doctoral titulada “Estudio del comportamiento de mezclas bituminosas recicladas en caliente en planta” se estableció el objetivo: Realizar un estudio de las características mecánicas de diferentes tipos de mezclas en caliente en planta, agregando diferentes porcentajes de material fresado y

diferentes ligantes y/o agentes rejuvenecedores, contrastando su comportamiento con el de las mezclas convencionales, para lograr criterios de diseño, dosificación y control de fabricación. Se tuvo como metodología los ensayos y especificaciones técnicas empleados en España, en la cual se desarrollaron unos estudios previos, se analizó el comportamiento de mezclas recicladas en caliente con diferentes porcentajes de material reciclado para observar la variación de sus características mecánicas. Se consiguió como resultado que, en el ensayo Marshall el índice de rigidez se eleva considerablemente al aumentar el contenido de material reciclado en las mezclas y disminuye según aumenta el porcentaje de cemento asfáltico, por otro lado, en ningún caso el índice de rigidez de las mezclas convencionales ha superado el valor de 8kN/mm mientras las mezclas con un 100% de material reciclado prácticamente llegan a los 20 kN/mm. La resistencia a la tracción se incrementa al aumentar el material reciclado hasta aproximadamente el 50%, pero con porcentajes más elevados de material reciclado no sufre variaciones significativas. Concluye que, las mezclas se tornan más frágiles al aumentar el porcentaje de material reciclado, el incremento de resistencia a tracción indirecta disminuye la deformación de rotura, el agua tuvo efecto negativo en cuanto a los porcentajes de material reciclado que sobrepasaron el 30-35% debido a estos valores su resistencia disminuyó drásticamente, se hizo necesario que la resistencia conservada tras inmersión no sea menor del 75%.

Según (Pérez, 2011) en la tesina de especialidad titulado "Diseño y caracterización mecánica de mezclas discontinuas recicladas para capas de rodadura" tuvo como objetivo: Evaluar las propiedades mecánicas de las mezclas discontinuas recicladas empleadas en capas de rodadura y comparar su comportamiento con el de mezclas convencionales equivalentes, para asegurar su calidad y características adecuadas en la construcción y rehabilitación de firmes de carretera. La metodología utilizada fueron los ensayos de

laboratorio donde se fabricaron 4 mezclas con distintos porcentajes de material reciclado: 0%, 10%, 20% y 40% en cada mezcla se fabricaron 3 series, cada una en contenido de cemento asfáltico diferente 4.75%, 5.25%, 5,75%. Los resultados son: La mezcla asfáltica con 10% de material reciclado que presenta mayor densidad y menor contenido de huecos, debido al mayor contenido de finos, filler y de cemento asfáltico observado en la mezcla. Por otro lado, las mezclas con 10 y 20% de material reciclado presentan una cohesión y adhesividad adecuada, se obtiene valores de pérdida, tanto en seco, húmedo, por debajo de los máximos que se especifican en la normativa española. Concluye que, a mayor contenido de material reciclado en la mezcla asfáltica, el contenido de huecos disminuye y aumenta los finos adheridos al cemento asfáltico, por lo tanto, se incrementó la densidad de las mezclas. El ensayo de Cántabro reflejó que para cualquier porcentaje de material reciclado adicionado a la mezcla asfáltica tienen una buena cohesión y adhesividad, presentando pérdidas por desgaste muy inferiores a las máximas admitidas en la normativa española. A mayor porcentaje de material reciclado mayor será la resistencia a la tracción indirecta, aumentando la rigidez y fragilidad de las mezclas.

2.2. Bases teóricas

Se fundamentan los conceptos teóricos para una mejor interpretación de la problemática y el análisis de los resultados obtenidos.

2.2.1. Pavimento

Es una estructura vial conformado por un conjunto de capas superpuestas horizontalmente preparadas por materiales seleccionados. Son diseñadas para resistir y distribuir los esfuerzos originados por el tránsito vehicular (función estructural). Se diseñan con la finalidad de brindar un paso cómodo, seguro y confortable al parque automotor que transita por su superficie (objetivo funcional).

Las cargas dinámicas provocados por los vehículos que circulan sobre estas estructuras provocan en las interfaces de las capas

esfuerzos y deformaciones, horizontales, verticales y de corte. (Rondón y Reyes, 2015)

La estructura del pavimento lo conforman las siguientes capas:

- Capa de Rodadura: Parte superior expuesta de un pavimento, siendo flexible (Bitumen) o rígido (concreto de cemento Portland) o de adoquines, que resisten directamente el tránsito vehicular.
- Base: Capa inferior a la de rodadura, la función principal es soportar, distribuir y transmitir las cargas del tránsito vehicular.
- Subbase: Capa de material con un determinado espesor de diseño, que soporta la base y carpeta de rodadura.

El distinto uso de cada una de estas superficies de rodadura da origen a tres principales tipos de pavimentos:

- Pavimento Flexible
- Pavimento Rígido
- Pavimento Compuesto

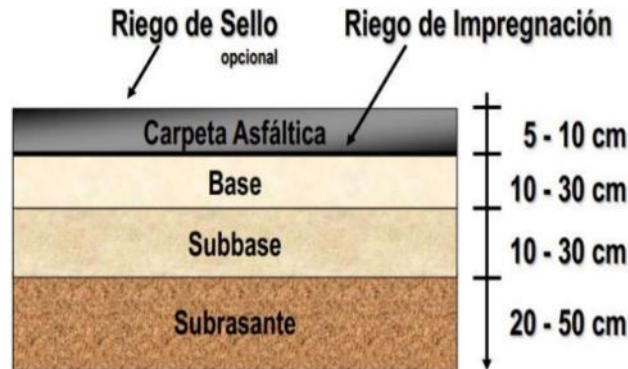
2.2.1.1. Pavimento flexible

Estructura vial conformada por capas granulares (base, subbase) constituida por materiales bituminosos como aglomerantes, agregados pétreos y aditivos.

Los esfuerzos que se producen debido al tránsito vehicular se disipan por medio de cada capa de la estructura del pavimento flexible, de tal forma que, al llegar a la subrasante, la resistencia mecánica del suelo debe ser capaz de soportar dicho esfuerzo sin que pueda sufrir deformaciones. La carpeta asfáltica estructuralmente debe resistir los daños por fatiga y la acumulación de las deformaciones permanentes, adicionalmente debe cumplir la función de impermeabilizante para que logre impedir la penetración del agua hacia las capas granulares y así poder resistir los efectos meteorológicos, por otro lado, debe estar diseñada y construida de tal manera que genere a los usuarios

del parque automotor seguridad y confort durante su vida útil. (Rondón y Reyes, 2015)

Figura 7. Estructura de pavimento flexible (Sección Transversal)



Fuente: Recuperado de <https://es.slideshare.net/nievesiita/pavimento-flexible-y-rigido> (2013, p.569)

a. Pavimento de concreto asfáltico en frío

Es la mezcla de agregados pétreos y un ligante bituminoso, generalmente emulsión asfáltica; se pueden mezclar, extender y compactar a temperatura ambiente. Estas mezclas utilizan en su elaboración ligantes bituminosos con menor viscosidad en comparación con las mezclas asfálticas en caliente. El mezclado se puede efectuar “in situ” o en plantas mezcladoras fijas. (Rodríguez y Rodríguez, 2004)

b. Pavimento de concreto asfáltico en caliente

Es una mezcla de agregado grueso, fino y un ligante bituminoso generalmente cemento asfáltico, estos materiales son combinados en una planta mezcladora para producir una mezcla homogénea. (Rodríguez y Rodríguez, 2004)

Generalmente el pavimento con mezcla asfáltica en caliente está compuesto de los siguientes materiales:

- **Agregados pétreos:**

Conglomeración de partículas de gravas, arenas y finos (naturales o triturados). Las partículas con diámetro de 6.4 cm a 2mm se les conoce como grava y aquellas que están en el rango de 2mm a 0.075mm se les reconocen como arenas (gruesas y finas)

Dentro de la mezcla asfáltica, los agregados conforman entre el 88% y 96% de la masa total y más del 75% del volumen de la mezcla. Por otro lado, dentro de la carpeta asfáltica los agregados pétreos soportan las cargas del tránsito vehicular y se transmite en menor proporción a las capas por debajo de la carpeta de rodadura.

Los agregados deben poseer una granulometría adecuada al huso y deben cumplir con los requerimientos mínimos de calidad de acuerdo a la normativa vigente. (Rondón y Reyes, 2015)

Tabla 2. Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
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.

** Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica

Fuente: Manual de carreteras (2013, p.560)

Tabla 3. Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
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% mín.	35% mín.
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 205	1,0% máx.	1,0% máx.

* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica

Fuente: Manual de carreteras (2013, p.560)

La gradación de los agregados según al huso granulométrico para mezclas asfálticas en caliente se clasifica en MAC-1, MAC-2, MAC-3 en base al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (2013, p. 561). La curva granulométrica del agregado debe cumplir los parámetros y puntos de control y fuera de la zona delimitada. Además, la curva debe pasar por debajo de la zona delimitada.

Tabla 4. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (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	78-88	100
4,75 mm (4")	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (10")	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de carreteras (2013, p.561).

- **Cemento asfáltico:**

“Material bituminoso aglomerante, de consistencia sólida, utilizado para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente.” (Manual de carreteras, 2013 p.678)

Se clasifican de acuerdo a su consistencia, mediante los ensayos: viscosidad y penetración, a diferencia de los países desarrollados que lo clasifican de acuerdo al grado de desempeño (PG por sus siglas en inglés).

En Perú, a la fecha del presente trabajo de investigación, los cementos asfálticos se clasifican de acuerdo al grado de penetración.

Tabla 5. Grados de cemento asfáltico

PEN 40 -50	Cemento Asfáltico con penetración 40 a 50 décimas de milímetro
PEN 60 -70	Cemento Asfáltico con penetración 60 a 70 décimas de milímetro
PEN 85 -100	Cemento Asfáltico con penetración 85 a 100 décimas de milímetro
PEN 120 -150	Cemento Asfáltico con penetración 120 a 150 décimas de milímetro
PEN 200 -300	Cemento Asfáltico con penetración 200 a 300 décimas de milímetro

Fuente: Tomado de internet: <https://www.slideshare.net/RibBrian/0900-asfalto>.

- **Filler:**

“Utilizado en mezclas asfálticas, con la finalidad de complementar la granulometría de agregados finos cuyas características no cumplen las especificaciones técnicas correspondientes.” (Manual de carreteras, 2013 p. 659)

El cemento Portland, cal hidratada, polvo de roca, polvo de escoria o la ceniza fina pueden ser utilizados como filler. La cantidad se define en el diseño de mezcla según el Método Marshall. Las mezclas de concreto asfáltico en caliente deben cumplir las especificaciones establecidas según la norma del manual de carreteras.

Tabla 6. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro 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	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (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 (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm) (3)	1700-4000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 mín.		

(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango de 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos. (2)

Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla. (3)

Para zona de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.

(4) El Índice de compactabilidad mínimo será 5

El Índice de compactabilidad mínimo será 5: 1

GEB 50 - GEB 5

Siendo GEB 50 y GEB 5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes

Fuente: Manual de carreteras (2013, p. 570).

2.2.2. Reciclaje de pavimentos flexibles

Se entiende por reciclaje a la reutilización, generalmente luego de haber culminado cierto periodo de vida útil de un material de pavimento que ha cumplido su finalidad inicial, se puede emplear en la fabricación de una nueva mezcla asfáltica con mejor o similar calidad al de las mezclas asfálticas convencionales, también se puede utilizar para mejorar las capas granulares o como base estabilizante. (Tafur, 2005)

De acuerdo con (Montejo, 1997), entre los factores principales que han aportado al desarrollo de esta técnica son:

- El alza de precios de productos derivados del petróleo.

- Agotamiento de las fuentes de agregados en calidad e incremento de costo de las canteras, como también, el aumento del costo de transporte de agregados por la distancia considerable de la obra.
- El cuidado y conservación del medio ambiente es el factor más importante, razón por la cual los países desarrollados optan por utilizar la técnica de reciclaje de material asfáltico, en lugar de seguir explotando canteras y contaminando el medio ambiente.
- La escasa disponibilidad económica del estado para la reconstrucción o rehabilitación de vías existentes, ha obligado a buscar técnicas de mantenimiento menos costosas, con un comportamiento similar a las técnicas de rehabilitación convencionales.

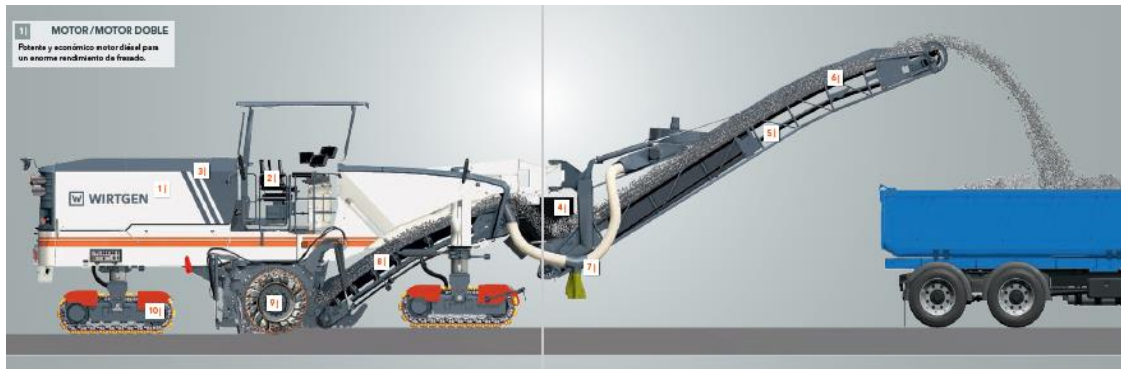
2.2.2.1. Tipos de reciclaje:

Según la (Asociación de Reciclado y Recuperación de Asfalto ARRA), son cinco (05) tipos de reciclado de pavimentos:

a. Fresado en frío (Cold Planning):

Consiste en moler controladamente en frío la superficie del pavimento envejecido hasta una profundidad específica conforme al perfil longitudinal y la sección transversal de forma rápida y eficiente para luego ser restaurada la superficie cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas, una vez fresado el pavimento asfáltico se carga en camiones y se acopia para reciclar en frío o caliente.

Figura 8. Máquina fresadora en frío



Fuente: (WIRTGEN, 2018)

El reciclado del pavimento es con la máquina fresadora de tambor giratorio auto propulsado, equipado con dientes reemplazables de carburo de tungsteno, dientes diseñados para remover o moler la carpeta asfáltica envejecida según la Figura 4.

Figura 9. Tambor de fresado



Fuente: (WIRTGEN, 2018)

La máquina fresadora en frío puede ajustarse a los requerimientos de casi todo el tipo de producción que reciclan en frío, esto depende del modelo y marca de la máquina fresadora, en el caso de la marca WIRTGEN, pueden llegar a fresar hasta 4.4 m de ancho de vía a profundidad máxima de 25 cm.

Tabla 7. Especificaciones técnicas de fresadora WIRTGEN

La serie WR convierte todo el espectro de aplicaciones de reciclaje en frío.			
	WR 200 / WR 200i	WR 240 / WR 240i	WR 250 / WR 250i
Rango de rendimiento ideal	Hasta 800 m2/h	Hasta 1000 m2/h	Hasta 1200 m2/h
Espesor de asfalto reciclable	10 - 15 cm	15 - 20 cm	20 - 25 cm

Fuente: (WIRTGEN, 2018).

Según (Fernández, 2012), el fresado en frío presenta varias ventajas las cuales son:

- La eliminación de las ondulaciones y de las superficies envejecidas de la carpeta de rodadura.
- Eliminar el pavimento construido por fases para restaurar su altura original.
- Incremento en eficiencia y productividad de proyectos, la reutilización de los materiales existentes (agregados pétreos, cemento asfáltico).
- Conservar la energía en comparación de otras técnicas de reconstrucción.

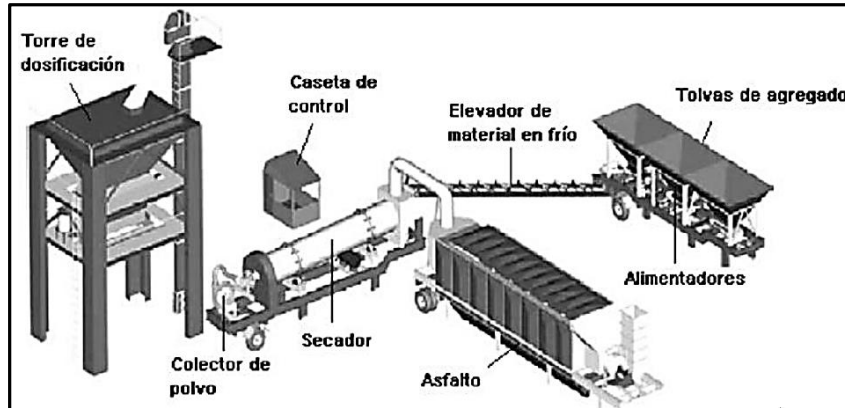
b. Reciclado en caliente:

Proceso que combina material reciclado con material virgen (agregados y cemento asfáltico) y de ser necesario agentes rejuvenecedores según la necesidad. El reciclado en caliente utiliza la transferencia de calor para ablandar el material reciclado y mezclar con el material virgen.

La cantidad de material asfáltico reciclado a adicionar en la mezcla asfáltica depende de las características del material reciclado como la gradación y las propiedades físicas del pavimento envejecido. Existen algunas limitaciones en cuanto al tipo de planta a utilizar en la producción de la mezcla asfáltica. En países desarrollados como Estados Unidos se logró reutilizar hasta el 90% de material asfáltico reciclado, sin embargo, es típico utilizar proporciones

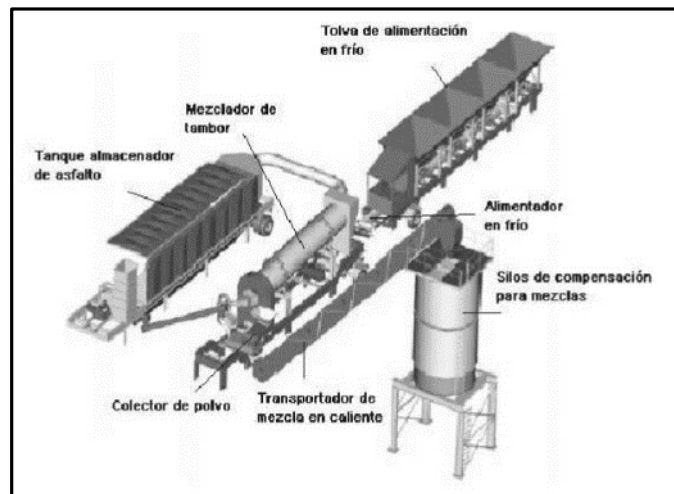
reducidas entre el 15% y 25% en plantas discontinuas, a diferencia de las plantas continuas en donde se logra utilizar mayores proporciones que oscilan entre el 30% a 50%. (Fernández, 2012)

Figura 10. Planta Discontinua



Fuente: <https://apeninfrainfraestructura.files.wordpress.com/2012/11/equipos-de-pavimentacion-y-ptos-de-inspeccion-y-ensayo.pdf>

Figura 11. Planta Continua



Fuente: <https://apeninfrainfraestructura.files.wordpress.com/2012/11/equipos-de-pavimentacion-y-ptos-de-inspeccion-y-ensayo.pdf>

Según (Fernández, 2012), el reciclado en caliente presenta varias ventajas las cuales son:

- Corregir la mala gradación del material reciclado con una adecuada selección de agregados vírgenes (nuevo).
- Igual o mejor rendimiento en comparación a los pavimentos convencionales construidos con el 100% de material virgen.

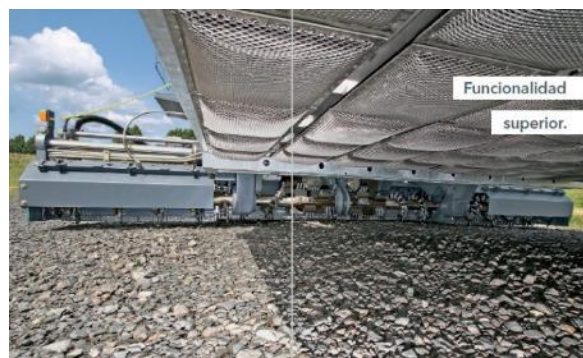
- Conservar los recursos no renovables.
- Conservar la energía en comparación de otras técnicas de reconstrucción.
- Ahorro económico.

c. Reciclado en caliente In-Situ:

Consiste en la calefacción y ablandamiento del pavimento para ser molido o escarificado en caliente a la profundidad deseada, mayormente las profundidades típicas van desde los 2 cm hasta los 7.5 cm. Mediante esta técnica se puede utilizar hasta el 100% del pavimento asfáltico existente, posteriormente se le agrega material virgen (nuevo) y de ser necesario un agente rejuvenecedor en un solo paso de la máquina.

De acuerdo con (Tafur, 2005), cualquier pavimento de mezcla asfáltica en caliente que presente deficiencia en la capa de rodadura y base estable puede ser rehabilitado mediante la técnica de reciclado en caliente In-Situ.

Figura 12. Reciclado en caliente In-Situ



Fuente: (WIRTGEN, 2018)

Existen tres métodos de reciclado en caliente in situ las cuales son:

- **Escarificación con calentador:**

Este proceso, primero ablanda el pavimento mediante el calor transferido por las unidades de calefacción, posteriormente se escarifica el pavimento mediante una serie de picas, una vez escarificado el material reciclado se procede a adicionar un agente rejuvenecedor si así lo requiere, por último, se mezcla y se coloca la carpeta asfáltica con la pavimentadora para luego ser compactada mediante los equipos de compactación convencional. Este método se utiliza en carreteras donde estructuralmente la base es estable.

- **Repavimentación:**

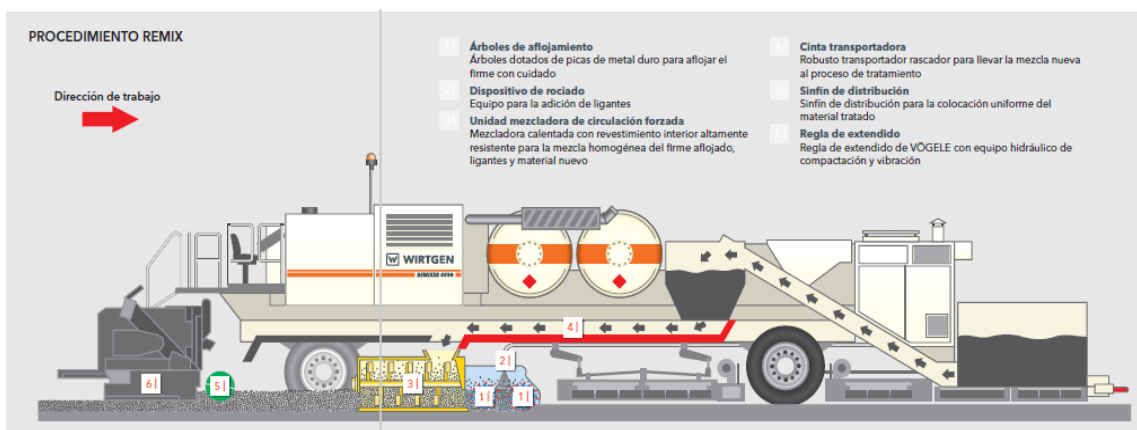
Proceso similar a la escarificación con calentador, la capa superior es removida y luego se recubre con una o múltiples capas de mezcla asfáltica en caliente nueva.

- **Remezclado:**

Es el proceso de calentado del pavimento flexible, se ablanda y escarifica para añadir materiales vírgenes (agregado y cemento asfáltico nuevo) de ser necesario se le añade un agente rejuvenecedor, luego la mezcla asfáltica es colocada en una capa homogénea para luego ser compactado convencionalmente con rodillos lisos vibratorios de doble tambor y de neumáticos.

El remezclado también puede ser de uno o de múltiples capas, cuando se quiere aumentar el espesor del pavimento o mejorar las características del pavimento existente, esto implica la adición de una mayor cantidad de material virgen (nuevo).

Figura 13. Proceso de remezclado de reciclado en caliente In-Situ



Fuente: (WIRTGEN, 2018)

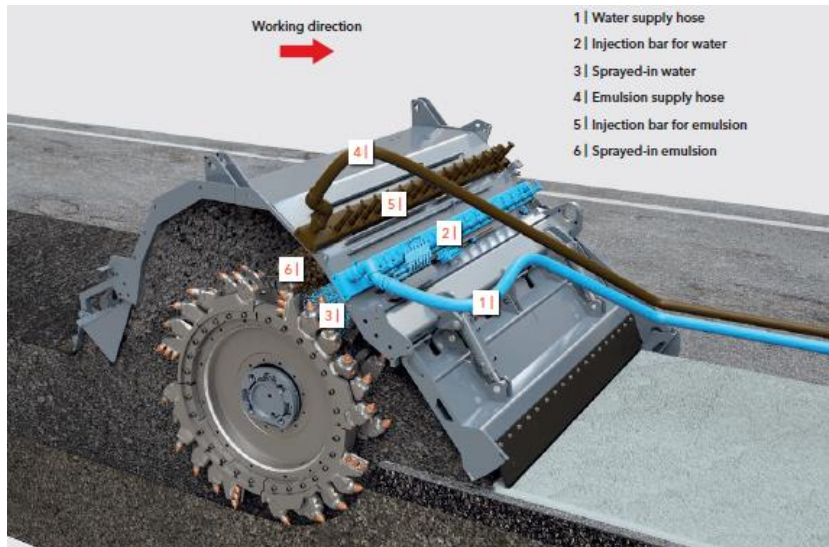
Según (Fernández, 2012), el reciclado en caliente In-Situ presenta varias ventajas las cuales son:

- Conservación de la energía y de los recursos no renovables.
- Reducción de camiones de transporte.
- Mejora la calidad del pavimento.
- Se mantiene la altura del pavimento inicial.
- Se corrige la gradación de los agregados.
- Reapertura del tránsito inmediata.
- Ahorro económico.

d. Reciclado en frío In-Situ:

Este proceso rehabilita el pavimento asfáltico envejecido a una profundidad. Para ello, el material es fresado a un tamaño adecuado y escarificado para luego ser mezclado mayormente con emulsión asfáltica y eventualmente con cierto porcentaje de material virgen (nuevo) de ser necesario para corregir la gradación de la mezcla. (Montejo, 1997)

Figura 14. Sistema de Reciclado en Frio In-Situ



Fuente: (WIRTGEN, 2018)

Las ventajas que se tienen al utilizar este método son significativas en comparación con los métodos tradicionales. El reciclado en frío In-Situ puede llegar a reducir el costo de rehabilitación de la carpeta asfáltica, por otro lado, se reutilizan los materiales existentes permitiendo la preservación de agregados y cemento asfáltico nuevo, finalmente este proceso reduce la emisión de gases tóxicos debido a que los materiales no son calentados posteriormente a su colocación.

De acuerdo con (Tafur, 2005), los pavimentos con buenos drenajes y estructuralmente resistentes, pueden ser rehabilitados mediante este método de reciclaje.

Figura 15. Tren de reciclaje en frío In-Situ



Fuente: (WIRTGEN, 2018)

e. Recuperación a profundidad (Full-Depth):

Este método consiste en reciclar el 100% de la carpeta asfáltica y un determinado espesor de material granular ya sea base, subbase y/o subrasante, para luego ser mezclado uniformemente y proporcionar un material de base homogéneo. La recuperación a profundidad (Full-Depth) se realiza si la adición de calor, la profundidad de tratamiento oscila por lo general entre 10 cm. a 30 cm.

Figura 16. Sistema de recuperación a profundidad (Full-Depth)



Fuente: (WIRTGEN, 2018)

La recuperación de carpeta asfáltica con materiales granulares se encuentran por debajo del pavimento que produce una capa de pavimento granular utilizado tal como está o puede mejorar con la adición de un aditivo de estabilización, estos aditivos se utilizan cuando el material recuperado no tiene la capacidad estructural de soportar las cargas previstas o cuando no tiene las propiedades mecánicas que se necesitan. (Fernández, 2012)

Existe una gran cantidad de aditivos estabilizadores, ya sea de forma líquida o seca, entre ellos está la cal hidratada, cenizas volátiles, cloruro de magnesio, cemento Portland, emulsión asfáltica, etc.

El tamaño del material recuperado se controla de acuerdo a la velocidad de avance del recuperador, la velocidad de rotación del tambor pulverizador - mezclador y la abertura de la puerta de salida de la cámara de mezcla.

Figura 17. Máquina para el proceso de recuperación a profundidad (full-Depth)



Fuente: (WIRTGEN, 2018)

2.2.3. Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío

Son mezclas que resultan de optimizar las propiedades de otras mezclas producidas en frío, por medio de la reutilización de materiales obtenidos durante el proceso de fresado de la carpeta asfáltica envejecida con la adición de un agregado y de cemento asfáltico nuevo (generalmente emulsión asfáltica), de ser necesario la adición de agentes rejuvenecedores. Estas mezclas se colocan y se compactan a temperatura ambiente (Rondón y Reyes, 2015)

Los materiales a utilizar deben cumplir las especificaciones técnicas del Manual de carreteras 2013.

2.2.3.1. Agregados pétreos

Son los resultantes del fresado de la carpeta asfáltica envejecida y deben cumplir la granulometría presentada en la Tabla 8.

Tabla 8. Granulometría de los agregados reciclados en frío in situ empleando cemento asfáltico

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
37,5 mm	1 1/2"	100
25,0 mm	1"	75-100
19,0 mm	3/4"	65-100
9,5 mm	3/8"	45-75
4,75 mm	N.º 4	30-60
2,00 mm	N.º 10	20-45
425 µm	N.º 40	10-30
75 µm	N.º 200	5-20

Fuente: Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción (2013, p. 772).

En la necesidad de adicionar material pétreo virgen (nuevo) para obtener una mejor gradación, se deben cumplir los requisitos mínimos de calidad presentados en la Tabla 9 y Tabla 10.

Tabla 9. Requisitos agregado grueso de adición en mezclas recicladas en frío

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Desgaste de los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	40% máx.	40% máx.
Desgaste Micro – Deval	ASTM D 7428	-	30% máx.	25% máx.
10% de finos (kN)	Seco	-	-	75 mín.
	Relación Húmedo/Seco	-	-	75% mín.
Durabilidad al Sulfato de magnesio	MTC E 209	18% máx.	18% máx.	18% máx.
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1 cara/2 caras	MTC E 210	50/-	50/-	50/-
Partículas planas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.	10% máx.

Fuente: Manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción (2013 p. 773)

Tabla 10. Requisitos agregados finos de adición en mezclas recicladas en frío

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Durabilidad al Sulfato de magnesio	MTC E 209	18% máx.	18% máx.	18% máx.
Angularidad	ASTM D 1252	35% mín.	35% mín.	35% mín.
Índice de plasticidad	MTC E 111	N.P.	N.P.	N.P.
Equivalente de arena	MTC E 114	30% mín.	30% mín.	30% mín.
Sales Soluble Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: *Manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción* (2013, p. 773).

2.2.4. Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente

Son mezclas similares al pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío, pero el ligante es el cemento asfáltico por lo cual se debe calentar la mezcla asfáltica reutilizando material reciclado, con adición de materiales vírgenes (nuevos), en caso de mejorar las propiedades de la mezcla, será necesario la utilización de agentes rejuvenecedores.

Estas mezclas se diseñan por el método Marshall (AASHTO T 245), los criterios de diseño son los mismos que se especifican para las mezclas asfálticas en caliente convencionales. En ningún caso el material reciclado constituirá más del 40% de la masa total de la mezcla asfáltica.

El (Manual de carreteras, 2013) recomienda que, el agregado de adición debe tener características mineralógicas con agregado virgen (nuevo), para evitar que el material bituminoso sea de diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

Por otro lado, los requisitos mínimos de calidad exigidos al agregado pétreo se presentan a continuación.

Tabla 11. Requerimientos agregados gruesos de adición en mezclas recicladas en caliente

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Desgaste de los Ángeles	MTC E 207	25% máx.	25% máx.	25% máx.
Desgaste Micro - Deval	ASTM D 7428	-	25% máx.	20% máx.
10% de finos (kN)	Seco	-	-	110 mín.
	Relación Húmedo/Seco	BS 812 Part 110	-	75% mín.
Durabilidad al Sulfato de magnesio	MTC E 209	18% máx.	18% máx.	18% máx.
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1 cara/2 caras	MTC E 210	75 / --	75 / 60	75 / 70
Coefficiente de resistencia al deslizamiento	ASTM E 303	0,45 mín.	0,45 mín.	0,45 mín.
Partículas planas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.	10% máx.

Fuente: Manual de carreteras (2013, p. 756)

Tabla 12. Requerimientos agregados finos de adición en mezclas recicladas en caliente

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Durabilidad al Sulfato de magnesio	MTC E 209	18% máx.	18% máx.	18% máx.
Angularidad	ASTM D 1252	40% mín.	45% mín.	45% mín.
Índice de plasticidad	MTC E 111	N.P.	N.P.	N.P.
Equivalente de arena	MTC E 114	50% mín.	50% mín.	50% mín.
Sales Soluble Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: Manual de carreteras (2013, p.756).

2.2.5. Diseño de mezclas asfálticas en caliente por el método Marshall

El método Marshall para diseños de mezclas formulado por Bruce Marshall conjuntamente con el cuerpo de ingenieros de Estados Unidos, de años de investigación y estudios de correlación, se logró desarrollar un criterio de diseño de mezclas.

El método original Marshall para mezclas asfálticas en caliente sólo permite utilizar agregados con tamaño máximo de 25 mm (1") o menor, posteriormente se desarrolló un método modificado para agregados de tamaño máximo arriba de 38 mm (1.5"). Este método pensado para el diseño en laboratorio y control en campo de mezclas asfálticas en caliente con graduación densa. (Instituto Mexicano del Transporte, 2004)

Este método se basa en el ensayo MTC E-504 de resistencia de mezclas bituminosas utilizando el aparato Marshall. Para poder determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico, se fabrican probetas cilíndricas con distintos porcentajes de contenido de asfáltico que varían cada uno en 0.50% del otro. (Rengifo y Vargas, 2017)

2.2.5.1. Características y comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente

Estas mezclas preparadas en laboratorio al ser analizadas determinan el posible comportamiento de la carpeta asfáltica, este análisis tiene cuatro características las cuales son:

a. Porcentaje de cemento asfáltico óptimo:

Depende de las características del agregado mineral como son la capacidad de absorción (habilidad para absorber asfalto) y la gradación, esto quiere decir, entre más fino contenga la mezcla mayor es la cantidad de cemento asfáltico requerida para cubrir todas las partículas. Por otra parte, las mezclas que contengan mayor cantidad de agregado grueso exigen menos contenido de cemento asfáltico debido al menor área superficial para cubrir. (Asphalt Institute MS-22 p.57)

b. Densidad:

Definida como peso unitario, esta característica es esencial para tener una alta densidad en la carpeta asfáltica y así tener un rendimiento perdurable.

c. Vacíos de aire:

Son espacios pequeños de aire, se encuentran entre los agregados revestidos en la mezcla asfáltica compactada. Las mezclas deben tener cierto porcentaje de vacíos de aire para permitir una compactación adicional debido al tránsito vehicular, y proporcionar espacios para que pueda fluir el cemento asfáltico la compactación adicional. Mientras el porcentaje de vacíos de aire sea mayor la mezcla asfáltica dejará pasar agua y causará el deterioro de la carpeta asfáltica, por otra parte, si el porcentaje de vacíos es menor puede producir exudación del asfalto.

La densidad y el contenido de vacíos de aire están directamente relacionados, mientras más alta la densidad menor será el porcentaje de vacíos en la mezcla, y viceversa. (Carrasco, 2004)

d. Vacíos en el agregado mineral (VMA):

Son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en la mezcla asfáltica compactada incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

Mientras mayor sea el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA) habrá más espacio para las películas de asfalto. Los valores mínimos de VMA garantizan un durable espesor de película de asfalto. Por otra parte, el aumento en densidad de la graduación del agregado, se obtenga valores de VMA que se encuentren por debajo del mínimo especificado, puede resultar mezclas de baja durabilidad, por lo tanto, es perjudicial disminuir el porcentaje VMA. (Carrasco, 2004)

Tabla 13. Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	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

Nota: Los valores de esta tabla sean seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la Subsección 423.02©. Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

Fuente: Manual de carreteras (2013, p. 571).

e. Estabilidad

Es la máxima resistencia a la deformación por la constante carga, esta magnitud varía según el tipo y gradación del agregado; y el grado de cemento asfáltico, así como la cantidad empleada. (Manual de ensayos de materiales MTC, 2016 p.583)

Mientras mayor sea la estabilidad el pavimento será más rígido y resistente ante las cargas del tránsito vehicular.

f. Flujo

Está relacionado con la estabilidad de las mezclas asfálticas, debido a que se mide luego de la falla de la probeta durante el ensayo Marshall.

Mide la deformación, de las mezclas asfálticas; mientras los valores de fluencia sean mayores la mezcla asfáltica será demasiado plástico y tendrá la capacidad de deformarse con facilidad ante las cargas del tránsito vehicular. Por otro lado, si el valor de fluencia es bajo, la carpeta asfáltica presentará fallas frágiles. (Rengifo y Vargas, 2017)

g. Índice de rigidez

Es la relación, entre la estabilidad y flujo que se calcula mediante el método Marshall. Cuando el índice de rigidez es alto, la carpeta asfáltica será menos flexible y frágil, y si el índice de rigidez es bajo, la carpeta asfáltica será muy flexible y se deformará con mucha facilidad. (Rengifo y Vargas, 2017)

2.2.6. Ensayos de laboratorio

De acuerdo al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013) se optó en realizar cuatro ensayos, para poner a prueba el comportamiento mecánico de las mezclas y se muestran los resultados logrados en el presente estudio.

- Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall (MTC E 504).
- Caracterización de mezclas bituminosas abiertas mediante del ensayo cántabro de pérdida por desgaste (MTC E 515).
- Resistencia a compresión simple de mezclas asfálticas (MTC E 503).
- Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad (MTC E 522).

2.3. Definición de términos básicos

- **Adhesividad:** Resistencia al despegue o agarre que presentan la unión árido - ligante en este tipo de materiales. (Manual de ensayos de materiales MTC, 2016 p.540)
- **Agente rejuvenecedor:** Material orgánico cuyas características químicas y físicas permiten devolver las propiedades iniciales al asfalto envejecido. (Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción., 2013)
- **Agregado pétreo:** Conglomerado de partículas de gravas, arenas y finos, pueden ser naturales o triturados (Rondón y Reyes, 2015)

- **Estabilización de base:** Mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y/o físico - químicos. (Manual de ensayos de materiales MTC, 2016 p.1041)
- **Cantera:** Fuente de materiales de donde se extraen agregados para mezclas asfálticas y de concreto, así como para mejoramientos de suelos, base y subbase granular. (Manual de carreteras, 2014 p.45)
- **Carpeta asfáltica:** Capa superior del pavimento que absorbe directamente la acción del tránsito. (Manual de ensayos de materiales MTC, 2016 p.1042)
- **Cemento asfáltico:** Material bituminoso aglomerante, de consistencia sólida, empleado para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente. (Manual de ensayos de materiales MTC, 2016 p.1175)
- **Cohesión:** Unión entre las partículas de un cuerpo, debido a la fuerza de atracción molecular.
- **Craqueo térmico:** Proceso mediante el cual las moléculas son descompuestas térmicamente en partículas más pequeñas.
- **Deformación:** Cambio en el tamaño o forma que sufre un pavimento producido por la carga de tráfico y por efectos del clima. (Manual de carreteras, 2014 p.14)
- **Comportamiento mecánico:** Comportamiento estructural o funcional estimado en su período de diseño de la carpeta asfáltica. (Manual de carreteras, 2014 p.18)
- **Emulsión asfáltica:** Producto de la adición de agua a un cemento asfáltico, es necesario incorporar un agente emulsificante para que se pueda mezclar. (Rondón y Reyes, 2015)
- **Escarificación:** Remoción de la superficie del terreno para su posterior compactación a efectos de homogenizar la superficie del terreno.
- **Escoria:** Sustancia vítrea, formada por impurezas que flota en el crisol de los altos hornos metalúrgicos.
- **Esfuerzo:** Carga aplicada a una probeta en un ensayo de tracción o compresión dividida por el área transversal de la probeta.

- **Exudación:** Presencia de película de material bituminoso sobre la superficie del pavimento, crea una superficie brillante y lisa.
- **Fresado:** Proceso mediante el cual se muele controladamente la carpeta asfáltica total o parcialmente sin dañar el material
- **Gradación:** Es la distribución del tamaño de partículas de un agregado, que se determina a través del análisis granulométrico.
- **Reciclado:** Reutilización de un material luego de haber culminado cierto periodo de vida útil que ha cumplido su finalidad inicial. (Tafur, 2005)
- **Recursos no renovables:** Recurso natural que se agotará en algún momento, no resulta ser reutilizado o producido para poder sostener su tasa de consumo.
- **Viscosidad:** Resistencia que oponen los líquidos para fluir libremente, dependiendo de la temperatura que se encuentre.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

En la presente investigación se profundiza los conocimientos adquiridos a través de ensayos en laboratorio con el fin de proponer nuevas observaciones y a través de la deducción, controlar las variables con severidad racional que comprueba resultados del ensayo de Marshall, ensayo de tracción indirecta por daño inducido por humedad y el ensayo de resistencia a la compresión simple para mezclas asfálticas. Según (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018 pag.5) refieren que la investigación utiliza procesos sistemáticos, reflexivos y empíricos en su esfuerzo de generar conocimiento, valiéndose de estrategias.

Según estas consideraciones, se aplicará el método científico con el fin de realizar el análisis para la correlación de resultados de reutilizar el material asfáltico reciclado.

3.1.2. Nivel de investigación

El presente estudio explica el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas con adición de material asfáltico reciclado, se observa el comportamiento de las variables que se respaldan en los ensayos realizados en laboratorio y corresponden al nivel explicativo porque son causales es decir según los conceptos se presenta cuando tienen efectos una variable sobre otra según (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018. p.52).

3.1.3. Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo aplicada porque resuelve el problema planteado de manera práctica y concreta utilizando conocimientos científicos de ingeniería. Al manipular los datos probatorios estructurados de los diferentes ensayos permiten la obtención

de resultados sobre el comportamiento mecánico de nuevas mezclas asfálticas en caliente con la adición de material asfáltico reciclado.

Según (Calderon, 2013 p.166), el tipo de investigación se elige en función de los objetivos, recursos y problemas que se desea plantear.

3.2. Diseño de la investigación

La presente investigación corresponde al diseño experimental puro, según (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018. p.163) refieren que la esencia de esta concepción de experimento es la manipulación de la variable independiente, siendo la posprueba necesaria para determinar los efectos de las condiciones experimentales.

Se pretende establecer experiencias a través del tratamiento en laboratorio para obtener el comportamiento de la variable independiente, donde se manipula intencionalmente el porcentaje del material asfáltico reciclado con el fin de asignar distintos valores, medir la variable dependiente utilizando dos grupos, donde uno recibe el tratamiento experimental con material asfáltico reciclado (grupo experimental) y el otro es una mezcla convencional (grupo control), en consecuencia, permiten controlar la situación experimental sobre la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente, y mediante la sistematización de los resultados se analizan y comprueban las hipótesis planteadas.

Tabla 14. Esquematización del grupo control y grupos experimentales

<i>RG</i> ₁	<i>X</i> ₁ (MAC Convencional)	<i>O</i> ₁	} Comparaciones del comportamiento mecánico
<i>RG</i> ₂	<i>X</i> ₂ (MAC - 20% RAP)	<i>O</i> ₂	
<i>RG</i> ₃	<i>X</i> ₃ (MAC - 40% RAP)	<i>O</i> ₃	
<i>RG</i> ₄	<i>X</i> ₄ (MAC - 40% RAP)	<i>O</i> ₄	

Donde:

R: Asignación al azar o aleatoria

G: Grupo de sujetos o casos

X: Condición experimental

O: Una medición de los sujetos de un grupo

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Según (Jimenez, 2002) la población es el total de las partes de las muestras que cuentan con algunas características en común en un momento determinado.

El material asfáltico reciclado obtenido de la Av. Andrés Avelino Cáceres ubicado en el Distrito Nueve de Julio de la Provincia de Concepción servirá para conformar la población del presente estudio que corresponde a la cantidad de cuerpos de prueba que se realiza para la mezcla asfáltica convencional y modificada con incorporación de material asfáltico reciclado.

3.3.2. Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico o dirigida. En donde, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018. p.176).

Se conforman cuatro grupos: El primer grupo control está conformado por 70 briquetas de mezclas asfálticas en caliente convencionales con variación en el porcentaje de líquido asfáltico. El segundo grupo control lo conforman 70 briquetas de mezclas asfálticas en caliente adicionadas con material asfáltico reciclado al 20% y con variación en los porcentajes de líquido asfáltico. El tercer grupo son 70 briquetas de mezclas asfálticas en caliente adicionadas con material reciclado al 30% y con variación en los porcentajes de líquido asfáltico y el último grupo son 70 briquetas de mezclas asfálticas en caliente adicionadas con material reciclado al 40% y con variación en los porcentajes de líquido asfáltico. En el desarrollo experimental, en los ensayos Marshall y tracción indirecta se observó 13 especímenes que no tenían un comportamiento similar a las muestras antes ensayadas, se decide elaborar 13 briquetas adicionales para cada ensayo. A continuación, en Tabla 15 se detalla la cantidad de especímenes para cada grupo control.

Tabla 15. Grupos de muestra para ensayos de laboratorio

DISEÑO MARSHALL	MUESTRA	
	Convencional	Adicionado con Mát. Reciclado
	N° Briquetas	N° Briquetas
MAC convencional con 5.0 % líquido asfáltico	14	-
MAC convencional con 5.5 % líquido asfáltico	14	-
MAC convencional con 6.0 % líquido asfáltico	14	-
MAC convencional con 6.5 % líquido asfáltico	14	-
MAC convencional con 7.0 % líquido asfáltico	14	-
MAC con 5.0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado	-	14
MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado	-	14
MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado	-	14
MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado	-	14
MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado	-	14
MAC con 5.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado	-	14
MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado	-	14
MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado	-	14
MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado	-	14
MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado	-	14
MAC con 5.0 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado	-	14
MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado	-	14
MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado	-	14
MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado	-	14
MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado	-	14
Sub Total	70	210
TOTAL		280

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica de recolección de datos

Se utiliza como técnica de recolección de datos la observación sistemática porque se elabora datos en condiciones controladas por el investigador, los ensayos realizados para medir las dimensiones de la variable independiente, posteriormente se realiza el análisis de resultados e interpretación para corroborar las hipótesis.

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Se utilizan las fichas técnicas de recolección de datos de los ensayos realizados en laboratorio, datos que posteriormente van a ser procesados bajo la normativa sobre el material asfáltico reciclado y la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente en el software Ms Excel. Según

(Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018. p.228) refieren como recurso que utiliza el investigador para registrar información sobre las variables.

3.5. Recolección de datos – parte experimental

3.5.1. Ensayos de caracterización de agregados

Los ensayos de laboratorio para la investigación se realizaron del 9 de julio al 15 de agosto de 2020.

3.5.1.1. Extracción cuantitativa de asfalto (MTC E 502)

Tiene por finalidad conocer el porcentaje de líquido asfáltico que presenta el material asfáltico reciclado. Para este ensayo se utiliza los equipos, herramientas e insumos:

- Horno que mantiene la temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Equipo extractor o centrífuga.
- Tazones y cucharón de metal.
- Papel filtro.
- Líquido Disolvente (Tricloroetileno).

Según el procedimiento:

- Se talla 5 muestras por medio de una maquina cortadora, cada muestra de 1.00 kg.
- Se calienta las muestras a 110 ± 5 °C, se registra el peso de cada uno y del papel filtro.
- Se deposita la muestra en el tazón de la centrífuga añadiéndole el líquido disolvente (Tricloroetileno), además, se coloca el papel filtro debido a que puede escapar material fino a la hora de realizar el lavado asfáltico.
- Se extrae el líquido asfáltico por medio de la centrífuga incrementando gradualmente la velocidad, seguidamente se añade tricloroetileno hasta observar que por el dren de descarga fluya el líquido disolvente de un color marrón claro.

- Una vez lavadas las muestras, se retira cuidadosamente el papel filtro y el tazón de la centrífuga para llevar a secar al horno por 16 horas, posteriormente, se registró el peso final tanto de la muestra lavada como del papel filtro y calcular el porcentaje de líquido asfáltico de la muestra.

Figura 18. Fin del lavado asfáltico



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Inicio del lavado asfáltico



Fuente: Elaboración propia

3.5.1.2. Análisis granulométrico del material reciclado (MTC E 503)

Este ensayo determina la distribución de tamaños de partículas del material obtenido después de haber realizado el lavado asfáltico de la carpeta asfáltica. Para realizar este ensayo se utilizó los siguientes equipos y herramientas:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Juego de tamices para la gradación MAC-2
- Bandejas, cepillo metálico, brocha

Para este ensayo se realizó el siguiente procedimiento:

- Registro del peso de la muestra y se vertió el material en los tamices.
- Se tamiza el material, tamiz por tamiz, se registra el peso de cada fracción retenida en cada tamiz para su posterior cálculo.

Figura 20. Proceso de tamizaje del material reciclado



Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3. Análisis granulométrico del agregado virgen fino – grueso (MTC E 204)

Determina la distribución de tamaños de las partículas del agregado fino y grueso, se utiliza los siguientes equipos y herramientas:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Juego de tamices para la gradación MAC-2
- Bandejas, cepillo metálico, brocha

Para este ensayo se realiza el siguiente procedimiento:

- Se realiza el cuarteo del agregado fino y grueso para conseguir una muestra representativa aproximada de 5 kg. de agregado grueso y 1.8 kg de agregado fino según el Manual de ensayos del MTC.
- Se registra el peso del agregado fino y grueso por separado, seguidamente se vierte el agregado en el juego de tamices.
- Se realiza el tamizaje del material, tamiz por tamiz y se registra el peso de cada fracción retenida en cada tamiz para su posterior cálculo.

Figura 21. Proceso de tamizaje del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Proceso de tamizaje del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

3.5.1.4. Gravedad específica y absorción de agregados finos (MTC E 205)

Este ensayo calcula el volumen ocupado por el agregado, en este caso, en mezclas bituminosas, también, es usado en el cálculo de vacíos en el agregado mineral (VMA).

3.5.1.5. Peso específico y absorción de agregados gruesos (MTC E 206)

La importancia de este ensayo radica en la obtención de los volúmenes que ocupará el agregado en la mezcla asfáltica para calcular los vacíos del agregado mineral (VMA).

3.5.1.6. Resistencia al desgaste por abrasión (MTC E 207)

Determinar la degradación de los agregados por medio de la abrasión, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número determinado de esferas de acero. Para este ensayo se utiliza los siguientes equipos y herramientas:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Máquina de los Ángeles
- 11 esferas de acero (gradación B)

- 2500 gr de agregado que pasa el tamiz $\frac{3}{4}$ " y retiene en el tamiz $\frac{1}{2}$ "
- 2500 gr de agregado que pasa el tamiz $\frac{1}{2}$ " y retiene en el tamiz $\frac{3}{8}$ "
- Tamiz N° 12
- Bandejas
- Para este ensayo se realizó el siguiente procedimiento:
- Registro del peso de la muestra, seguidamente se procedió a verter el material en el tambor de acero, conjuntamente con las 11 esferas de acero.
- Rotar a una velocidad de 30 a 33 rpm, por 500 vueltas.
- Retirar la muestra del tambor de acero, luego tamizar el material ensayado con el tamiz N° 12.
- Registrar el peso del material retenido en el tamiz N° 12, para luego calcular la pérdida al desgaste por abrasión.

Figura 23. Ensayo resistencia al desgaste por abrasión, Máquina de los Ángeles.



Fuente: Elaboración propia

3.5.1.7. Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (MTC E 209)

Se mide la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Para realizar este ensayo se utilizó los siguientes equipos, herramientas e insumos:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Juego de tamices
- Horno de secado
- Envases, tazones
- Solución de sulfato de sodio
- Para este ensayo se realizó el siguiente procedimiento:
- Se realiza el tamizaje de los agregados, seguidamente se procedió a lavar el agregado.
- Se llevó el agregado al horno de secado por 16 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Se introduce el agregado en la solución de sulfato de sodio durante 16 horas a temperatura 21 ± 1 °C.
- Después de la inmersión, colocar en el horno de secar y pesar el material, repetir el proceso alternado de inmersión y secado hasta obtener el número de ciclos requerido.

3.5.1.8. Porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (MTC E 210)

Mide el porcentaje de agregados que contienen partículas fracturadas con una cara de fractura o dos a más caras de fractura. Para realizar este ensayo se utilizó las siguientes herramientas:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Juego de tamices.
- Bandejas, espátula.

Para este ensayo se realizó el siguiente procedimiento:

- Tamizar el agregado con el juego de tamices, seguidamente registrar el peso retenido en cada tamiz.
- Extender la muestra en una superficie plana, luego, realizar la inspección visual de cada partícula verificando el criterio de fractura.

- Seleccionar las partículas de manera que cumplan con los requisitos de una cara de fractura o dos a más caras de fractura.
- Registrar el peso de las partículas que cumplen con el criterio de caras de fractura, para su posterior cálculo.

3.5.1.9. Partículas chatas y alargadas (MTC E 223)

Mide los porcentajes de partículas chatas y alargadas en el agregado grueso, dado que, puede inferir en la consolidación y dificultar la colocación de los materiales. Para realizar este ensayo se utiliza las siguientes herramientas:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Dispositivo calibrador proporcional.
- Juego de tamices.
- Bandejas, espátula.

Para este ensayo se realiza el procedimiento:

- Tamizar el agregado con el juego de tamices, seguidamente registrar el peso retenido en cada tamiz.
- Utilizar el calibrador para cada partícula de cada fracción según los tres grupos: chatas, alargadas o ni chatas ni alargadas.
- Clasificar en los grupos descritos anteriormente para determinar la proporción de cada grupo.

3.5.1.10. Equivalente de arena del agregado fino (MTC E 114)

La finalidad de este ensayo es verificar la limpieza del agregado fino, por medio de un índice relativo a la proporción de material. Para realizar este ensayo se utilizó los siguientes equipos, herramientas e insumos:

- Cilindro graduado, tapón de jebe, tubo irrigador.
- Horno de secado.
- Agitador mecánico o manual para equivalente de arena.

- Tamiz N° 4.
- Embudo, cronometro, papel filtro.
- Solución Stock.

Para este ensayo se realiza el siguiente procedimiento:

- Verter la muestra de ensayo en la probeta cilíndrica graduada.
- Golpear varias veces la base de la probeta para eliminar las burbujas de aire.
- Reposar la probeta cilíndrica por 10 minutos para mojar la muestra de ensayo.
- Luego se deja reposar, se quita el tapón y enjuaga con la solución stock.
- Mantener la probeta cilíndrica en posición vertical mientras se produzca el ascenso de los finos y los componentes arcillosos.
- Reposar la probeta por 20 minutos, seguidamente se mide una altura h_1 del nivel superior de la suspensión con relación a la base de la probeta, como también, la altura h_2 que es la distancia entre la cara inferior de la cabeza del pistón y la cara superior del disco.

3.5.1.11. Trituración manual del material asfáltico reciclado análisis situacional

Se realizó la trituración manual con la ayuda de una comba para lograr un tamaño nominal homogéneo para simular el proceso que realiza la máquina fresadora en campo, seguidamente se tamiza del material triturado con la malla N° $\frac{3}{4}$ " (19.05 mm) teniendo en cuenta que el material retenido en la malla N° $\frac{3}{4}$ " se eliminó para obtener un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ".

Figura 24. Proceso de tamizaje de material asfáltico reciclado.



Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Ensayos de desempeño de la mezcla asfáltica en caliente

Se emplea 5 porcentajes de líquido asfáltico 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% sobre la mezcla asfáltica. Se fabrican cuatro tipos de mezcla con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, aplicando distintos porcentajes de líquido asfáltico, estas mezclas son:

- MAC – 0% Material asfáltico reciclado “Mezcla Patrón”.
- MAC – 20% Material asfáltico reciclado.
- MAC – 40% Material asfáltico reciclado.
- MAC – 60% Material asfáltico reciclado.

Para cada tipo de mezcla, se fabrican 5 series de 14 especímenes, la serie I con 5.0% de líquido asfáltico global, la serie II con 5.5% de líquido asfáltico global, la serie III con 6.0% de líquido asfáltico global, la serie IV con 6.5% de líquido asfáltico global, la serie V con 7.0% de líquido asfáltico global, se fabricaron un total de 280 especímenes.

De cada serie de 14 especímenes se emplearán 3 especímenes para el ensayo de Estabilidad y Flujo, 2 especímenes para el ensayo Cántabro, 6 especímenes para el Ensayo de Tracción Indirecta y 3 especímenes para el ensayo de Resistencia a Compresión.

Se determina el contenido óptimo de líquido asfáltico según el análisis de los resultados del estudio experimental. El número de especímenes en los distintos ensayos se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Distribución de los especímenes fabricados en los distintos ensayos

Tipo de Mezcla	Estabilidad y Flujo	Cántabro	Tracción Indirecta		Resistencia a Compresión
			Seco	Acondicionado	
MAC - 0% Material asfáltico reciclado "Mezcla Patrón"	15	10	15	15	15
MAC - 20% Material asfáltico reciclado	15	10	15	15	15
MAC - 40% Material asfáltico reciclado	15	10	15	15	15
MAC - 60% Material asfáltico reciclado	15	10	15	15	15

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.1. Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall (MTC E 504)

La finalidad es diseñar una mezcla asfáltica para calcular sus parámetros de comportamiento que son: análisis de densidad, vacíos de aire de la mezcla (VTM), vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenados con asfalto (VFA), como también, los valores de estabilidad y flujo, resistencia a tracción indirecta y pérdida por desgaste mediante el ensayo cántabro. Para realizar estos ensayos se utilizó los siguientes equipos, herramientas e insumos:

- Molde ensamblado para especímenes.
- Extractor de especímenes.
- Martillo de compactación manual o mecánico.
- Pedestal de compactación.
- Horno, bandejas, cucharón.
- Termómetro.
- Baño de agua.
- Máquina de carga a compresión.
- Cabezal de ruptura.
- Medidor de flujo.

Se prepara la mezcla según el procedimiento:

- Para realizar el ensayo Marshall se diseña para una MAC convencional, MAC adicionado 20% de material asfáltico reciclado, MAC adicionado 40% de material asfáltico reciclado y MAC adicionado 60% de material asfáltico reciclado, variando el porcentaje de líquido asfáltico PEN 85-100 para poder llegar a 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, aclarando que el material asfáltico reciclado aporta un porcentaje de líquido asfáltico a la mezcla asfáltica, por otra parte, se trabajó con un peso global de 1200 gr. para cada variación de porcentaje de líquido asfáltico.
- Se procede al pesado del agregado grueso retenido en los tamices 3/4", 1/2", 3/8" cabe mencionar que el porcentaje de material asfáltico reciclado se adicionó a la mezcla en forma global al igual que el agregado fino.
- Se procede a calentar en el horno los moldes, los agregados debidamente pesados y el líquido asfáltico a temperatura máxima de 150 °C.
- Una vez calentado los materiales, se corrige el peso del agregado y se le incorpora el líquido asfáltico, se mezcla los agregados conjuntamente con el líquido asfáltico hasta lograr una mezcla homogénea, controlando la temperatura con la ayuda del termómetro.

Se procede a la compactación de los especímenes:

- Se coloca el molde cilíndrico en el pedestal de compactación, conjuntamente con el papel no absorbente en la base.
- Llenar la mezcla asfáltica en el molde en dos capas y chusear vigorosamente 15 veces en cada capa alrededor del perímetro del molde y 10 veces en el interior aleatoriamente. Se coloca otra pieza de papel en la parte superior de la mezcla.

- Compactar la mezcla con el martillo especificado en la norma, aplicar 75 golpes en cada cara del espécimen de acuerdo a la clase de mezcla Tipo A.
- Dejar enfriar el molde, desmoldar los especímenes con el extractor de muestras.

Figura 25. Muestras de agregado y material reciclado listas para calentarse en el horno.



Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Extracción de los especímenes



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Compactación de la mezcla asfáltica en caliente



Fuente: Elaboración propia

Se realiza el ensayo de estabilidad y flujo

- Se eligen 3 especímenes por cada subgrupo de forma aleatoria con las mismas características en porcentaje de agregado virgen, material asfáltico reciclado y líquido asfáltico.
- Se registra el peso en el aire, el peso sumergido en el agua por medio de una balanza y una canastilla de metal, seguidamente se registra el peso saturado superficialmente seco de la briqueta.
- Se colocan en baño de agua a una temperatura de 60 ± 1 °C durante un intervalo de 30 a 40 minutos.
- Retirar cada espécimen del baño de agua en un intervalo de 30 segundos uno del otro, seguidamente colocar el cabezal de ruptura en la máquina de carga a compresión.
- Se coloca el flujómetro en posición sobre las guías y se ajusta a cero. Se le aplica la carga a una velocidad constante de 50 mm/min, registrando la carga máxima y la lectura del flujómetro.

Figura 28. Especímenes en el baño de agua



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Ensayo de estabilidad y flujo del espécimen



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2. Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad (MTC E 522)

Se evalúa la susceptibilidad de las mezclas asfálticas compactadas a largo plazo, utilizando la prueba de tracción indirecta. Este ensayo mide el cambio de resistencia a la tensión diametral debido a la saturación del agua y acondicionamiento en agua acelerado con un ciclo de congelamiento – deshielo.

Se utiliza los siguientes equipos y herramientas:

- Baño de agua.

- Congeladora.
- Máquina de carga a compresión.
- Mordaza Lottman.
- Calibrador Bernier.

Para este ensayo se realizó el siguiente procedimiento:

- La preparación de la muestra y compactación de los especímenes se realizó al igual que para el ensayo de resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall (MTC E 504).
- Se registró la altura y diámetro de los especímenes con la ayuda del calibrador Bernier.
- Se divide en dos subgrupos a los especímenes, un subgrupo seco (S1) y el otro acondicionado (S2), en cada subgrupo hubo 3 especímenes.
- El subgrupo seco (S1) fue colocado cada uno en una bolsa de plástico a prueba de goteo, seguidamente se coloca en el baño de agua a una temperatura de 25 ± 0.5 °C por 2 horas \pm 10 minutos. Se retira cada espécimen y se coloca en la mordaza Lottman, se pone en la máquina de carga a compresión y se aplica carga a una razón constante de 50 mm/min hasta que presente una fisura vertical en el espécimen.
- Se registra el esfuerzo a compresión máximo en la máquina de ensayo y se verifica visualmente si hay o no agregados fisurados o fracturados, para estimar el grado aproximado del daño por la humedad en una escala de 0 a 5.

Figura 30. Subgrupo seco sumergido en el baño con agua a 25°C.



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Subgrupo seco ensayado con la mordaza Lottman en la máquina de carga a compresión



Fuente: Elaboración propia

- El subgrupo acondicionado (S2) fue colocado cada uno en una bolsa de plástico con 10 ± 0.5 ml de agua, seguidamente se sella la bolsa. Se coloca la bolsa conteniendo el espécimen en la congeladora a -18 ± 3 °C mínimo por 16 horas.
- Se remueve los especímenes de la congeladora y se coloca en un baño con agua a 60 ± 1 °C por 24 ± 1 horas.

Tan pronto de haber culminado las 24 horas, remover la bolsa plástica de cada espécimen y colocar en un baño de agua a 25 ± 0.5 °C horas por 2 horas \pm 10 minutos.

- Se retiran los especímenes del baño de agua y se colocan en la mordaza Lottman, en la máquina de carga a compresión y se aplica la carga a una razón constante de 50 mm/min hasta que presente fisura vertical en el espécimen.
- Se registra el esfuerzo a compresión máximo conseguido en la máquina de ensayo y se verifica visualmente si hay o no agregados fisurados o fracturados, se estima el grado de daño por humedad en una escala de 0 a 5.

Figura 32. Subgrupo acondicionado colocado en la congeladora a -18°C.



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Subgrupo acondicionado ensayado con la mordaza Lottman en la máquina de carga a compresión



Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Fractura y desprendimiento de los agregados



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.3. Resistencia a compresión simple de mezclas asfálticas (MTC E 513)

Mide la resistencia a la compresión de mezclas bituminosas compactadas, que contribuyen a la caracterización de la mezcla asfáltica que determina su conformidad por el uso bajo las condiciones de carga, material y del medio ambiente. Para realizar este ensayo se utilizó los siguientes equipos y herramientas.

- Moldes cilíndricos de diámetro de 101.6 y altura de 101.6 mm.
- Pistón.
- Máquina de carga a compresión.
- Horno, bandejas, cucharón.
- Termómetro.
- Baño de agua.

Se prepara la mezcla según el procedimiento:

- Para realizar el ensayo a compresión simple se diseñó para una MAC convencional, MAC adicionado 20% de material asfáltico reciclado, MAC adicionado 40% de material asfáltico reciclado y MAC adicionado 60% de material asfáltico reciclado, variando el porcentaje de líquido asfáltico PEN 85-100 para llegar a 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, aclarando que el material asfáltico reciclado aporta un porcentaje de líquido asfáltico a la mezcla asfáltica, por otra parte, se trabajó con un peso global de 1875 gr. para cada variación de porcentaje de líquido asfáltico.
- Se procede al pesado del agregado grueso retenido en los tamices 3/4", 1/2", 3/8", el porcentaje de material asfáltico reciclado se adicionó a la mezcla en forma global al igual que el agregado fino.
- Se procede a calentar en el horno los moldes, los agregados debidamente pesados y el líquido asfáltico, a una temperatura máxima de 150 °C.
- Una vez calentado los materiales, se corrige el peso del agregado e incorpora el líquido asfáltico, se comienza a mezclar los agregados conjuntamente con el líquido asfáltico logrando una mezcla homogénea, controlando la temperatura con la ayuda del termómetro.

Se compacta los especímenes:

- Llenar la mezcla asfáltica en el molde en dos capas y apisonar vigorosamente 15 veces en cada capa alrededor del perímetro del molde y 10 veces en el interior aleatoriamente. Se coloca otra pieza de papel en la parte superior de la mezcla.
- A continuación se coloca el pistón superior y se aplica una carga de 1 Mpa (10 Kgf/cm²) en la máquina de carga a compresión, la compactación definitiva es mediante la aplicación de una carga creciente, a una velocidad constante hasta alcanzar un tiempo de 2 a 3 minutos una presión máxima de 21 Mpa (210 Kgf/cm²) manteniendo esta presión durante 2 minutos, esta presión representa una carga de unos 17350 Kgf.
- Dejar enfriar el molde, seguidamente desmoldar los especímenes con el extractor de muestras.
- Colocar los especímenes en el baño de agua a una temperatura de 25 ± 1 °C durante un tiempo de 4 horas.
- Retirar cada espécimen del baño de agua en un intervalo de 30 segundos uno del otro, seguidamente colocar el espécimen en la máquina de carga a compresión y someter a compresión axial sin soporte lateral a velocidad constante de 5.08 mm/min.
- Registrar la resistencia a la compresión máxima.

Figura 35. Compactación de la mezcla con una carga de 17350 kgf.



Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Espécimen ensayado en la máquina de carga a compresión



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.4. Ensayo cántabro de pérdida por desgaste (MTC E 515)

Medir el valor de la pérdida por desgaste de las mezclas asfálticas utilizando la máquina de los Ángeles. Este ensayo estima directamente la cohesión, trabazón, resistencia a la disgregación de la mezcla, ante los efectos abrasivos y de succión ocasionados por el tráfico vehicular. Para realizar este ensayo se utilizó los siguientes equipos y herramientas.

- Máquina de los Ángeles.
- Termómetro.
- Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- bandejas, recipientes, espátulas.
- Para este ensayo se realizó el procedimiento:
- La preparación de la muestra y compactación de los especímenes se realizó al igual que para el ensayo de resistencia de mezclas bituminosas utilizando el aparato Marshall (MTC E 504).
- La temperatura de ensayo generalmente puede estar en un rango 15 a 30 °C
- Se registra el peso de cada espécimen antes de ensayarlas, se introduce en el tambor de acero, sin la carga abrasiva de las esferas de acero, se gira el tambor de 30 a 33 rpm, durante 300 vueltas.
- Se retira el espécimen del tambor, registrando el peso final.

Figura 37. Especimen después de ser ensayado



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Espécimen antes de ser ensayado



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Según la información certificada que se obtiene de los ensayos realizados en laboratorio, para producir una mezcla asfáltica en caliente óptima con la adición de 20%, 40% y 60% de material asfáltico reciclado proveniente de la Av. Andrés Avelino Cáceres, Distrito Nueve de Julio, Provincia de Concepción. Utilicé agregado virgen (fino, grueso) proveniente de la cantera Rio Seco del distrito de Apata, Provincia de Jauja para buscar un mejor o igual comportamiento mecánico en comparación con las mezclas asfálticas convencionales, en el proceso se utiliza el mayor porcentaje de material asfáltico reciclado en una nueva mezcla asfáltica en caliente para cumplir con las especificaciones técnicas establecidas.

4.1.1. Material asfáltico reciclado

4.1.1.1. Extracción cuantitativa de asfalto (MTC E 502)

La Tabla 17 presenta el porcentaje de líquido asfáltico recuperado de la carpeta asfáltica de la Av. Andrés Avelino Cáceres.

Tabla 17. Resultados del porcentaje de contenido de Asfalto del material asfáltico reciclado.

MUESTRA N°	1	2	3	4	5
Peso Inicial (g)	: 1020.90	1015.30	984.10	990.10	1006.40
Peso Papel Filtro Limpio (g)	: 21.70	23.60	23.80	21.30	22.80
Peso Seco Lavado (g)	: 959.00	954.50	920.30	928.20	943.30
Peso Papel Filtro con Partículas (g)	: 25.00	26.80	28.20	25.90	27.10
Peso Seco Total (g)	: 962.30	957.70	924.70	932.80	947.60
Peso Asfalto (g)	: 58.60	57.60	59.40	57.30	58.80
% de Líquido Asfáltico	: 5.74%	5.67%	6.04%	5.79%	5.84%
% de Líquido Asfáltico Promedio	: 5.82%				

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

Se promedia el contenido de asfalto de las 5 muestras ensayadas, esto significa que la carpeta asfáltica reciclada presenta en la actualidad un contenido de asfalto de 5.82%, se

ahorrará cemento asfáltico en el nuevo diseño de mezcla en caliente con la adición de material asfáltico reciclado.

Se determina el porcentaje de cemento asfáltico exacto, luego de calcular el porcentaje de cemento asfáltico óptimo para cada diseño de mezcla con las variaciones de 20%, 40%, 60% de material asfáltico reciclado.

4.1.1.2. Análisis granulométrico del material reciclado (MTC E 503)

La Tabla 18 presenta el análisis granulométrico de la muestra N° 1 del material asfáltico reciclado, es necesario reiterar que, para realizar este ensayo necesariamente se tuvo que extraer el porcentaje de cemento asfáltico con el ensayo anterior (MTC E 502).

El análisis granulométrico de las muestras es según gradación MAC-2, por el tipo de gradación de mezcla asfáltica usado en la Av. Andrés A. Cáceres.

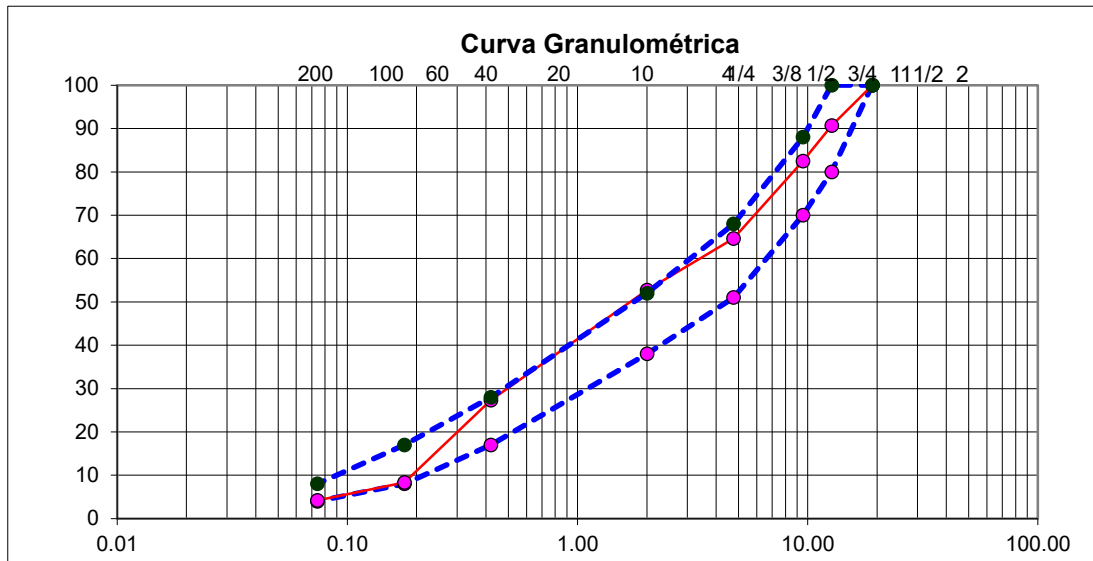
La Tabla 18 presenta resultados del análisis granulométrico de la muestra N° 1 del material asfáltico reciclado.

Tabla 18. Análisis granulométrico de la muestra N° 1 del material asfáltico reciclado.

Granulometría de la muestra N° 1								
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	%			Especificación Técnica		
			Rét. Parcial	Rét. Acumulado	Acum. que pasa			
MAC 2								
3/4"	19.050	-	-	-	100	100	-	100
1/2"	12.700	112.40	11.68	11.68	88.32	80	-	100
3/8"	9.525	80.20	8.33	20.01	79.99	70	-	88
Nro. 4	4.760	188.10	19.55	39.56	60.44	51	-	68
Nro. 10	2.000	112.50	11.69	51.25	48.75	38	-	52
Nro. 40	0.420	224.40	23.32	74.57	25.43	17	-	28
Nro. 80	0.177	163.80	17.02	91.59	8.41	8	-	17
Nro. 200	0.074	34.20	3.55	95.15	4.85	4	-	8
< Nro. 200		46.70	4.85	100.00				

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

Figura 39. Curva granulométrica de la muestra N° 1 del material asfáltico reciclado.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

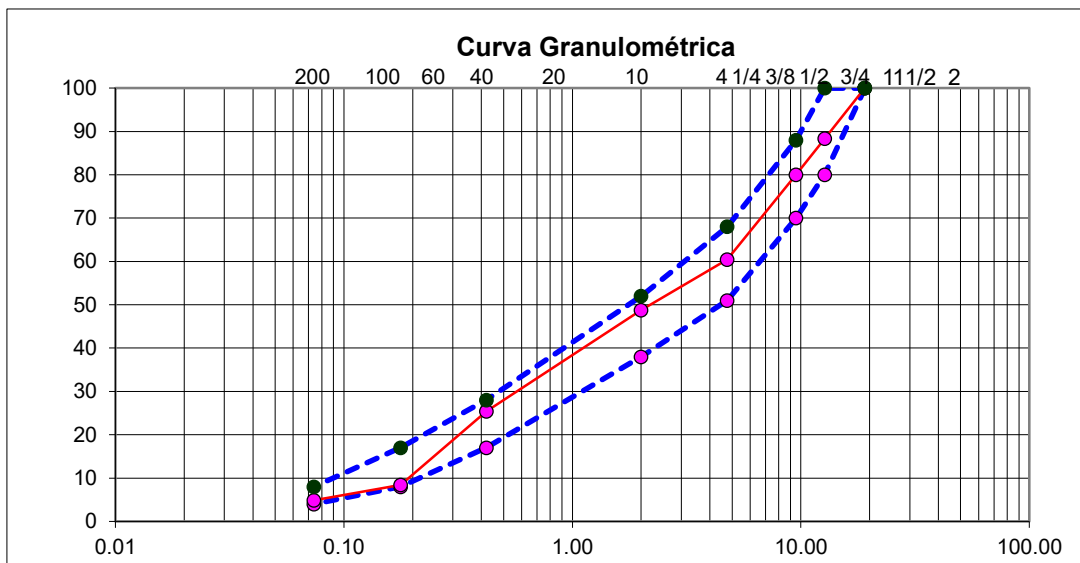
La Tabla 19 presenta resultados del análisis granulométrico de la muestra N° 2 del material asfáltico reciclado.

Tabla 19. Análisis granulométrico de la muestra N° 2 del material asfáltico reciclado.

Granulometría de la muestra N° 2						
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	%			Especificación Técnica MAC 2
			Rét. Parcial	Rét. Acumulado	Acum. que pasa	
3/4"	19.050	-	-	-	100	100 - 100
1/2"	12.700	89.10	9.3	9.3	90.7	80 - 100
3/8"	9.525	78.90	8.2	17.5	82.5	70 - 88
Nro. 4	4.760	170.80	17.83	35.38	64.62	51 - 68
Nro. 10	2.000	114.30	11.93	47.31	52.69	38 - 52
Nro. 40	0.420	242.90	25.36	72.67	27.33	17 - 28
Nro. 80	0.177	182.00	19.00	91.68	8.32	8 - 17
Nro. 200	0.074	39.60	4.13	95.81	4.19	4 - 8
< Nro. 200		40.10	4.19	100.00		

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

Figura 40. Curva granulométrica de la muestra N° 2 del material asfáltico reciclado.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

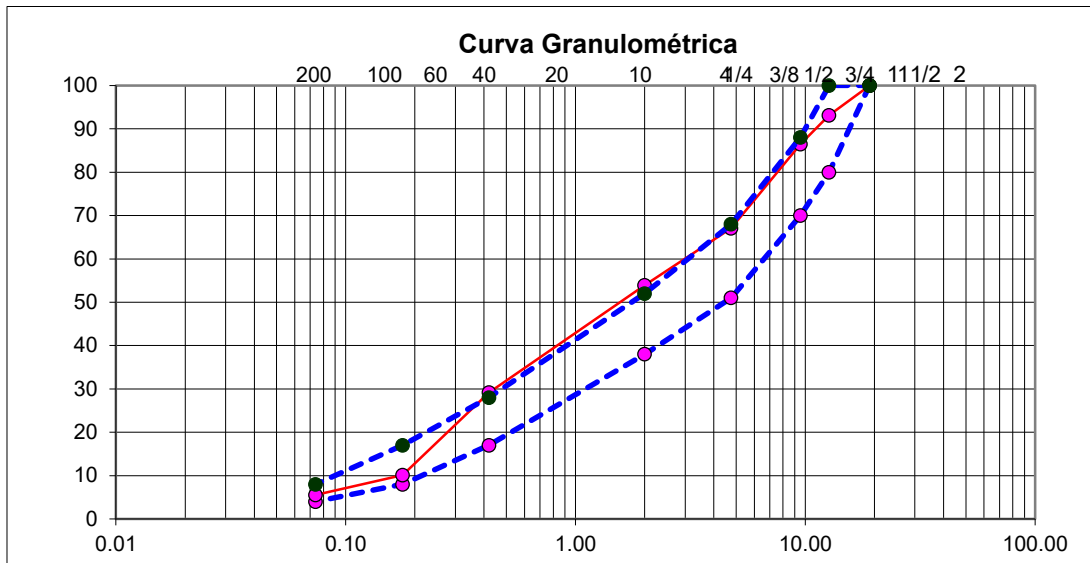
La Tabla 20 muestra resultados del análisis granulométrico de la muestra N° 3 del material asfáltico reciclado.

Tabla 20. Análisis granulométrico de la muestra N° 3 del material asfáltico reciclado

Granulometría de la muestra N° 3						
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	%			Especificación Técnica MAC 2
			Rét. Parcial	Rét. Acumulado	Acum. que pasa	
3/4"	19.050	-	-	-	100	100 - 100
1/2"	12.700	63.40	6.9	6.9	93.1	80 - 100
3/8"	9.525	61.40	6.6	13.5	86.5	70 - 88
Nro. 4	4.760	179.50	19.41	32.91	67.09	51 - 68
Nro. 10	2.000	122.20	13.22	46.12	53.88	38 - 52
Nro. 40	0.420	228.30	24.69	70.81	29.19	17 - 28
Nro. 80	0.177	176.50	19.09	89.90	10.10	8 - 17
Nro. 200	0.074	42.20	4.56	94.46	5.54	4 - 8
< Nro. 200		51.20	5.54	100.00		

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

Figura 41. Curva granulométrica de la muestra N° 3 del material asfáltico reciclado.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

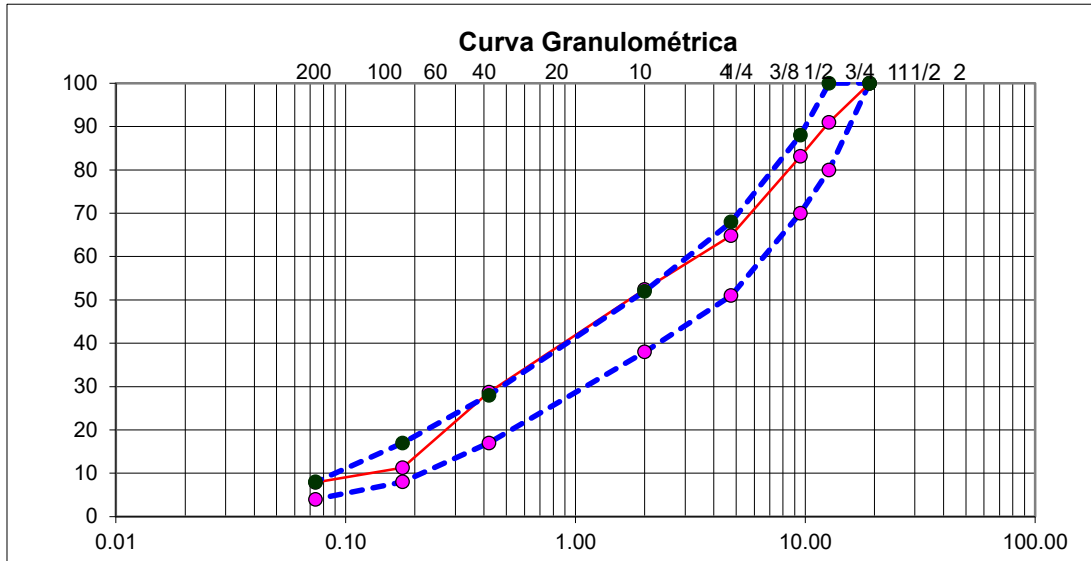
La Tabla 21 muestra el análisis granulométrico de la muestra N° 4 del material asfáltico reciclado.

Tabla 21. Análisis granulométrico de la muestra N° 4 del material asfáltico reciclado.

Granulometría de la muestra N° 4								
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	%			Especificación Técnica		
			Rét. Parcial	Rét. Acumulado	Acum. que pasa	MAC 2		
3/4"	19.050	-	-	-	100	100	-	100
1/2"	12.700	84.10	9.0	9.0	91.0	80	-	100
3/8"	9.525	72.90	7.8	16.8	83.2	70	-	88
Nro. 4	4.760	170.80	18.31	35.14	64.86	51	-	68
Nro. 10	2.000	116.30	12.47	47.61	52.39	38	-	52
Nro. 40	0.420	221.00	23.69	71.30	28.70	17	-	28
Nro. 80	0.177	162.70	17.44	88.74	11.26	8	-	17
Nro. 200	0.074	31.20	3.34	92.09	7.91	4	-	8
< Nro. 200		73.80	7.91	100.00				

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 42. Curva granulométrica de la muestra N° 4 del material asfáltico reciclado.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

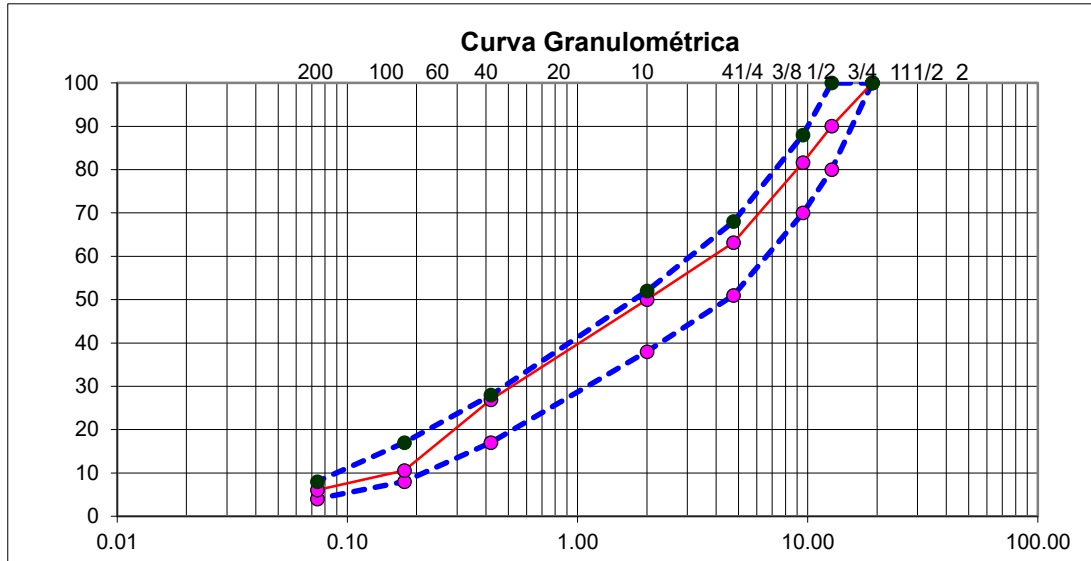
La Tabla 22 presenta resultados del análisis granulométrico de la muestra N° 5 del material asfáltico reciclado.

Tabla 22. Análisis granulométrico de la muestra N° 5 del material asfáltico reciclado.

Granulometría de la muestra N° 5						
Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	%			Especificación Técnica MAC 2
			Rét. Parcial	Rét. Acumulado	Acum. que pasa	
3/4"	19.050	-	-	-	100	100 - 100
1/2"	12.700	94.20	9.9	9.9	90.1	80 - 100
3/8"	9.525	80.20	8.5	18.4	81.6	70 - 88
Nro. 4	4.760	174.50	18.41	36.82	63.18	51 - 68
Nro. 10	2.000	124.80	13.17	49.99	50.01	38 - 52
Nro. 40	0.420	218.70	23.08	73.07	26.93	17 - 28
Nro. 80	0.177	154.80	16.34	89.40	10.60	8 - 17
Nro. 200	0.074	42.80	4.52	93.92	6.08	4 - 8
< Nro. 200		57.60	6.08	100.00		

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 43. Curva granulométrica de la muestra N° 5 del material asfáltico reciclado.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

Los resultados mostrados en las Figuras 39, 40, 41, 42 y 43, indican curvas granulométricas similares y próximas al máximo permitido. Por lo tanto, la cantidad de finos en el tamiz N°10 y N°40 está en el límite permitido, no obstante, se tratará de mejorar la gradación con la ayuda de agregado pétreo virgen.

4.1.2. Agregado pétreo virgen de adición

El agregado pétreo virgen de adición fue combinado con el material asfáltico reciclado para obtener una correcta gradación dentro de la especificación técnica de huso granulométrico MAC-2. Para esto se necesita conocer la gradación del agregado virgen fino y grueso, y demostrar la buena calidad del agregado virgen mediante ensayos físico mecánicos.

4.1.2.1. Análisis granulométrico del agregado virgen grueso

El agregado grueso virgen presenta la siguiente gradación:

Tabla 23. Análisis Granulométrico del agregado virgen grueso.

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)			%		
					Retenido Total	Retenido Acum.	Acum. que Pasa
		M-1	M-2	M-3			
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	100
1/2"	12.700	1984.2	1894.3	1776.2	35.00	35.00	65.00
3/8"	9.525	1958.0	1955.0	1863.7	35.77	70.77	29.23
Nro. 4	4.760	1438.8	1445.9	1634.3	28.00	98.77	1.23
Nro. 10	2.000	0.0	0.0	0.0	0.00	98.77	1.23
Nro. 40	0.420	0.0	0.0	0.0	0.00	98.77	1.23
Nro. 80	0.177	0.0	0.0	0.0	0.00	98.77	1.23
Nro. 200	0.074	0.0	0.0	0.0	0.00	98.77	1.23
Fondo		69.2	67.4	62.2	1.23	100.00	0.00
Total		5450.2	5362.6	5336.4			

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

4.1.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO VIRGEN FINO

El agregado fino virgen presenta la siguiente gradación:

Tabla 24. Análisis granulométrico del agregado virgen fino.

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)			%		
					Retenido Total	Retenido Acum.	Acum. que Pasa
		M-1	M-2	M-3			
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	100
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	100.00
Nro. 4	4.760	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	100.00
Nro. 10	2.000	673.3	591.4	624.1	35.60	35.60	64.40
Nro. 40	0.420	682.4	625.4	666.1	37.23	72.84	27.16
Nro. 80	0.177	257.0	221.7	241.5	13.57	86.41	13.59
Nro. 200	0.074	121.1	140.3	164.5	8.06	94.46	5.54
Fondo		108.1	107.9	77.0	5.54	100.00	0.00
Total		1841.9	1686.7	1773.2			

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

4.1.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO VIRGEN

La Tabla 25 presenta las características físicas del agregado grueso virgen. Los resultados indican las características físicas de agregado grueso virgen, que cumple los requerimientos establecidos en el Manual de Especificaciones Técnicas para Construcción EG 2013.

Tabla 25. Características físicas del agregado grueso virgen.

Ensayo	Norma MTC	Resultado	Requerimiento	Criterio de Aceptación
Absorción (*)	MTC E 206	0.8%	1% máx.	Cumple
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	17.0%	25% máx.	Cumple
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	3.88%	18% máx.	Cumple
Caras Fracturadas	MTC E 210	98%/92%	90%/70%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 223	2.9%	10% máx.	Cumple
Adherencia	MTC E 517	98%	> 95%	Cumple

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia

4.1.2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO FINO VIRGEN

La Tabla 26 presenta las características físicas del agregado fino virgen.

Tabla 26. Características físicas del agregado fino virgen.

Ensayo	Norma MTC	Resultado	Requerimiento	Criterio de Aceptación
Absorción (*)	MTC E 206	1.6%	0.5% máx.	No Cumple
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	7.18%	18% máx.	Cumple
Índice de Plasticidad (Tamiz N° 40)	MTC E 111	N.P.	N.P.	Cumple
Equivalente de Arena	MTC E 114	71.90%	70% mín.	Cumple

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Se muestra las características físicas de agregado fino virgen, que cumplen con lo establecido en el Manual de Especificaciones Técnicas para Construcción EG 2013, a excepción del porcentaje de absorción, por lo que, permite la norma excepcionalmente utilizar el agregado que aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

4.1.3. Diseño de mezcla asfáltica convencional “mezcla patrón”

La Tabla 27 muestra de forma esquemática el porcentaje de agregados, filler y líquido asfáltico de cada espécimen fabricado en laboratorio de pavimentos.

Tabla 27. Porcentaje de combinación de agregados y líquido asfáltico

MAC - 0% Material Asfáltico Reciclado "Mezcla Patrón"		
	Porcentaje	Peso (g)
Agregado Grueso	35.0%	420.0
Agregado Fino	64.0%	768.0
Filler (Cal Hidratada)	1.0%	12.0
Material Asfáltico Reciclado	0.0%	0.0
	5.00%	60.0
	5.50%	66.0
Líquido Asfáltico	6.00%	72.0
	6.50%	78.0
	7.00%	84.0

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

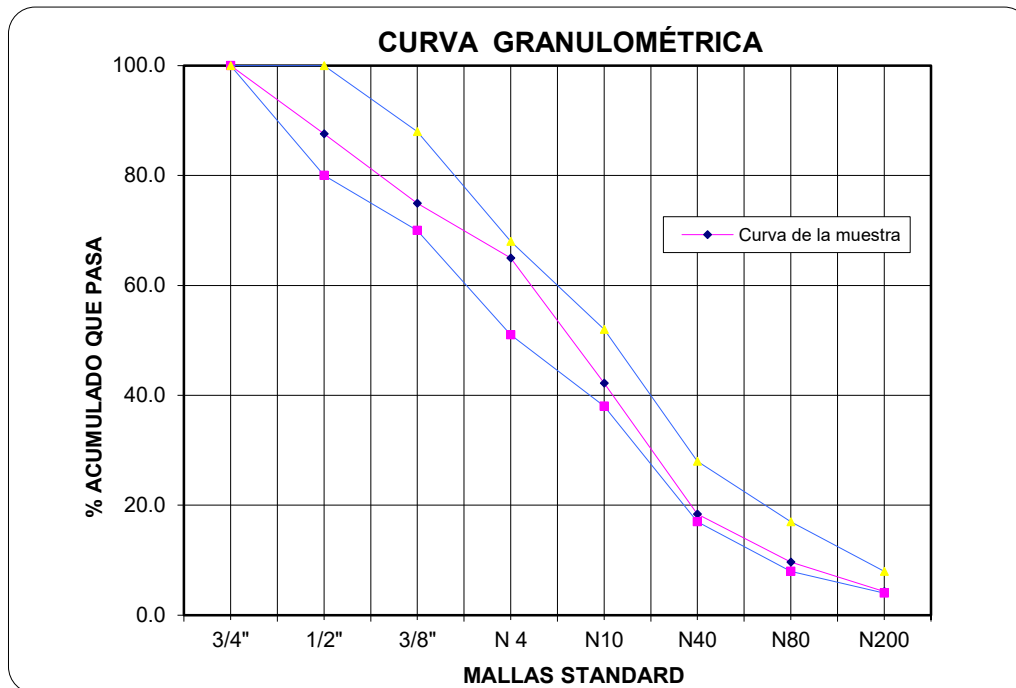
La Tabla 28 y Figura 44 presentan la gradación combinada dentro del huso granulométrico MAC-2 y la curva granulométrica respectivamente.

Tabla 28. Gradación combinada de agregados de la mezcla patrón

Nro. Malla	Porcentaje que pasa (%)			TOTAL	Especificaciones MAC-2	
	Agregado Grueso	Agregado Fino	Filler (Cal Hidratada)		Lím. Inf.	Lím. Sup.
	35%	64%	1%	100%		
3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	64.6	100.0	100.0	87.6	80	100
3/8"	28.3	100.0	100.0	74.9	70	88
Nro. 4	0.0	100.0	100.0	65.0	51	68
Nro. 10	0.0	64.4	100.0	42.2	38	52
Nro. 40	0.0	27.2	100.0	18.4	17	28
Nro. 80	0.0	13.6	93.9	9.6	8	17
Nro. 200	0.0	5.5	78.8	4.3	4	8

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 44. Curva granulométrica de la combinación de agregados de la MAC – 0% Material asfáltico Reciclado “Mezcla Patrón”



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

4.1.3.1. ENSAYO MARSHALL (MTC E 504)

La metodología de diseño utilizada pertenece a la sección MTC E 504 que obtiene los parámetros Marshall para determinar el contenido óptimo de líquido asfáltico en la mezcla asfáltica.

Para determinar el contenido óptimo de líquido asfáltico se elaboran mezclas con 5 contenidos de líquido asfáltico diferentes (ver Tabla 27). Los parámetros Marshall para cada contenido de líquido asfáltico, se obtienen promediando los resultados de 3 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato de ensayo Marshall en el anexo 2.1)

A continuación, se muestra resultados del diseño Marshall de la mezcla asfáltica convencional.

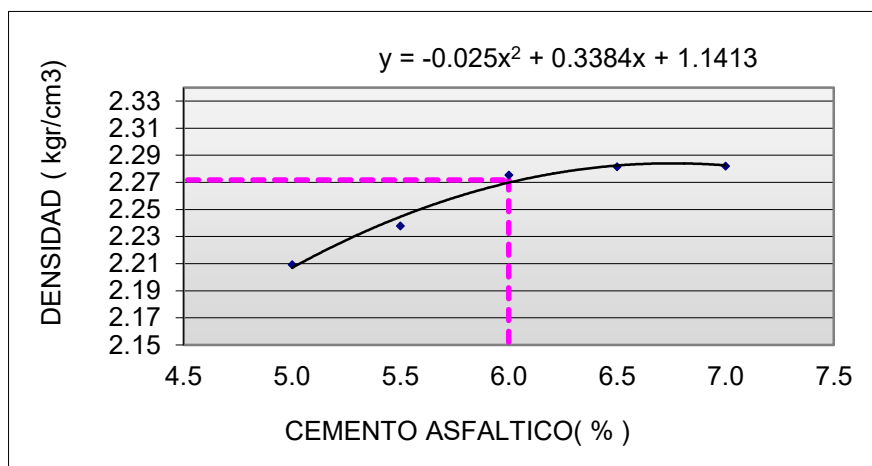
Tabla 29. Resultados del diseño Marshall de la MAC - 0% material asfáltico reciclado “Mezcla Patrón”

Parámetros Marshall						
Datos	Unidad	% Líquido Asfáltico				
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Densidad	kg/cm ³	2.21	2.24	2.28	2.28	2.28
Vacíos Aire VTM	%	8.9	7.1	4.8	3.9	3.2
Vacíos Agregado Mineral VMA	%	18.5	17.9	17.0	17.2	17.6
Vacíos Llenos de Asfalto VFA	%	51.9	60.6	71.6	77.5	82.0
Flujo	mm	3.39	3.73	3.81	4.23	5.16
Estabilidad Corregida	kg	1177	1049	976	844	818
Rigidez	kg/cm	3485	2818	2579	1996	1588

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

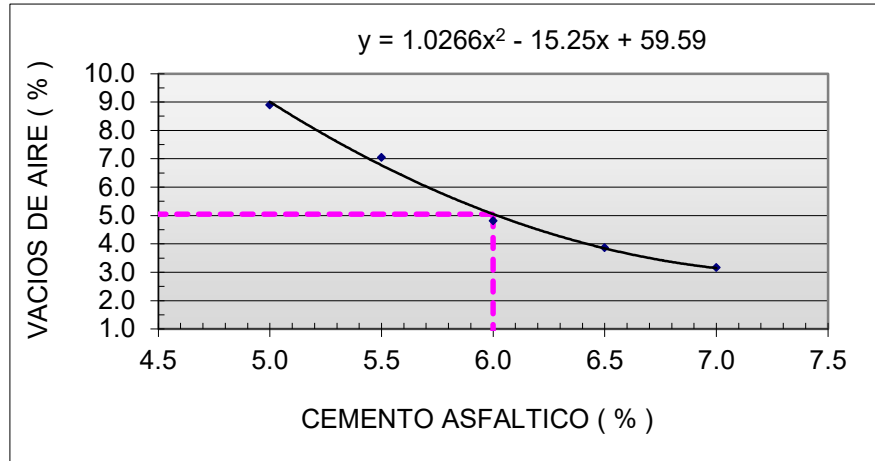
Según los resultados del diseño de la mezcla patrón se realizó gráficos de Densidad, VTM, VMA, VFA, Flujo, Estabilidad y la Rigidez, los cuales se muestran en las Figuras 45, 46, 47, 48, 49 y 50.

Figura 45. Variación de la densidad, respecto al % Líquido Asfáltico.



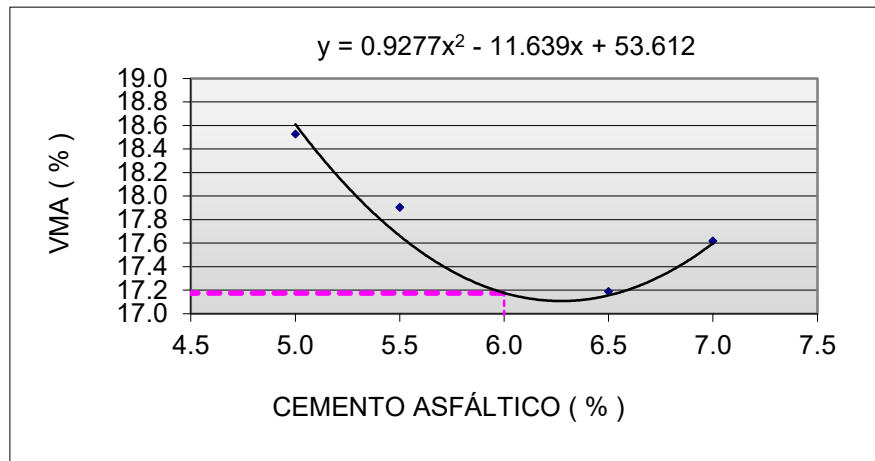
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 46. Variación del % vacíos de aire respecto al % Líquido Asfáltico.



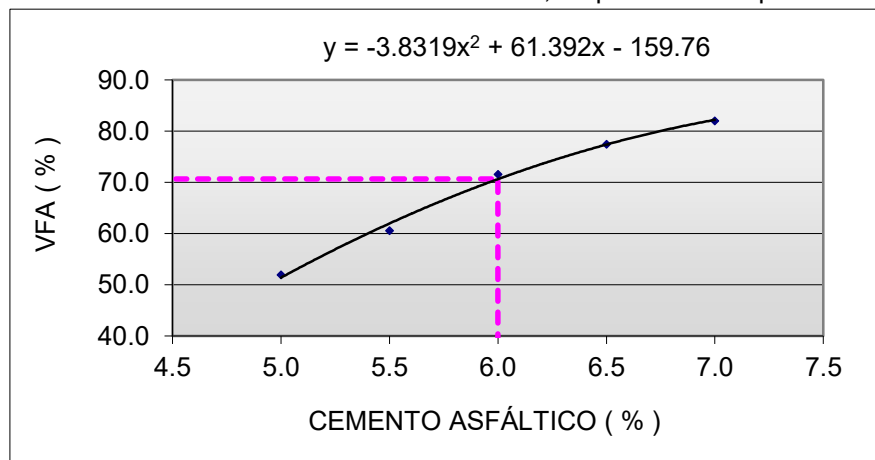
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 47. Variación del % Vacíos del Agregado Mineral, respecto al % Líquido Asfáltico.



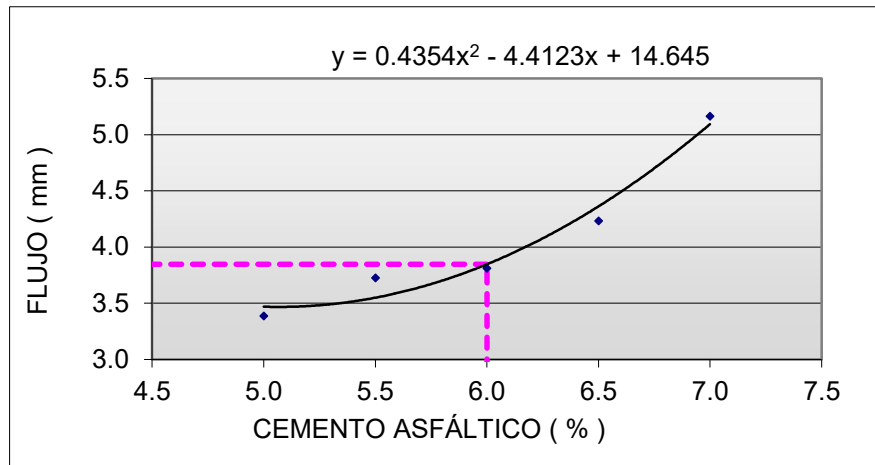
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 48. Variación del % Vacíos Llenos de Asfalto, respecto al % Líquido Asfáltico.



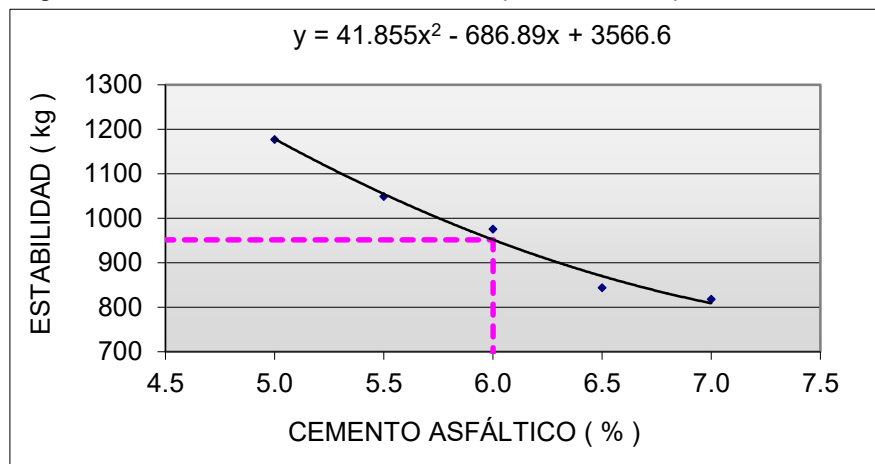
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 49. Variación del Flujo respecto, al % Líquido Asfáltico.



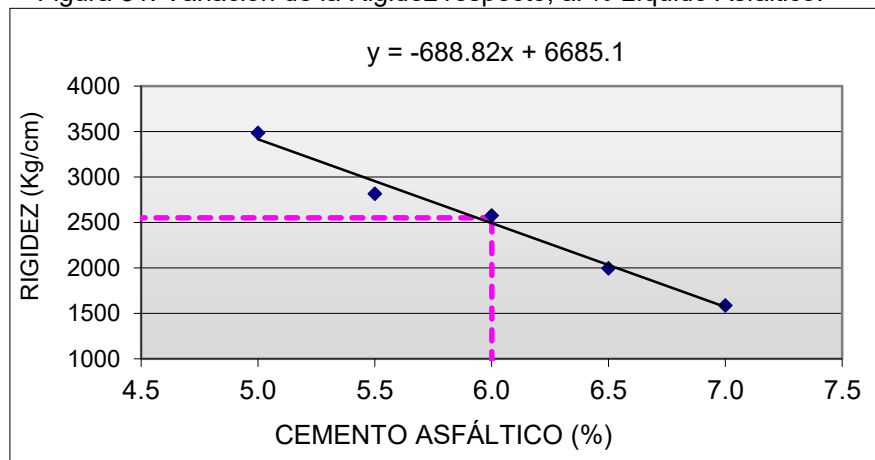
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 50. Variación de la Estabilidad respecto, al % Líquido Asfáltico.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 51. Variación de la Rigidez respecto, al % Líquido Asfáltico.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

4.1.3.2. ENSAYO CÁNTABRO DE PÉRDIDA POR DESGASTE (MTC E 515)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 515 – Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste, que estima la cohesión, trabazón, resistencia a la disgregación ante efectos abrasivos propios del tráfico.

El Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” sólo especifica el máximo porcentaje de pérdida por desgaste para mezclas bituminosas abiertas; más no, para mezclas asfálticas en caliente convencionales. Sin embargo, este ensayo nos da una referencia del comportamiento de las mezclas asfálticas frente a los efectos abrasivos que ocasiona el tráfico vehicular.

La pérdida por desgaste se determinó para cada contenido de líquido asfáltico, promediamos los resultados de 2 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato ensayo Cántabro en el anexo 2.1).

Los resultados del ensayo Cántabro son:

Tabla 30. Resultados del ensayo Cántabro de la MAC - 0% material asfáltico reciclado “Mezcla Patrón”.

Datos	Cántabro				
	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Pérdida por desgaste	10.2%	10.4%	6.7%	4.1%	2.9%

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.3.3. ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA (MTC E 522)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 522 – Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad, mediante este ensayo es posible medir el cambio de resistencia a la tensión diametral debido a la

saturación del agua y su acondicionamiento en agua acelerado con un ciclo de congelamiento – deshielo.

La resistencia a la tensión diametral se determinó para dos (02) subgrupos, un subgrupo seco (S1) y el segundo subgrupo acondicionado (S2), cada subgrupo con diferente contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 3 especímenes de cada subgrupo cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato ensayo de Tracción indirecta en el anexo 2.1).

Los resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la mezcla asfáltica convencional son:

Tabla 31. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 0% Material asfáltico reciclado “Mezcla Patrón”.

Tracción Indirecta						
Datos	Unidad	% Líquido Asfáltico				
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Resistencia Vía Seca (S1)	kpa	584	558	522	444	454
Resistencia Vía Húmeda (S2)	kpa	523	489	467	406	427
Resistencia Retenida	%	89.5	87.7	89.4	91.4	94.1

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia

4.1.3.4. ENSAYO RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MTC E 513)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 513 – Resistencia a Compresión Simple de mezclas asfálticas, determina la resistencia a compresión de mezclas bituminosas, puede ser un factor que determina conformidad por su uso, bajo condiciones de carga, tipo de material y factores climáticos.

La Resistencia a Compresión Simple se determinó para cada contenido de líquido asfáltico, promediamos los resultados de 3 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la mezcla asfáltica convencional en el anexo 2.1).

Los resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la mezcla asfáltica convencional son:

Tabla 32. Resultados del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 0% Material asfáltico reciclado “Mezcla Patrón”.

Resistencia a compresión simple							
Datos	Unidad	Muestra N°	% Líquido Asfáltico				
			5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Carga	kg	1	1700	2280	2970	2490	2860
		2	1490	2140	2420	2250	2940
		3	1410	2010	2790	2670	2780
Diámetro	cm	1	10.29	10.22	10.20	10.21	10.19
		2	10.25	10.23	10.23	10.24	10.19
		3	10.28	10.18	10.18	10.29	10.22
Resistencia a Compresión Simple	Mpa	1	2.00	2.73	3.56	2.98	3.44
		2	1.77	2.55	2.89	2.68	3.54
		3	1.67	2.42	3.36	3.15	3.32
Resistencia a Compresión Simple Promedio	Mpa		1.81	2.57	3.27	2.94	3.43

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

4.1.4. Diseño de mezcla asfáltica - 20% material asfáltico reciclado

La Tabla 32 presenta de forma esquemática el porcentaje de adición de agregados, filler, material asfáltico reciclado y el contenido de líquido asfáltico de cada una de los especímenes que se fabricaron en el laboratorio de pavimentos. Cabe señalar que el 20% de material asfáltico reciclado, aporta aproximadamente 1.16% de líquido asfáltico a la mezcla.

Tabla 33. Porcentaje de combinación de agregados y líquido asfáltico, MAC – 20% Material asfáltico Reciclado.

MAC - 20% Material Asfáltico Reciclado		
	Porcentaje	Peso (g)
Agregado Grueso	30.0%	360.0
Agregado Fino	49.0%	588.0
Filler (Cal Hidratada)	1.0%	12.0
Material Asfáltico Reciclado	20.0%	240.0
	3.84%	46.1
	4.34%	52.1
Líquido Asfáltico Nuevo	4.84%	58.1
	5.34%	64.1
	5.84%	70.1

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

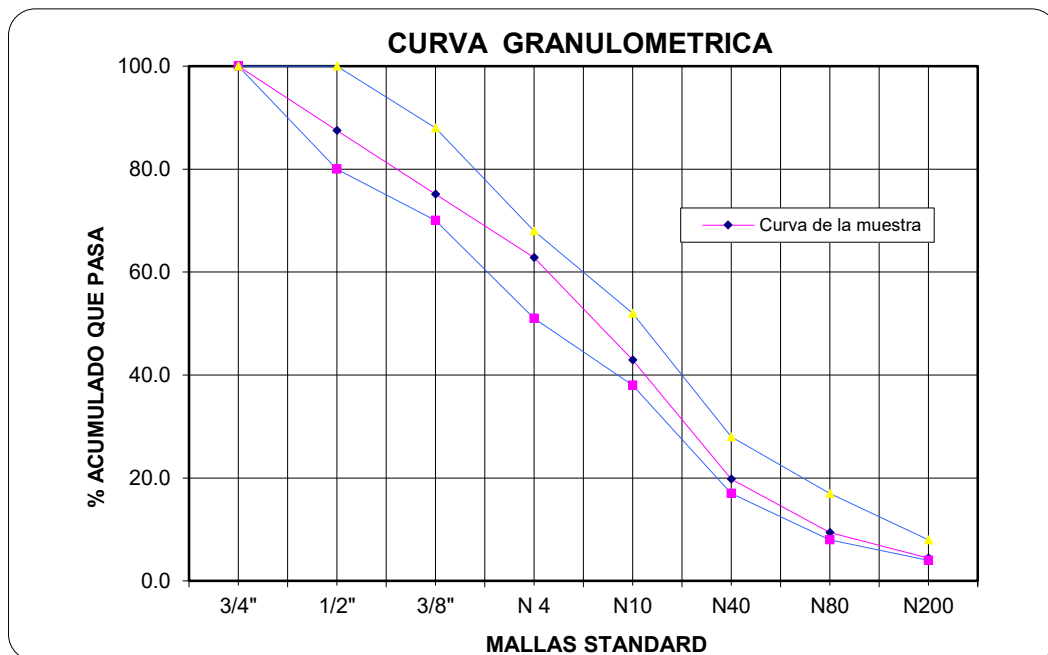
En la Tabla 33 y Figura 52 se muestra la gradación combinada dentro del huso granulométrico MAC-2 y la curva granulométrica respectivamente.

Tabla 34. Gradación combinada de agregados de la MAC – 20% Material asfáltico Reciclado.

Nro. Malla	Porcentaje que pasa (%)				TOTAL	Especificaciones MAC-2	
	Agregado Grueso	Agregado Fino	Mát. Asf. Reciclado	Filler (Cal Hidratada)		Lím. Inf.	Lím. Sup.
	30%	49%	20%	1%	100%		
3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	64.6	100.0	90.7	100.0	87.5	88	100
3/8"	28.3	100.0	83.0	100.0	75.1	75	88
Nro. 4	0.0	100.0	64.1	100.0	62.8	63	68
Nro. 10	0.0	64.4	51.8	100.0	42.9	43	52
Nro. 40	0.0	27.2	27.3	100.0	19.8	20	28
Nro. 80	0.0	13.6	8.9	93.9	9.4	9	17
Nro. 200	0.0	5.5	4.5	78.8	4.4	4	8

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 52. Curva granulométrica de la combinación de agregados de la MAC - 20% Material asfáltico Reciclado



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

4.1.4.1. ENSAYO MARSHALL (MTC E 504)

La metodología de diseño utilizada pertenece a la sección MTC E 504 – Resistencia de mezclas bituminosas utilizando el aparato Marshall, que consigue los parámetros Marshall que permiten determinar el contenido óptimo de líquido asfáltico en la mezcla asfáltica.

Para determinar el contenido óptimo de líquido asfáltico en la mezcla asfáltica elaboramos mezclas con 5 contenidos de líquido asfáltico diferentes (ver Tabla 33). Los parámetros Marshall para cada contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 3 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo Marshall MAC – 20% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1)

Se muestra los resultados del diseño Marshall de la MAC – 20% material asfáltico reciclado.

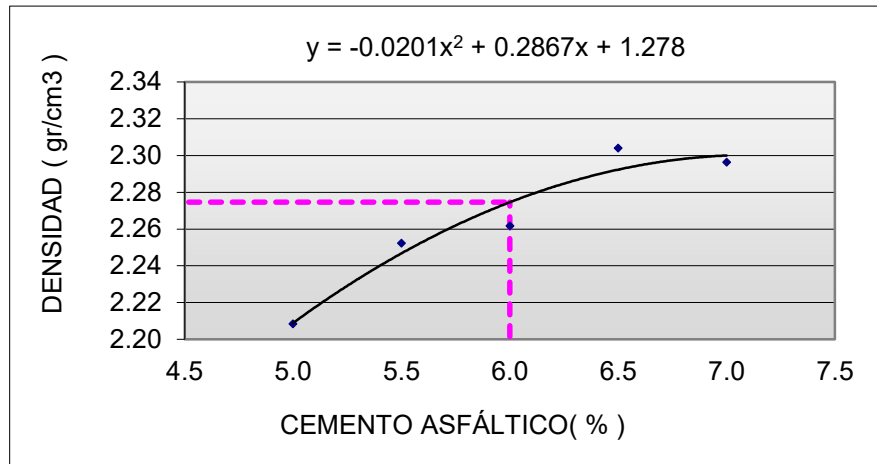
Tabla 35. Resultados del diseño Marshall de la MAC – 20% material asfáltico reciclado.

Parámetros Marshall						
Datos	Unidad	% Líquido Asfáltico				
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Densidad	kg/cm ³	2.21	2.25	2.26	2.30	2.30
Vacíos Aire VTM	%	7.5	5.0	3.9	1.4	1.1
Vacíos Agregado Mineral VMA	%	17.0	15.8	15.9	14.8	15.6
Vacíos Llenos de Asfalto VFA	%	56.0	68.5	75.4	90.3	93.0
Flujo	mm	3.39	3.64	3.98	4.23	4.83
Estabilidad Corregida	kg	1311	1250	1069	1022	782
Rigidez	kg/cm	3912	3452	2689	2445	1618

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

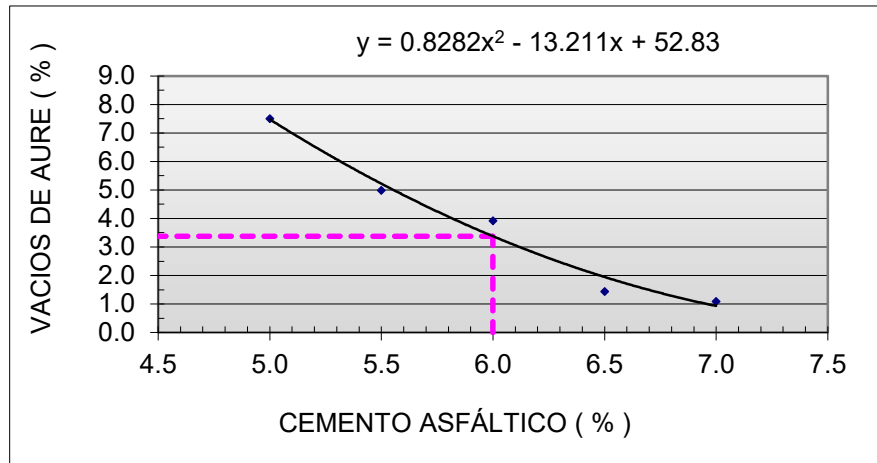
Según los resultados de parámetro Marshall del diseño de la MAC – 20% material asfáltico reciclado, se realizó graficas de Densidad, VTM, VMA, VFA, Flujo, Estabilidad y la Rigidez, los cuales se muestran en las Figuras 53, 54, 55, 56, 57, 58 y 59.

Figura 53. Variación de la Densidad, respecto al % Líquido Asfáltico.



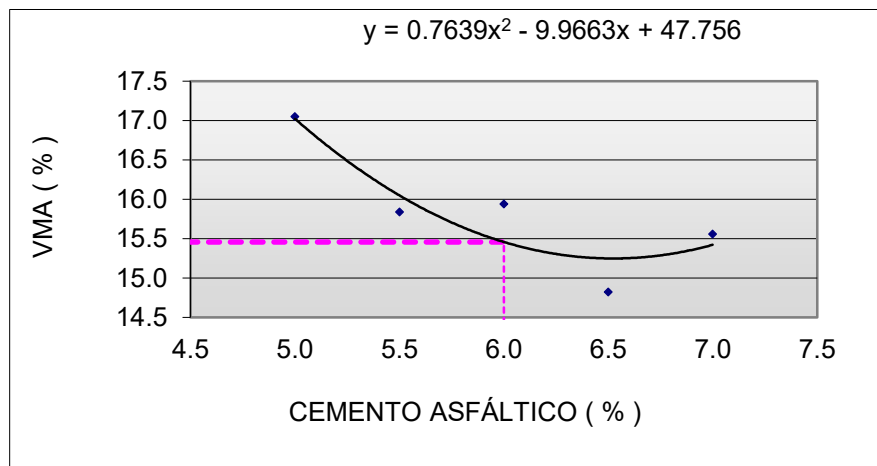
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 54. Variación del % Vacíos de Aire respecto al % Líquido Asfáltico.



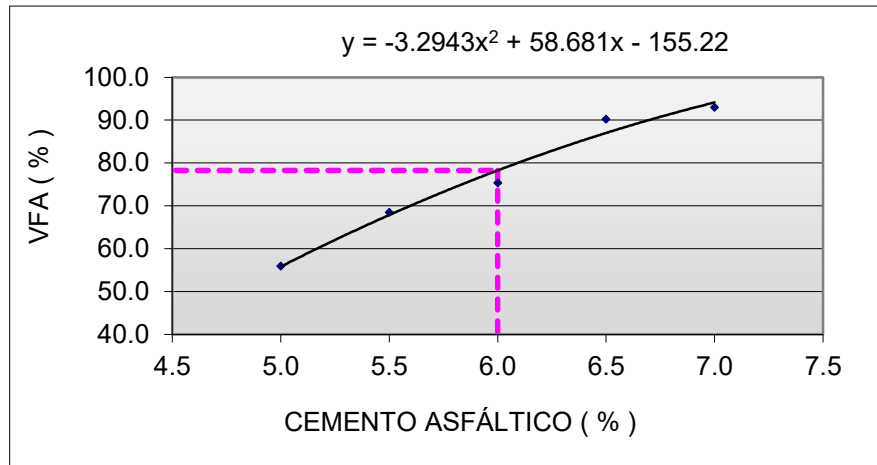
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 55. Variación del % Vacíos del Agregado Mineral, respecto al % Líquido Asfáltico.



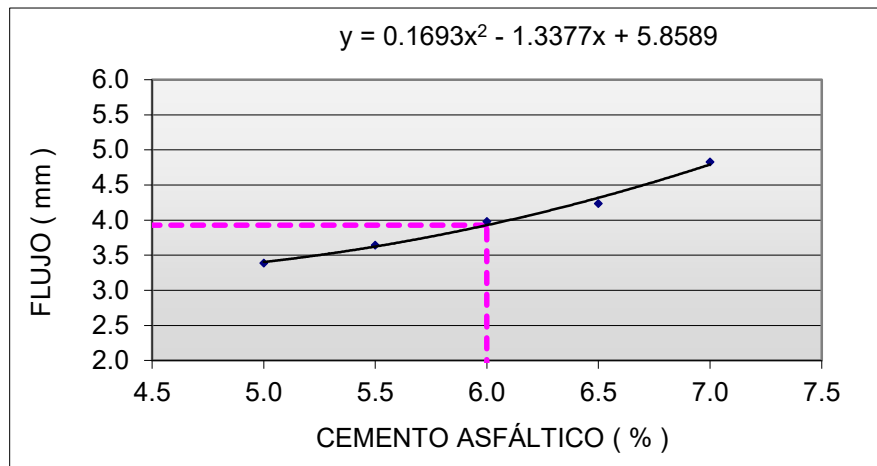
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 56. Variación del % Vacíos Llenos de Asfalto, respecto al % Líquido Asfáltico.



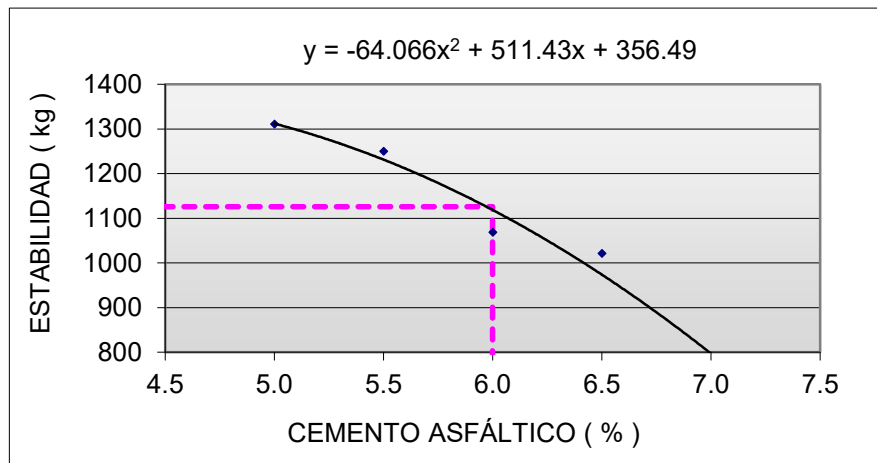
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 57. Variación del Flujo respecto, al % Líquido Asfáltico



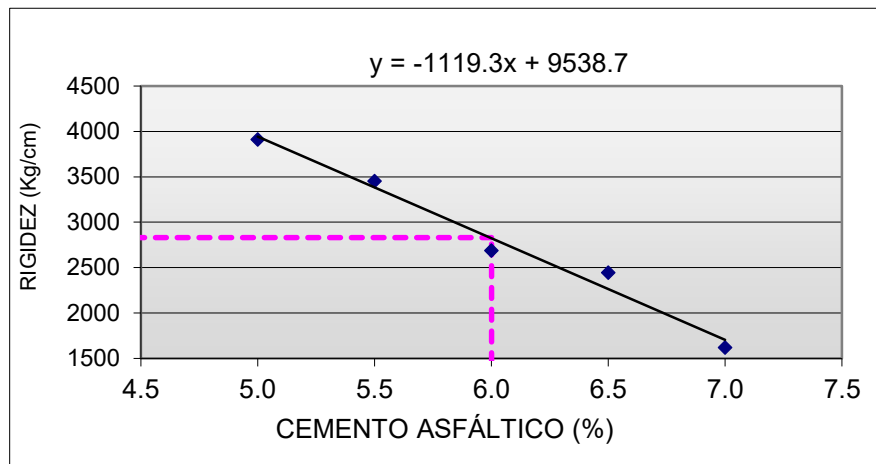
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 58. Variación de la Estabilidad respecto, al % Líquido Asfáltico.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

Figura 59. Variación de la Rigidez respecto, al % Líquido Asfáltico.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

4.1.4.2. ENSAYO CÁNTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE (MTC E 515)

Esta metodología pertenece a la sección MTC E 515 – Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste, con la cual se estima la cohesión, trabazón, así como la resistencia a la disgregación de la mezcla ante los efectos abrasivos ocasionados por el tráfico.

El Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” sólo especifica el máximo porcentaje de pérdida por desgaste para mezclas bituminosas abiertas; más no, para mezclas asfálticas en caliente convencionales. Sin embargo; este ensayo nos da una referencia del comportamiento de las mezclas asfálticas frente a los efectos abrasivos que ocasiona el tráfico vehicular.

La pérdida por desgaste se determinó para cada contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 2 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo Cántabro de la MAC – 20% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Se muestran los resultados del ensayo Cántabro:

Tabla 36. Resultados del ensayo Cántabro de la MAC – 20% material asfáltico reciclado.

Cántabro					
Datos	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Pérdida por desgaste	12.1%	10.8%	6.6%	4.8%	3.1%

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

4.1.4.3. ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA (MTC E 522)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 522 – Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad, mediante este ensayo es posible medir el cambio de resistencia a la tensión diametral debido a la saturación del agua y acondicionamiento en agua acelerado con un ciclo de congelamiento – deshielo.

La resistencia a la tensión diametral se determinó para dos (02) subgrupos, un subgrupo seco (S1) y el segundo subgrupo acondicionado (S2), cada subgrupo con diferente contenido de líquido asfáltico, promediamos los resultados de 3 especímenes de cada subgrupo cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato ensayo de Tracción indirecta de la MAC – 20% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Se muestran los resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 20% material asfáltico reciclado:

Tabla 37. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 20% Material asfáltico reciclado.

Tracción Indirecta						
Datos	Unidad	% Líquido Asfáltico				
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Resistencia Vía Seca (S1)	Kpa	676	608	573	537	490
Resistencia Vía Húmeda (S2)	Kpa	573	554	526	496	455
Resistencia Retenida	%	84.8	91.1	91.7	92.4	92.8

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

4.1.4.4. ENSAYO RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MTC E 513)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 513 – Resistencia a Compresión Simple de mezclas asfálticas, mide la resistencia a compresión de mezclas bituminosas como factor que determina su conformidad por el uso, bajo condiciones de carga, tipo de material y factores climáticos.

La Resistencia a Compresión Simple se determinó para cada contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 3 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 20% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Se muestra los resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 20% material asfáltico reciclado:

Tabla 38. Resultados del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 20% Material asfáltico reciclado.

Resistencia a compresión simple							
Datos	Unidad	Muestra N°	% Líquido Asfáltico				
			5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Carga	kg	1	2040	2190	2360	2710	2840
		2	1970	1900	2470	2680	2760
		3	1840	2040	2290	2720	2690
Diámetro	cm	1	10.24	10.29	10.22	10.21	10.19
		2	10.19	10.23	10.23	10.18	10.27
		3	10.21	10.18	10.2	10.18	10.24
Resistencia a Compresión Simple	Mpa	1	2.44	2.61	2.84	3.26	3.40
		2	2.33	2.29	2.98	3.19	3.33
		3	2.20	2.45	2.75	3.22	3.20
Resistencia a Compresión Simple Promedio	Mpa		2.32	2.45	2.86	3.22	3.31

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

4.1.5. Diseño de mezcla asfáltica – 40% material asfáltico reciclado

La Tabla 39 muestra de forma esquemática el porcentaje de adición de agregados, filler, material asfáltico reciclado y el contenido de líquido asfáltico de cada una de los especímenes que se fabricaron en el laboratorio de pavimentos. Cabe señalar que el 40% de material asfáltico reciclado, aporta aproximadamente 2.33% de líquido asfáltico a la mezcla.

Tabla 39. Porcentaje de combinación de agregados y líquido asfáltico, MAC – 40% Material asfáltico reciclado.

MAC - 40% Material Asfáltico Reciclado		
	Porcentaje	Peso (g)
Agregado Grueso	20.0%	240.0
Agregado Fino	39.0%	468.0
Filler (Cal Hidratada)	1.0%	12.0
Material Asfáltico Reciclado	40.0%	480.0
	2.67%	32.0
	3.17%	38.0
Líquido Asfáltico Nuevo	3.67%	44.0
	4.17%	50.0
	4.67%	56.0

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

En la Tabla 50 y Figura 60 se presenta la gradación combinada dentro del huso granulométrico MAC-2 y la curva granulométrica respectivamente.

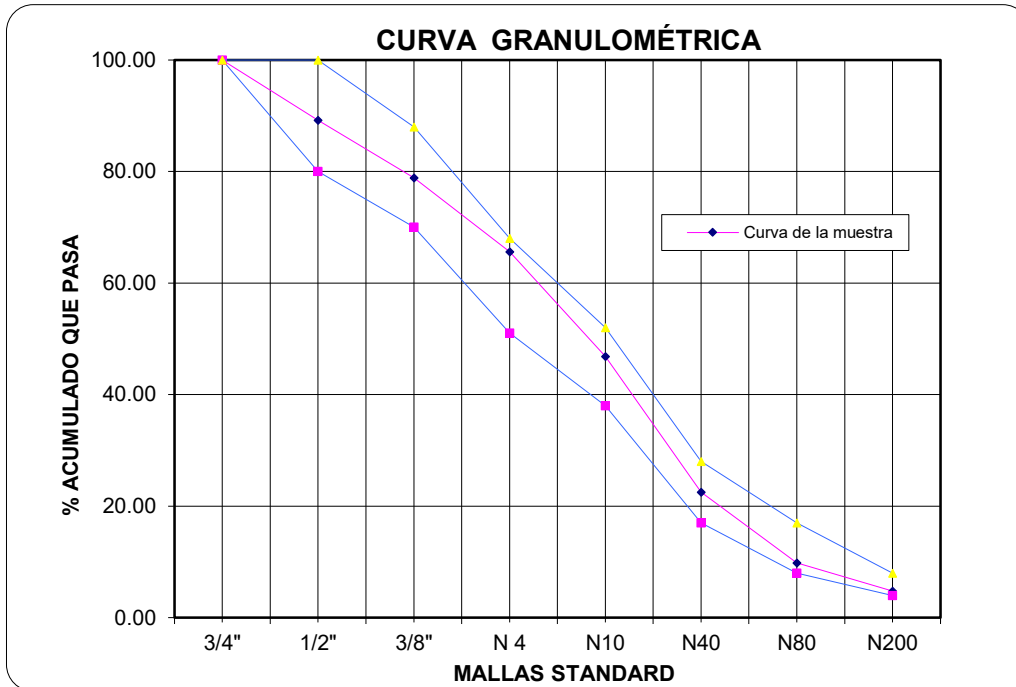
Tabla 40. Gradación combinada de agregados de la MAC – 40% Material asfáltico reciclado.

Nro. Malla	Porcentaje que pasa (%)					Especificaciones MAC-2	
	Agregado Grueso	Agregado Fino	Mát. Asf. Reciclado	Filler (Cal Hidratada)	TOTAL	Lím. Inf.	Lím. Sup.
	20%	39%	40%	1%	100%		
3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	64.6	100.0	90.7	100.0	89.2	80	100
3/8"	28.3	100.0	83.0	100.0	78.9	70	88
Nro. 4	0.0	100.0	64.1	100.0	65.6	51	68
Nro. 10	0.0	64.4	51.8	100.0	46.8	38	52
Nro. 40	0.0	27.2	27.3	100.0	22.5	17	28

Nro. 80	0.0	13.6	8.9	93.9	9.8	8	17
Nro. 200	0.0	5.5	4.5	78.8	4.8	4	8

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia Figura 60.

Curva granulométrica de la combinación de agregados de la MAC – 40% material asfáltico reciclado.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.5.1. ENSAYO MARSHALL (MTC E 504)

La metodología de diseño utilizada pertenece a la sección MTC E 504 – Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall, para obtener los parámetros Marshall que miden el contenido óptimo de líquido asfáltico en la mezcla asfáltica.

Para determinar el contenido óptimo de líquido asfáltico en la mezcla asfáltica, se elaboran mezclas con 5 contenidos de líquido asfáltico diferentes (ver tabla 39). Los parámetros Marshall para cada contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 3 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo Marshall MAC – 40% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1)

Se muestra los resultados del diseño Marshall de la MAC – 40% material asfáltico reciclado.

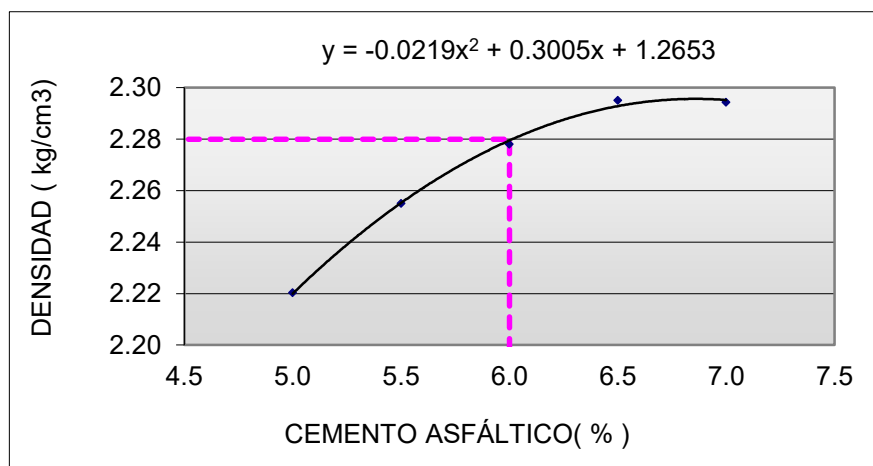
Tabla 41. Resultados del diseño Marshall de la MAC – 40% material asfáltico reciclado.

Parámetros Marshall						
Datos	Unidad	% Líquido Asfáltico				
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Densidad	kg/cm ³	2.22	2.26	2.28	2.30	2.29
Vacíos Aire VTM	%	6.8	4.7	3.0	1.6	1.0
Vacíos Agregado Mineral VMA	%	16.4	15.5	15.1	14.9	15.4
Vacíos Llenos de Asfalto VFA	%	58.5	69.9	79.9	89.1	93.6
Flujo	mm	2.88	3.22	3.47	3.81	4.32
Estabilidad Corregida	kg	1390	1347	1289	1211	1058
Rigidez	kg/cm	4876	4192	3714	3218	2484

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

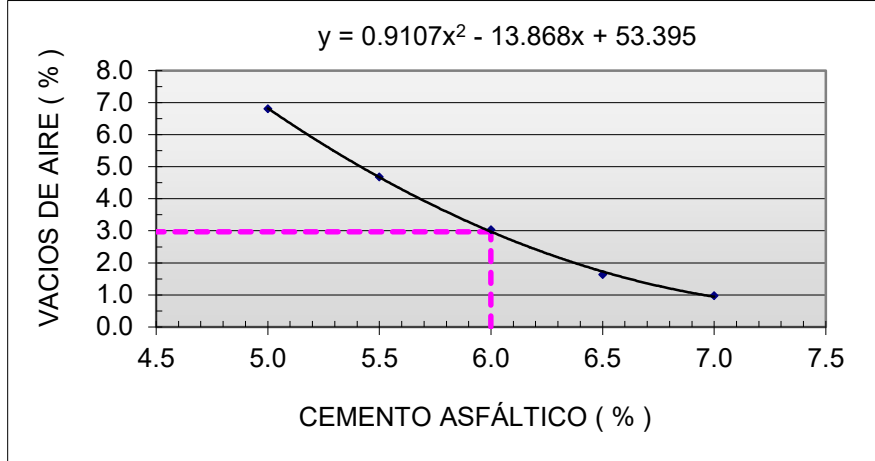
Según los parámetros Marshall del diseño de la MAC – 40% material asfáltico reciclado, se realizó gráficos de Densidad, VTM, VMA, VFA, Flujo, Estabilidad y la Rigidez, los cuales se muestran en las Figuras 61, 62, 63, 64, 65, 66 y 67.

Figura 61. Variación de la Densidad, respecto al % Líquido Asfáltico.



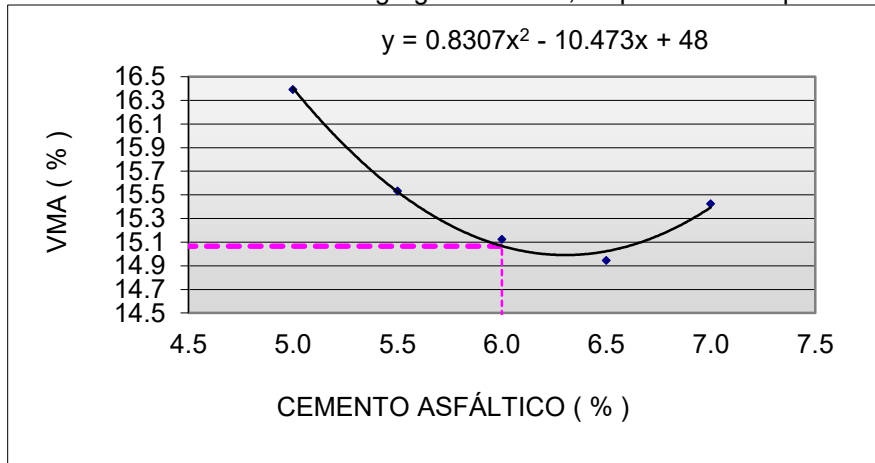
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 62. Variación del % Vacíos de Aire, respecto al % Líquido Asfáltico.



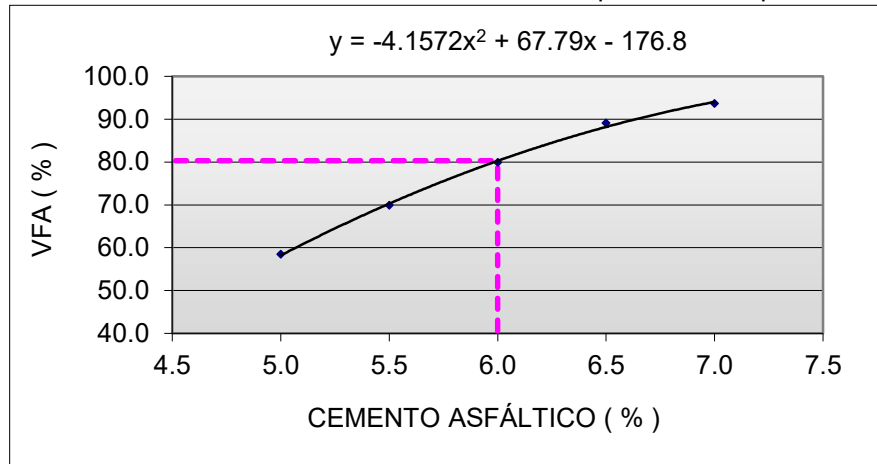
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 63. Variación del % Vacíos del Agregado Mineral, respecto al % Líquido Asfáltico.



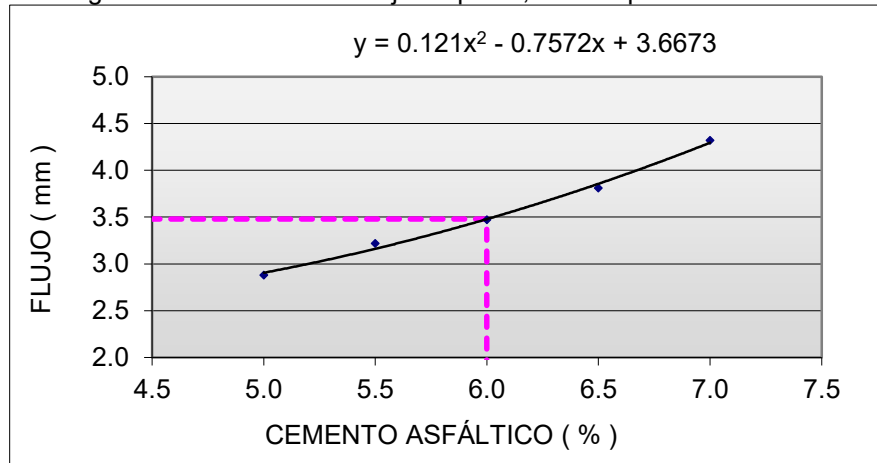
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 64. Variación del % Vacíos Llenos de Asfalto, respecto al % Líquido Asfáltico.



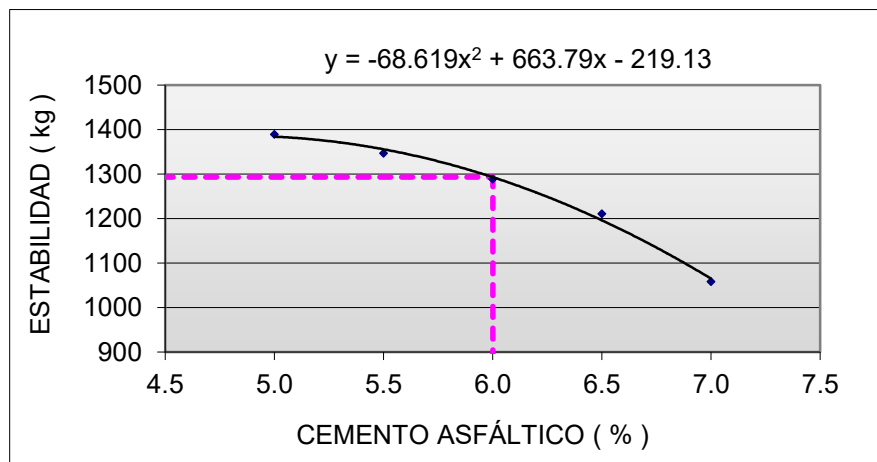
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 65. Variación del Flujo respecto, al % Líquido Asfáltico.



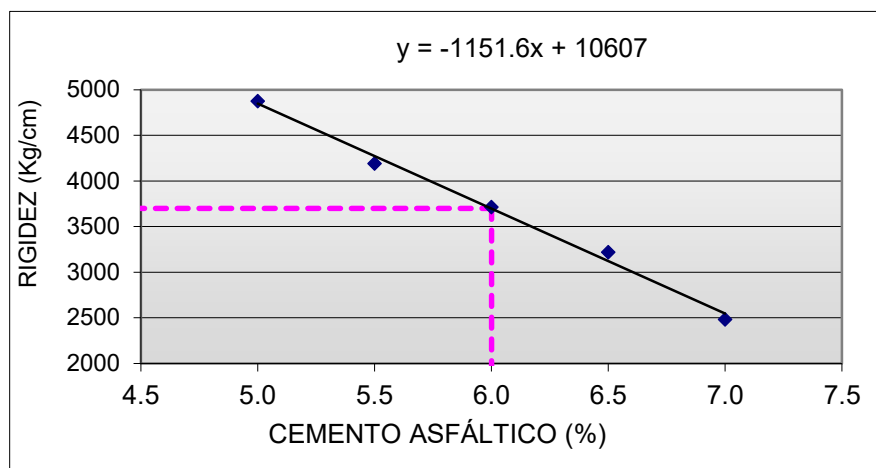
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 66. Variación de la Estabilidad respecto, al % Líquido Asfáltico.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 67. Variación de la Rigidez respecto, al % Líquido Asfáltico



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.5.2. ENSAYO CÁNTABRO DE PÉRDIDA POR DESGASTE (MTC E 515)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 515 – Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste, que estima la cohesión, trabazón, así como la resistencia a la disgregación de la mezcla ante los efectos abrasivos ocasionados por el tráfico.

El Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” sólo especifica el máximo porcentaje de pérdida por desgaste para mezclas bituminosas abiertas; más no, para mezclas asfálticas en caliente convencionales. Sin embargo, este ensayo nos da una referencia del comportamiento de las mezclas asfálticas frente a los efectos abrasivos que ocasiona el tráfico vehicular.

La pérdida por desgaste se determinó para cada contenido de líquido asfáltico, promediamos los resultados de 2 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo Cántabro de la MAC – 40% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Tabla 42. Resultados del ensayo Cántabro de la MAC - 40% material asfáltico reciclado.

Cántabro	
Datos	% Líquido Asfáltico

	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Pérdida por desgaste	12.03%	11.08%	8.40%	5.41%	4.03%

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.5.3. ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA (MTC E 522)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 522 – Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad, mediante este ensayo es posible medir el cambio de resistencia a la tensión diametral debido a la saturación del agua y acondicionamiento en agua acelerado con un ciclo de congelamiento – deshielo.

La resistencia a la tensión diametral se determinó para dos (02) subgrupos, un subgrupo seco (S1) y el segundo subgrupo acondicionado (S2), cada subgrupo con diferente contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 3 especímenes de cada subgrupo cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato ensayo de Tracción indirecta de la MAC – 40% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Se muestra los resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 40% material asfáltico reciclado:

Tabla 43. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 40% Material asfáltico reciclado.

Tracción Indirecta						
Datos	Unidad	% Líquido Asfáltico				
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Resistencia Vía Seca (S1)	kpa	694	662	642	588	488
Resistencia Vía Húmeda (S2)	kpa	578	560	552	526	460
Resistencia Retenida	%	83.2	84.5	86.0	89.5	94.3

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.5.4. ENSAYO RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MTC E 513)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 513 – Resistencia a Compresión Simple de mezclas asfálticas,

mide la resistencia a compresión de mezclas bituminosas como factor que determina su conformidad por el uso, bajo las condiciones de carga, tipo de material y factores climáticos.

La Resistencia a Compresión Simple se determinó para cada contenido de líquido asfáltico, promediamos los resultados de 3 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 40% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Se muestra los resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 40% material asfáltico reciclado.

Tabla 44. Resultados del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 40% Material asfáltico reciclado.

Resistencia a compresión simple							
Datos	Unidad	Muestra N°	% Líquido Asfáltico				
			5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Carga	kg	1	3420	3420	3460	3630	3800
		2	3170	3510	3380	3710	3700
		3	3280	3350	3220	3610	3630
Diámetro	cm	1	10.24	10.29	10.22	10.21	10.19
		2	10.19	10.23	10.23	10.18	10.27
		3	10.21	10.18	10.2	10.18	10.24
Resistencia a Compresión Simple	Mpa	1	4.12	4.09	4.13	4.33	4.55
		2	3.78	4.22	4.05	4.46	4.38
		3	3.94	4.01	3.89	4.34	4.34
Resistencia a Compresión Simple Promedio	Mpa		3.95	4.11	4.02	4.38	4.42

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.6. Diseño de mezcla asfáltica - 60% material asfáltico reciclado

La Tabla 45 muestra de forma esquemática el porcentaje de adición de agregados, filler, material asfáltico reciclado y el contenido de líquido asfáltico de cada uno de los especímenes que se fabricaron en el

laboratorio de pavimentos. Cabe señalar que el 60% de material asfáltico reciclado, aporta aproximadamente 3.49% de líquido asfáltico a la mezcla.

Tabla 45. Porcentaje de combinación de agregados y líquido asfáltico, MAC – 60% Material asfáltico reciclado.

MAC - 60% Material Asfáltico Reciclado		
	Porcentaje	Peso (g)
Agregado Grueso	15.0%	180.0
Agregado Fino	24.0%	288.0
Filler (Cal Hidratada)	1.0%	12.0
Material Asfáltico Reciclado	60.0%	720.0
	1.51%	18.1
	2.01%	24.1
Líquido Asfáltico Nuevo	2.51%	30.1
	3.01%	36.1
	3.51%	42.1

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

En la Tabla 46 y Figura 68 se observa la gradación combinada dentro del huso granulométrico MAC-2 y la curva granulométrica respectivamente.

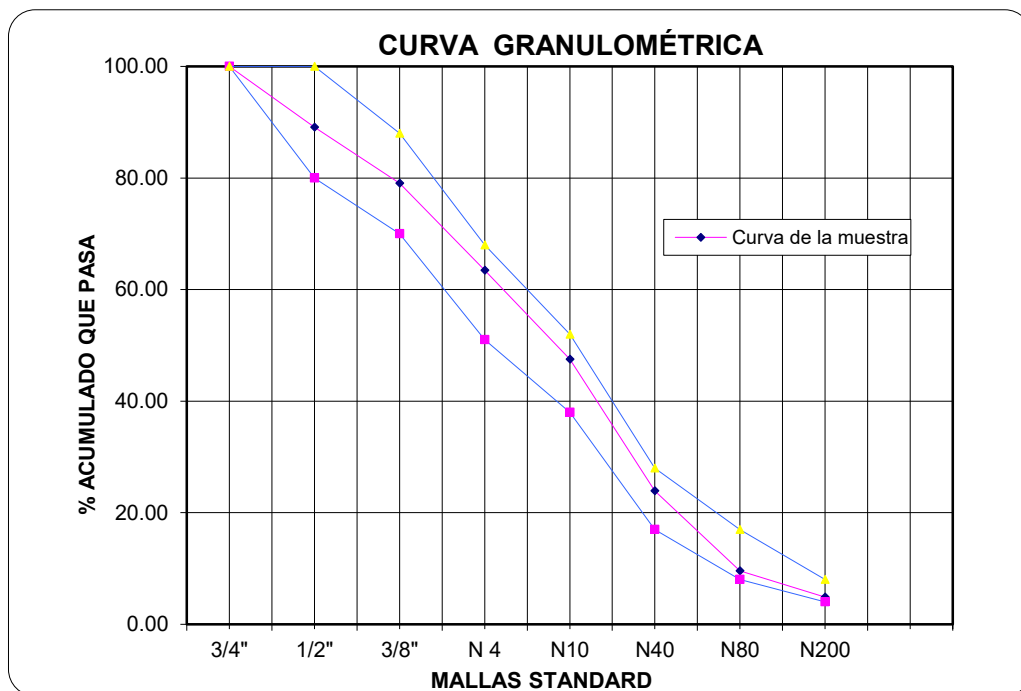
Tabla 46. Gradación combinada de agregados de la MAC – 60% Material asfáltico reciclado.

Nro. Malla	Porcentaje que pasa (%)				TOTAL	Especificaciones MAC-2	
	Agregado Grueso	Agregado Fino	Mát. Asf. Reciclado	Filler (Cal Hidratada)		Lím. Inf.	Lím. Sup.
	15%	24%	60%	1%	100%	Lím. Inf.	Lím. Sup.
3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100

1/2"	64.6	100.0	90.7	100.0	89.1	80	100
3/8"	28.3	100.0	83.0	100.0	79.0	70	88
Nro. 4	0.0	100.0	64.1	100.0	63.4	51	68
Nro. 10	0.0	64.4	51.8	100.0	47.5	38	52
Nro. 40	0.0	27.2	27.3	100.0	23.9	17	28
Nro. 80	0.0	13.6	8.9	93.9	9.6	8	17
Nro. 200	0.0	5.5	4.5	78.8	4.8	4	8

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 68. Curva granulométrica de la combinación de agregados de la MAC - 60% Material asfáltico reciclado.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.6.1. Ensayo Marshall (MTC E 504)

La metodología de diseño utilizada pertenece a la sección MTC E 504 – Resistencia de mezclas bituminosas empleando el

aparato Marshall, con la cual se obtiene los parámetros Marshall que permiten determinar el óptimo contenido de líquido asfáltico en la mezcla asfáltica.

Se elaboran mezclas con 5 contenidos de líquido asfáltico diferentes (ver tabla 45). Los parámetros Marshall para cada contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 3 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo Marshall MAC – 60% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1)

Se muestran los resultados del diseño Marshall de la MAC – 60% material asfáltico reciclado.

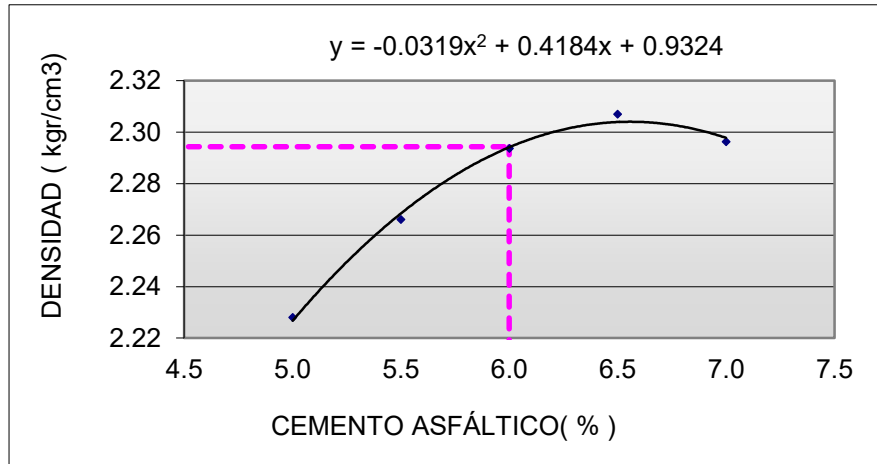
Tabla 47. Resultados del diseño Marshall de la MAC – 60% material asfáltico reciclado.

Parámetros Marshall						
Datos	Unidad	% Líquido Asfáltico				
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Densidad	kg/cm ³	2.23	2.27	2.29	2.31	2.30
Vacíos Aire VTM	%	5.8	3.5	1.6	0.4	0.2
Vacíos Agregado Mineral VMA	%	15.4	14.4	13.8	13.8	14.6
Vacíos Llenos de Asfalto VFA	%	62.5	75.7	88.1	97.1	98.8
Flujo	mm	2.20	2.37	2.96	3.39	4.66
Estabilidad Corregida	kg	1458	1383	1295	1286	1304
Rigidez	kg/cm	6745	5837	4362	3835	2797

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

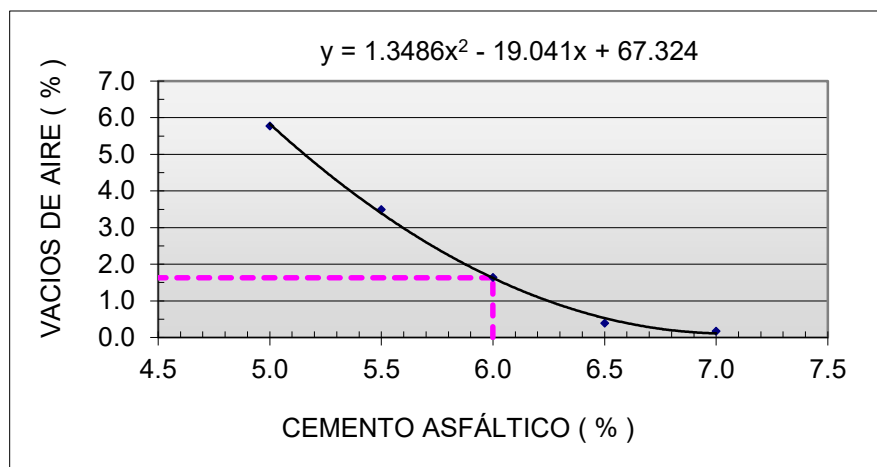
Según los resultados del diseño de la MAC – 40% material asfáltico reciclado, se realizó graficas de Densidad, VTM, VMA, VFA, Flujo, Estabilidad y la Rigidez, los cuales se muestran en las Figuras 69, 70, 71, 72, 73, 74 y 75.

Figura 69. Variación del % Vacíos de Aire, respecto al % Líquido Asfáltico.



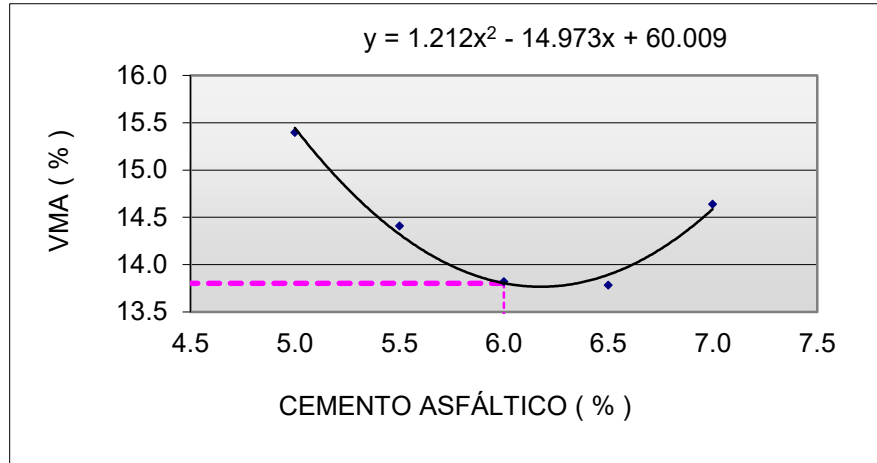
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 70. Variación de la Densidad, respecto al % Líquido ASFáltico.



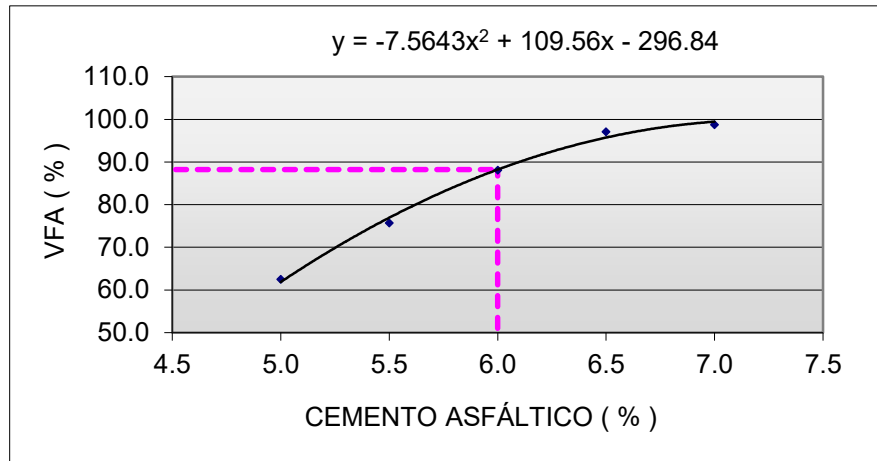
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 71. Variación del % Vacíos Llenos de Asfalto, respecto al % Líquido Asfáltico.



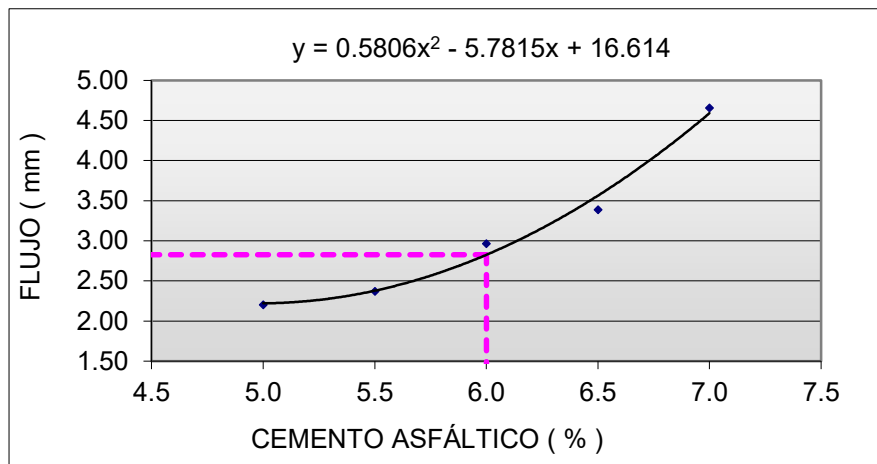
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 72. Variación del % Vacíos del Agregado Mineral, respecto al % Líquido Asfáltico.



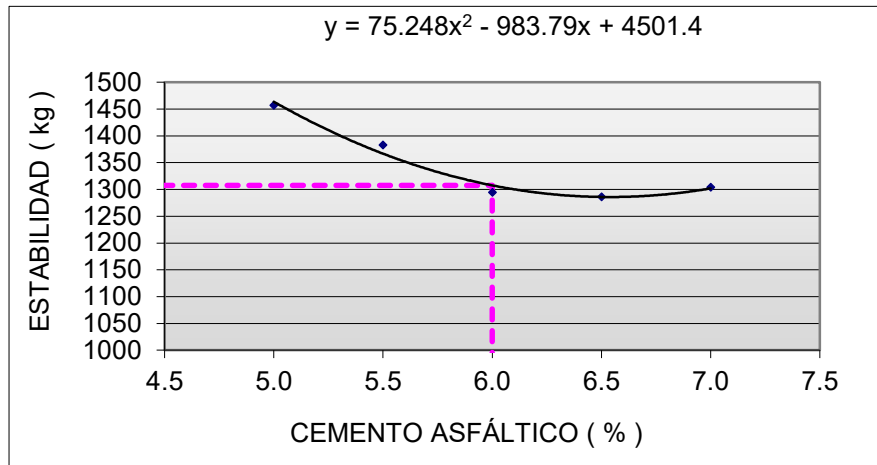
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 73. Variación del Flujo respecto, al % Líquido Asfáltico.



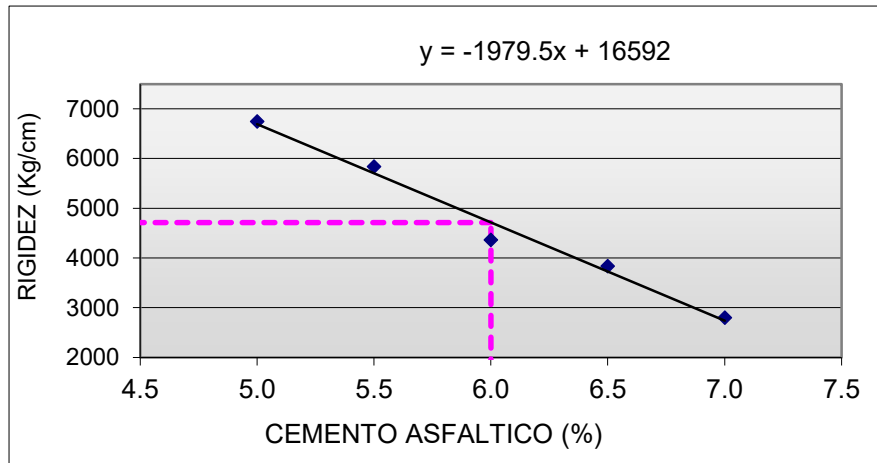
Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 74. Variación de la Estabilidad respecto, al % Líquido Asfáltico.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 75. Variación de la Rigidez respecto, al % Líquido Asfáltico.



Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.6.2. Ensayo cántabro de pérdida por desgaste (MTC E 515)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 515 – Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste, estima directamente la cohesión, trabazón, así como la resistencia a la disgregación de la mezcla ante los efectos abrasivos ocasionados por el tráfico.

El Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” solo especifica el máximo porcentaje de pérdida por desgaste para mezclas bituminosas abiertas; más no, para mezclas asfálticas en caliente convencionales. Sin

embargo, este ensayo nos da una referencia del comportamiento de las mezclas asfálticas frente a los efectos abrasivos que ocasiona el tráfico vehicular.

La pérdida por desgaste se determinó para cada contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 2 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo Cántabro de la MAC – 60% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Se muestran los resultados del ensayo Cántabro:

Tabla 48. Resultados del ensayo Cántabro de la MAC - 60% material asfáltico reciclado.

Cántabro					
Datos	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Pérdida por desgaste	14.5%	13.0%	10.4%	7.1%	7.0%

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.6.3. Ensayo tracción indirecta (MTC E 522)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 522 – Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad, mediante este ensayo es posible medir el cambio de resistencia a la tensión diametral debido a la saturación del agua y acondicionamiento en agua acelerado con un ciclo de congelamiento – deshielo.

La resistencia a la tensión diametral se determinó para dos (02) subgrupos, un subgrupo seco (S1) y el segundo subgrupo acondicionado (S2), cada subgrupo con diferente contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 3 especímenes de cada subgrupo cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo de Tracción indirecta de la MAC – 60% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Los resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 60% material asfáltico reciclado son:

Tabla 49. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 60% Material asfáltico reciclado.

Tracción Indirecta						
Datos	Unidad	% Líquido Asfáltico				
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Resistencia Vía Seca (S1)	kpa	737	716	684	661	580
Resistencia Vía Húmeda (S2)	kpa	581	570	560	548	489
Resistencia Retenida	%	78.9	79.6	81.9	82.9	84.3

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.6.4. Ensayo resistencia a compresión simple (MTC E 513)

La metodología de este ensayo pertenece a la sección MTC E 513 – Resistencia a Compresión Simple de mezclas asfálticas, este ensayo permite determinar la resistencia a compresión de mezclas bituminosas dado que es uno de los factores que determina su conformidad por el uso, bajo las condiciones de carga, tipo de material y factores climáticos.

La Resistencia a Compresión Simple se determinó para cada contenido de líquido asfáltico, se promedian los resultados de 3 especímenes, cuyos valores no difieren entre ellas (ver formato del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 60% material asfáltico reciclado en el anexo 2.1).

Se muestran los resultados del ensayo de Tracción Indirecta de la MAC – 60% material asfáltico reciclado.

Tabla 50. Resultados del ensayo Resistencia a Compresión Simple de la MAC – 60% Material asfáltico reciclado.

Resistencia a compresión simple							
Datos	Unidad	Muestra N°	% Líquido Asfáltico				
			5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Carga	kg	1	3730	4140	4170	4310	4330
		2	3790	4050	4270	4130	4210
		3	3870	4220	4090	4200	4170
Diámetro	cm	1	10.24	10.29	10.22	10.21	10.19
		2	10.19	10.23	10.23	10.18	10.27
		3	10.21	10.18	10.2	10.18	10.24

Resistencia a Compresión Simple	Mpa	1	4.47	4.94	5.00	5.10	5.17
		2	4.50	4.88	5.09	4.95	5.07
		3	4.65	5.03	4.92	5.02	4.96
Resistencia a Compresión Simple Promedio	Mpa		4.54	4.95	5.01	5.02	5.06

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

4.1.7. Ensayo Cántabro - Pérdida por desgaste

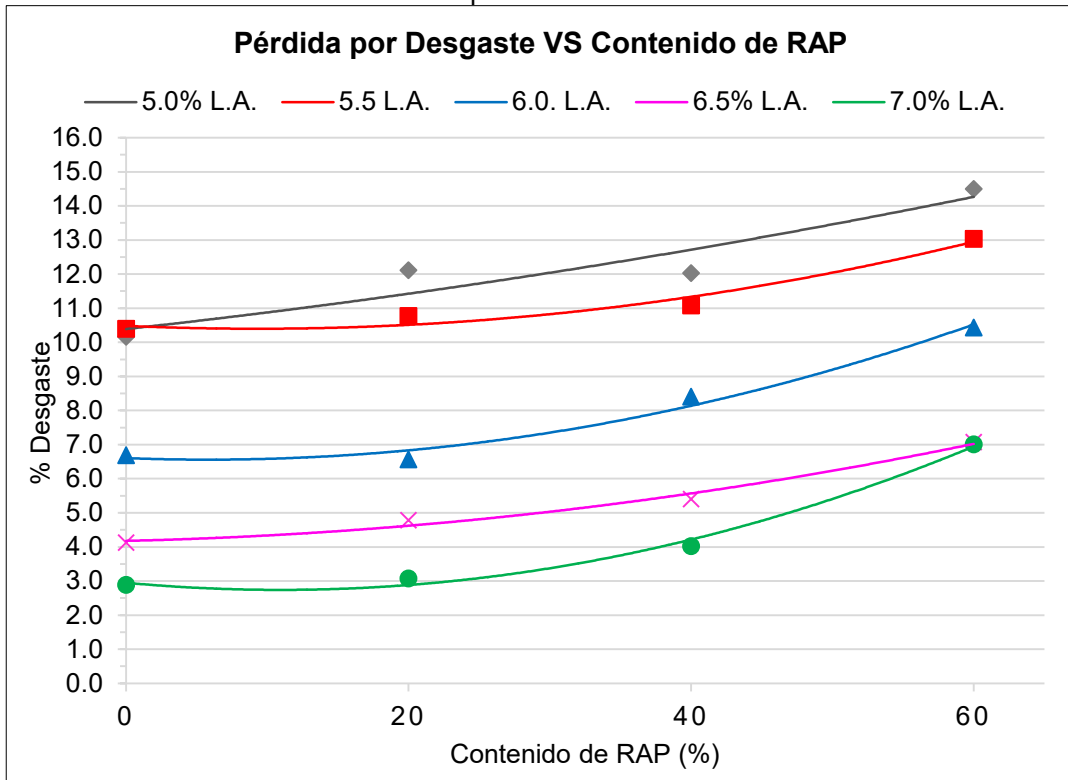
Los resultados promedios obtenidos del ensayo de Cántabro de pérdida por desgaste se resumen en la Tabla 51 y Figura 76, para los diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparada con la mezcla asfáltica convencional (Mezcla Patrón)

Tabla 51. Variación de los valores de pérdida por desgaste, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.

Pérdida por Desgaste (%)					
Tipo de Mezcla	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	10.16	10.40	6.69	4.12	2.89
MAC - 20% RAP	12.12	10.77	6.57	4.78	3.07
MAC - 40% RAP	12.03	11.08	8.40	5.41	4.03
MAC - 60% RAP	14.49	13.03	10.44	7.08	7.01

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 76. Variación de los valores de pérdida por desgaste, respecto al % de RAP, por cada % de líquido asfáltico.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 76 se observa, a mayor material reciclado utilizado en la mezcla se incrementan las pérdidas por desgaste, debido a la dureza del ligante asfáltico envejecido aportado por el material reciclado. Al aumentar el contenido de líquido asfáltico a la mezcla, tiende a disminuir la pérdida por desgaste. Esto quiere decir que a mayor contenido de líquido asfáltico mejora la adherencia árido – ligante, mayor resistencia a la disgregación de la mezcla, ante los efectos abrasivos del tráfico.

De acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” sólo especifica el máximo porcentaje de pérdida por desgaste para mezclas bituminosas abiertas; mas no, para mezclas asfálticas en caliente convencionales (densas). Sin embargo; este ensayo nos da una referencia del comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas frente a los efectos abrasivos que ocasiona el tráfico vehicular.

4.2. Contrastación de hipótesis

Se utiliza el software Ms Excel para analizar los datos certificados obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio. Según (Hernández-Sampieri, 2018. p. 375). El análisis cuantitativo se efectúa utilizando de insumo la matriz de datos.

A continuación, se evaluó la diferencia del comportamiento de las mezclas en función a sus propiedades mecánicas, de los diseños de mezcla asfáltica con material asfáltico reciclado y convencional, de acuerdo a los siguientes ensayos.

4.2.1. OE1: Comportamiento de los parámetros Marshall en la generación de nuevas mezclas asfálticas en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres.

4.2.1.1. Densidad

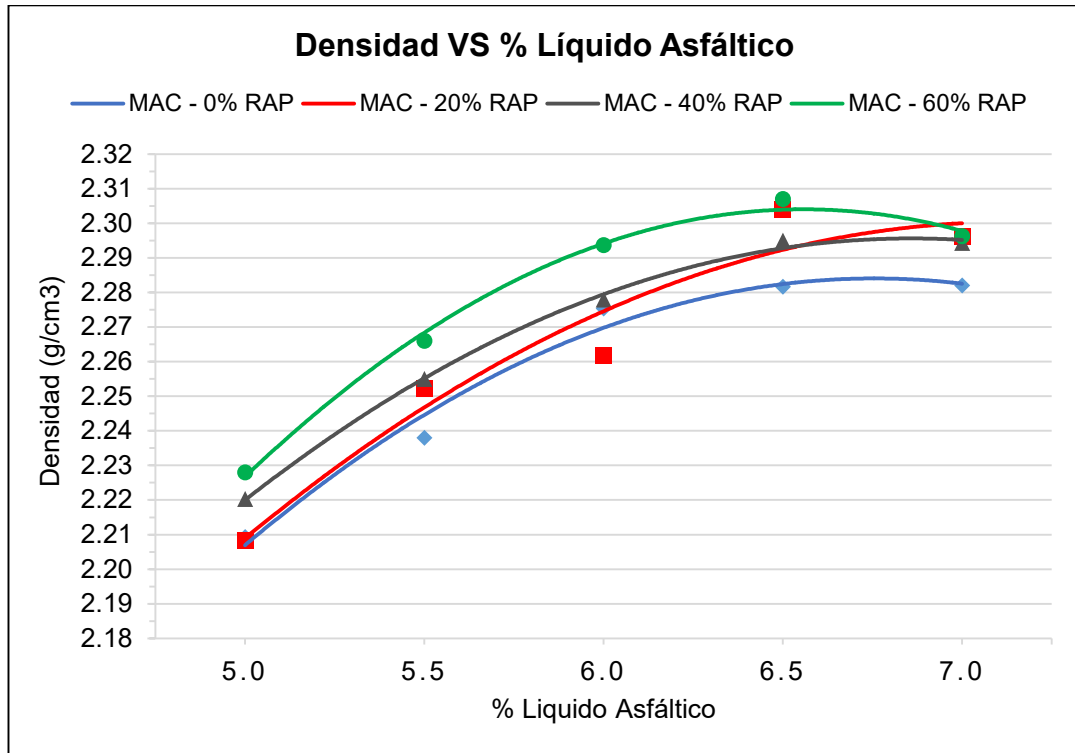
La Tabla 52 muestra los resultados de densidad para los diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparado con la densidad de la mezcla asfáltica convencional (Mezcla Patrón).

Tabla 52. Resultados de las Densidades, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.

Tipo de Mezcla	Densidad (g/cm ³)				
	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	2.209	2.238	2.275	2.282	2.282
MAC - 20% RAP	2.208	2.252	2.262	2.304	2.296
MAC - 40% RAP	2.220	2.255	2.278	2.295	2.294
MAC - 60% RAP	2.228	2.266	2.294	2.307	2.296

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 77. Variación de las Densidades, respecto al % Líquido Asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de la Tabla 52 y Figura 77 podemos observar un aspecto importante. A medida que la incorporación de material asfáltico reciclado se incrementa en la mezcla ésta se hace más densa. Es decir, depende de las dimensiones de los especímenes, en contraste con lo anterior, nos podemos dar cuenta que las alturas medias de los especímenes (ver en el anexo 2.1) va disminuyendo a medida que la presencia de material reciclado en la mezcla es mayor, la altura de los especímenes disminuye con respecto a la mezcla asfáltica convencional. Cabe señalar, que todos los especímenes han seguido un mismo procedimiento de compactación Marshall, sin ninguna variación. En el anexo 2.1 se ve reflejado el cambio de alturas de los especímenes, pasamos de 66.6 mm (0% material asfáltico reciclado) a 63.6 mm (60% material asfáltico reciclado) aproximadamente. Ello se puede deber

a la variabilidad del material reciclado, pues a la hora de realizar la trituración quedan trozos de material reciclado que pasan el tamiz N° 3/4" a su vez estos, presentan finos adheridos y al calentarse se deshacen y los finos se acomodan en los vacíos con aire del espécimen.

4.2.1.2. Vacíos con aire (VTM)

Mediante la densidad y la densidad máxima teórica de cada espécimen se ha podido calcular los vacíos con aire dentro de la mezcla. Se ha realizado el promedio de vacíos con aire para cada porcentaje de material reciclado y de líquido asfáltico.

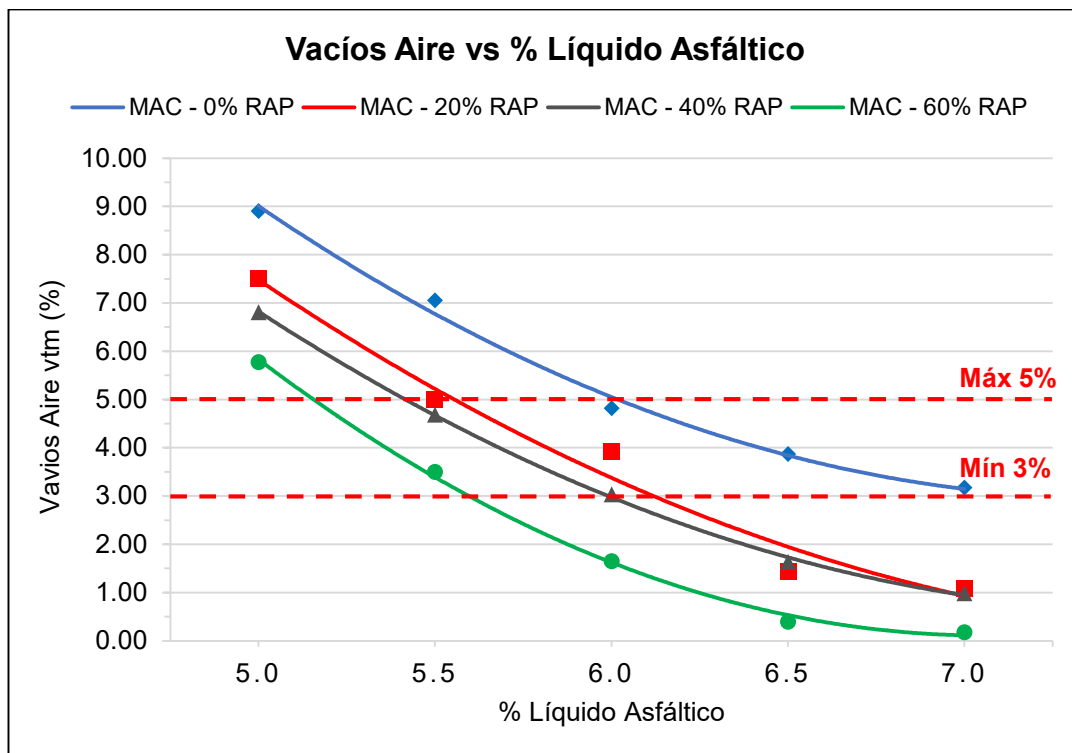
La Tabla 53 muestra los resultados obtenidos del porcentaje de vacíos en la mezcla para los diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparado con el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica convencional (Mezcla Patrón).

Tabla 53. Resultados de vacíos de aire, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.

Vacíos Aire VTM (%)					
Tipo de Mezcla	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	8.9	7.1	4.8	3.9	3.2
MAC - 20% RAP	7.5	5.0	3.9	1.4	1.1
MAC - 40% RAP	6.8	4.7	3.0	1.6	1.0
MAC - 60% RAP	5.8	3.5	1.6	0.4	0.2

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 78. Variación de vacíos con aire, respecto al % Líquido Asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia

La Figura 78 presenta el comportamiento del porcentaje de vacíos con aire, donde los vacíos disminuyen a medida que va aumentando el porcentaje del material reciclado, este suceso es coherente con lo comentado anteriormente acerca del aumento de la densidad a medida que va incrementando el porcentaje de material reciclado. Esto se debe a que la presencia de finos va acomodándose en los vacíos y hace que la mezcla sea más compacta, por otra parte, de esta figura también se desprende que al aumentar el líquido asfáltico suele ocupar los vacíos presentes en la mezcla ayudando a disminuir su valor.

Es importante resaltar que la durabilidad de la carpeta asfáltica depende del contenido de vacíos que hay dentro de ella, razón por la cual, mientras menor sea el porcentaje de vacíos, la mezcla se hará menos permeable. Esto quiere decir que, un contenido demasiado bajo de vacíos

podría producir exudación en la carpeta asfáltica lo que significa y que el líquido asfáltico aflorará hacia la superficie de la carpeta. Sin embargo; si el porcentaje de vacíos es demasiado alto la carpeta asfáltica sufrirá deterioros debido a la infiltración del agua y aire.

Por otro lado, el manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013), capítulo IV, sección 423, establece que las mezclas asfálticas en caliente deben presentar un porcentaje de vacíos con aire en un rango de 3% a 5%, lo cual en la Figura 78 se observa que solo algunos valores de vacíos están parcialmente dentro del rango de los criterios de la norma.

4.2.1.3. Vacíos en el agregado mineral (VMA)

Representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo del líquido asfáltico y los vacíos con aire necesarios en la mezcla.

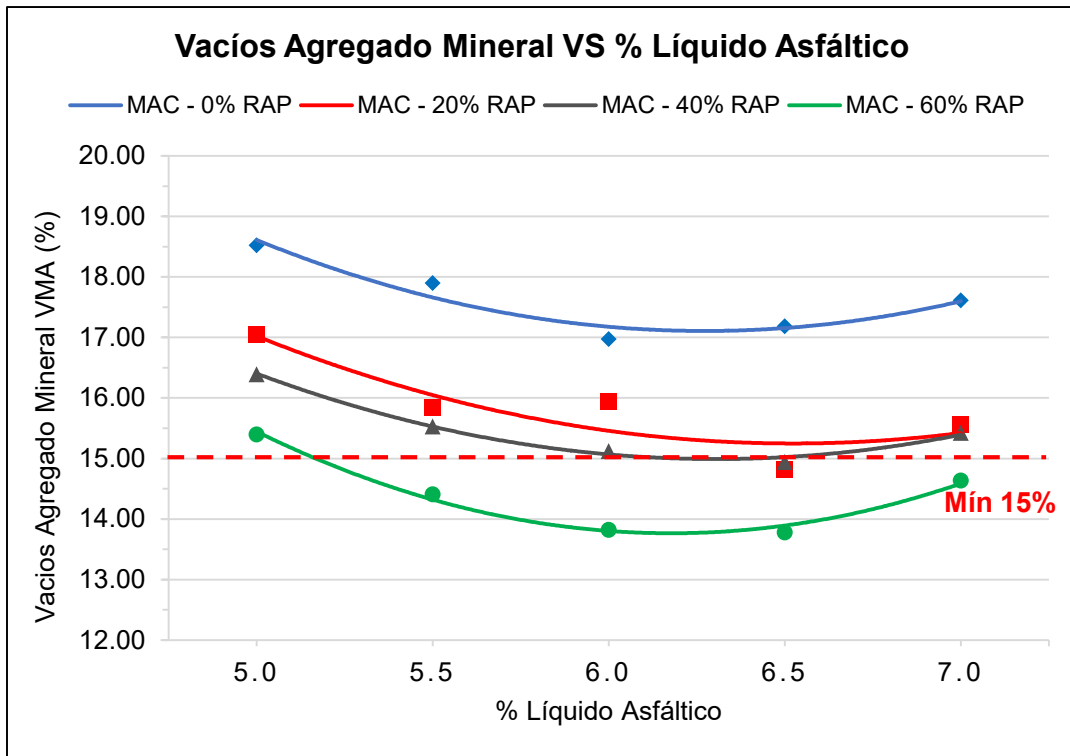
La Tabla 54 muestra los resultados obtenidos del porcentaje de vacíos en el agregado mineral para los diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparado con el porcentaje de vacíos en el agregado mineral de la mezcla patrón.

Tabla 54. Resultados de vacíos en el agregado mineral, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla

Vacíos Agregado Mineral VMA (%)					
Tipo de Mezcla	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	18.5	17.9	17.0	17.2	17.6
MAC - 20% RAP	17.0	15.8	15.9	14.8	15.6
MAC - 40% RAP	16.4	15.5	15.1	14.9	15.4
MAC - 60% RAP	15.4	14.4	13.8	13.8	14.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 79. Variación de vacíos en el agregado mineral, respecto al % Líquido Asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 79 podemos observar un aporte sustancial. A medida que la incorporación de material reciclado se incrementa en la mezcla va decreciendo el porcentaje de vacíos en el agregado mineral, esto quiere decir, que un porcentaje de vacío alto indica que habrá mayor espacio para el líquido asfáltico. Sin embargo; valores bajos generaría que no todas las partículas de agregado están siendo rodeadas por el aglutinante.

Con respecto al manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013), capítulo IV, sección 423, establece que las mezclas asfálticas en caliente deben presentar un porcentaje de vacíos en el agregado mineral mínimo del 15%, lo cual en la Figura 79 se observa que la MAC – 60% RAP no se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma, a diferencia

de las mezclas MAC – 0% RAP, MAC – 20% RAP y MAC – 40% RAP que si se encuentran dentro de los parámetros.

4.2.1.4. Vacíos llenos de asfalto (VFA)

Se calcula al restar los vacíos de aire (VTM) de los vacíos del agregado mineral (VMA), y luego dividiendo por el VMA, y expresando el valor final como un porcentaje.

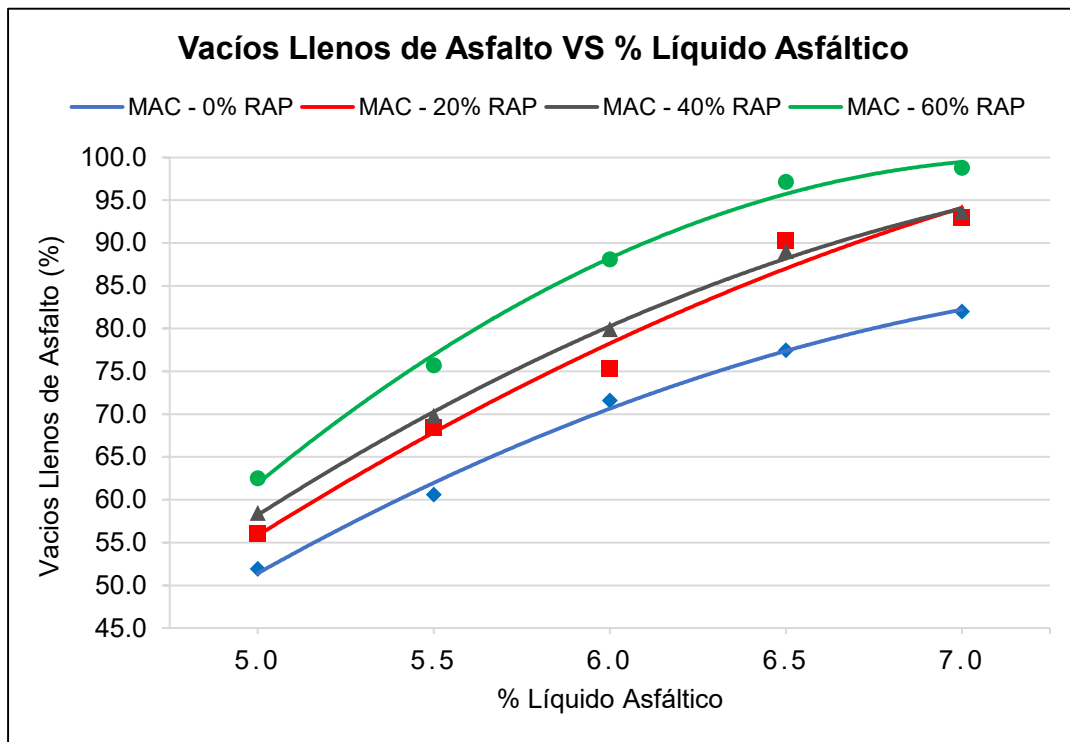
La Tabla 55 muestra los resultados obtenidos del porcentaje de vacíos llenos de asfalto para los diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparado con el porcentaje de vacíos de la mezcla patrón.

Tabla 55. Resultados de vacíos llenos de asfalto, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.

Vacíos Llenos de Asfalto VFA (%)					
Tipo de Mezcla	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	51.9	60.6	71.6	77.5	82.0
MAC - 20% RAP	56.0	68.5	75.4	90.3	93.0
MAC - 40% RAP	58.5	69.9	79.9	89.1	93.6
MAC - 60% RAP	62.5	75.7	88.1	97.1	98.8

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 80. Variación de vacíos en el agregado mineral, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 80 se observa el comportamiento del porcentaje de vacíos llenos de asfalto, donde los vacíos crecen a medida que va aumentando el porcentaje de material reciclado, los mayores porcentajes de vacíos llenos de asfalto se obtienen para la MAC – 60% RAP. Por otro lado, de esta figura también se desprende que, al aumentar el líquido asfáltico tiende a subir el porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

Asimismo, si el porcentaje de VFA es demasiado alto provoca problemas de estabilidad; mientras que, si el porcentaje de VFA es demasiado bajo presentaría problemas de durabilidad, fatiga, flexibilidad y trabajabilidad en la mezcla.

4.2.1.5. Flujo

Representa la deformación en mm del espécimen donde la deformación es por la disminución del diámetro vertical del espécimen.

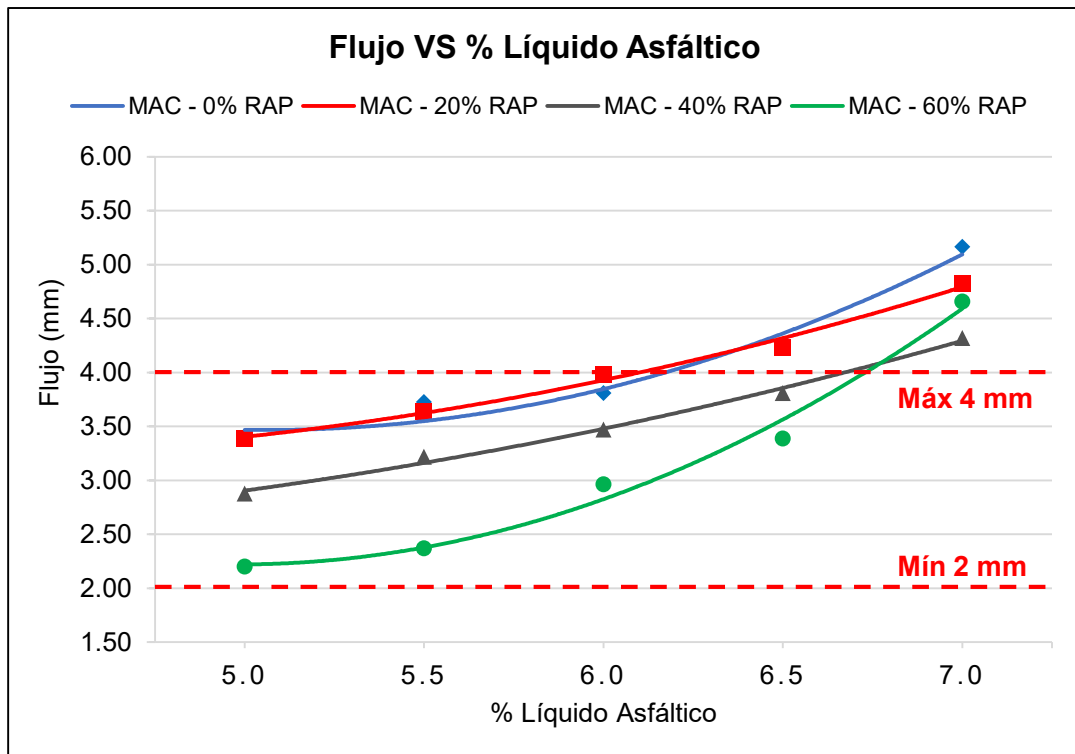
La Tabla 56 muestra los resultados del valor de fluencia para los diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparado con el valor de fluencia de la mezcla asfáltica convencional (Mezcla Patrón).

Tabla 56. Resultados de los valores de fluencia, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.

Tipo de Mezcla	Flujo (mm)				
	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	3.4	3.7	3.8	4.2	5.2
MAC - 20% RAP	3.4	3.6	4.0	4.2	4.8
MAC - 40% RAP	2.9	3.2	3.5	3.8	4.3
MAC - 60% RAP	2.2	2.4	3.0	3.4	4.7

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 81. Variación de los valores de fluencia, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

Después de analizar los datos de la Tabla 56 y Figura 81 podemos observar dos aspectos. El primero, a medida que el porcentaje de material reciclado aumenta el flujo tiende a decrecer. El segundo comentario que se desprende de esta figura es que, al aumentar el porcentaje de líquido asfáltico a la mezcla, éste tiende a sufrir una deformación mucho mayor.

Por lo tanto, aquellas mezclas de valores altos de fluencia son demasiado plásticas y con tendencia a deformarse bajo las cargas de tránsito. Sin embargo, aquellas mezclas de valores bajos de fluencia son consideradas demasiado rígidas.

Con respecto al manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013), capítulo IV, sección 423, establece que las mezclas asfálticas en caliente deben presentar valores de fluencia en un rango de 2 mm a 4 mm, lo cual en la Figura 81 se observa que todos los valores están dentro de los parámetros a excepción de las mezclas con 7% de líquido asfáltico que presentan valores de fluencia mayores de lo permitido por la norma.

4.2.1.6. Estabilidad

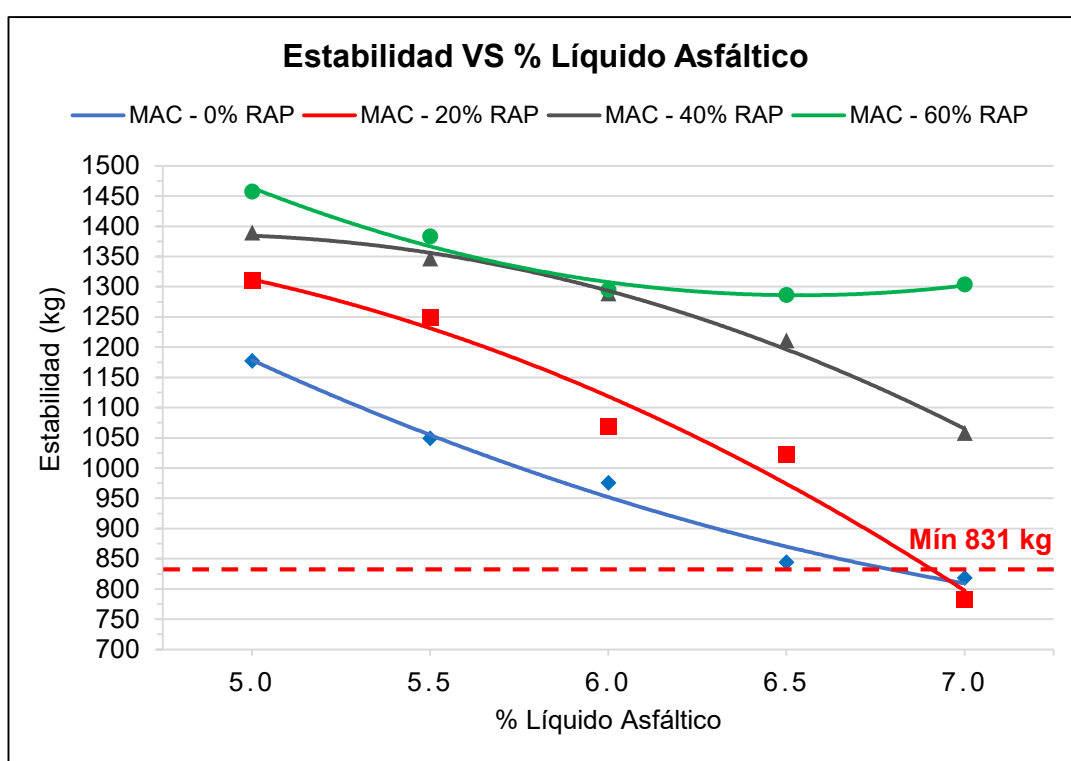
El valor de estabilidad es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente, por lo tanto, este parámetro representa la resistencia de una mezcla frente a la deformación.

Tabla 57. Resultados de los valores de estabilidad, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.

Tipo de Mezcla	Estabilidad (kg)				
	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	1177	1049	976	844	818
MAC - 20% RAP	1311	1250	1069	1022	782
MAC - 40% RAP	1390	1347	1289	1211	1058
MAC - 60% RAP	1458	1383	1295	1286	1304

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 82. Variación de los valores de estabilidad, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

Tras examinar la Tabla 57 y Figura 82 se observa que la estabilidad incrementa a medida que va aumentando el porcentaje de material reciclado. Este comportamiento es debido a que se han incorporado a la mezcla agregados con mayor resistencia el cual ha estado expuesto a la intemperie y resistidos esfuerzos dado por el tráfico, como también contiene asfalto envejecido lo cual hace que

rigidice a la mezcla. Al aumentar el líquido asfáltico a la mezcla, ésta tiende a desestabilizarse.

Un valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto será mucho mejor. Por el contrario, las estabilidades extremadamente altas se obtienen a costa de la durabilidad.

Con respecto al manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013), capítulo IV, sección 423, establece que las mezclas asfálticas deben presentar valores de estabilidad como mínimo 831 kg. En la Figura 82 se observa que todos los valores de estabilidad están dentro de los parámetros a excepción de la MAC - 0% RAP con 7.0% de líquido asfáltico.

4.2.1.7. Rigidez

La relación estabilidad / flujo (llamado por algunos investigadores como rigidez Marshall), representa el grado de fragilidad o de ductilidad de una mezcla asfáltica, que puede presentar fisuración a temprana edad de su vida útil o ahuellamiento prematuro.

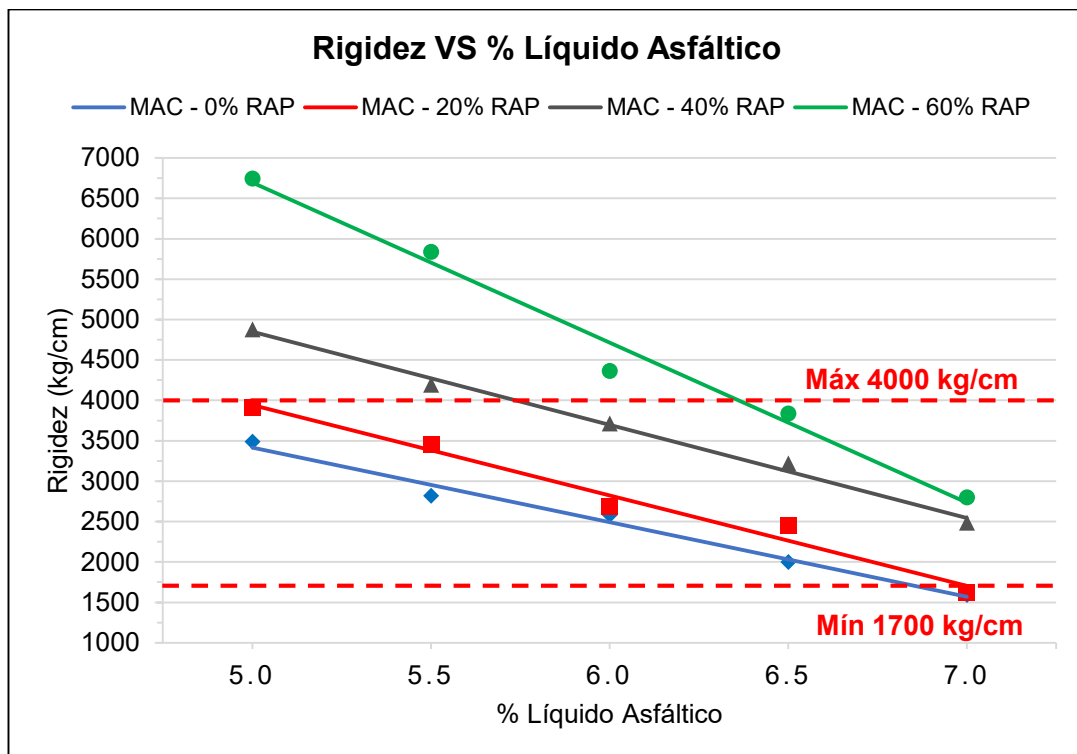
La Tabla 58 muestra los resultados obtenidos de la rigidez estabilidad para diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparado con valores de estabilidad de la mezcla patrón.

Tabla 58. Resultados de los valores de rigidez, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.

Tipo de Mezcla	Rigidez (kg/cm)				
	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	3485	2818	2579	1996	1588
MAC - 20% RAP	3912	3452	2689	2445	1618
MAC - 40% RAP	4876	4192	3714	3218	2484
MAC - 60% RAP	6745	5837	4362	3835	2797

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, elaboración propia.

Figura 83. Variación de los valores de rigidez, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

Después de analizar la Tabla 58 y Figura 83, los valores de rigidez aumentan según se incrementa el porcentaje de material reciclado. Como se mencionó anteriormente, este comportamiento es debido a que el material reciclado aporta asfalto envejecido y por lo cual predispone a

rigidizar a la mezcla. Al aumentar el porcentaje líquido asfáltico a la mezcla, tiende a disminuir la rigidez.

Con respecto al manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013), capítulo IV, sección 423, establece que las mezclas asfálticas en caliente deben presentar valores de rigidez en un rango de 1700 kg/cm a 4000 kg/cm como en la Figura 83 la mayoría de los valores de rigidez están parcialmente dentro del rango de los criterios del manual.

4.2.2. Análisis estadístico OE1

Se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson por el tipo de datos propio del presente estudio, la selección de la prueba de correlación para obtener el coeficiente adecuado que depende del nivel de medición de las variables asociadas.

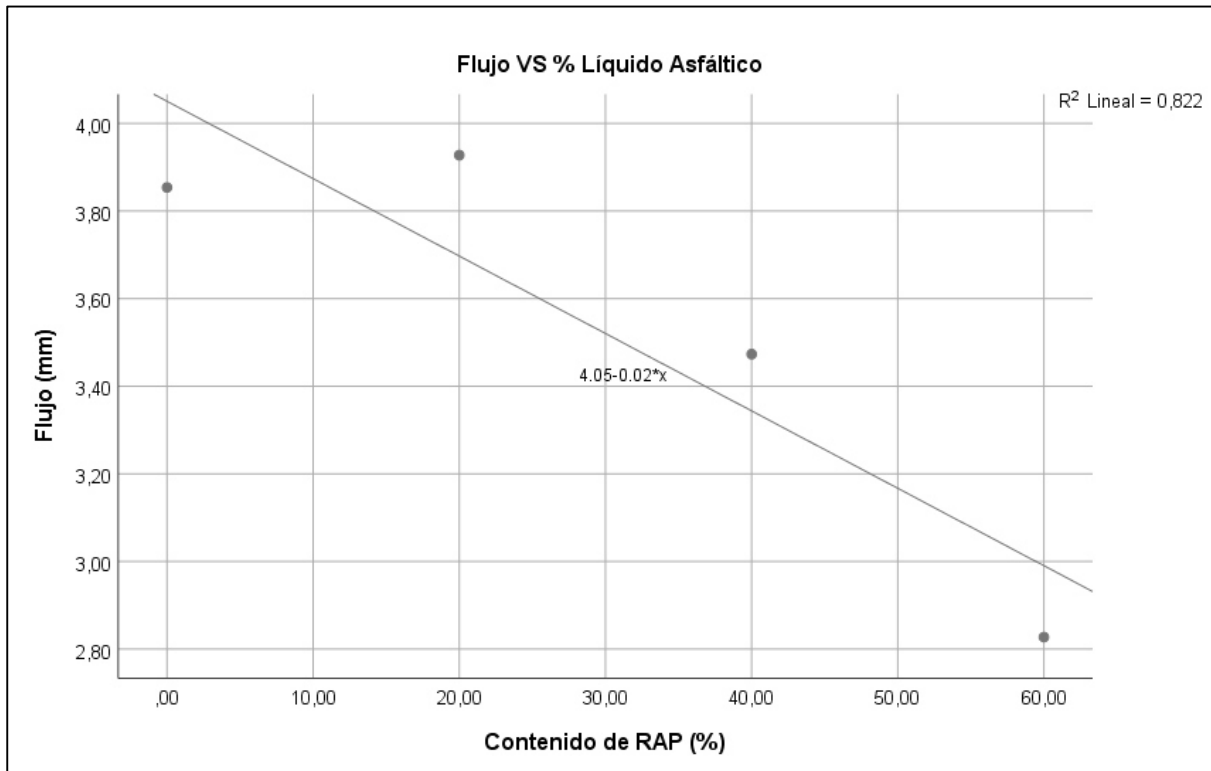
Tabla 59. Correlación material asfáltico reciclado y los parámetros Marshall

		Correlaciones			
		Contenido de RAP (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Rigidez (kg/cm)
Contenido de RAP (%)	Correlación de Pearson	1	-,907	,953*	,975*
	Sig. (bilateral)		,093	,047	,025
	N	4	4	4	4
Flujo (mm)	Correlación de Pearson	-,907	1	-,759	-,977*
	Sig. (bilateral)	,093		,241	,023
	N	4	4	4	4
Estabilidad (kg)	Correlación de Pearson	,953*	-,759	1	,877
	Sig. (bilateral)	,047	,241		,123
	N	4	4	4	4
Rigidez (kg/cm)	Correlación de Pearson	,975*	-,977*	,877	1
	Sig. (bilateral)	,025	,023	,123	
	N	4	4	4	4

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

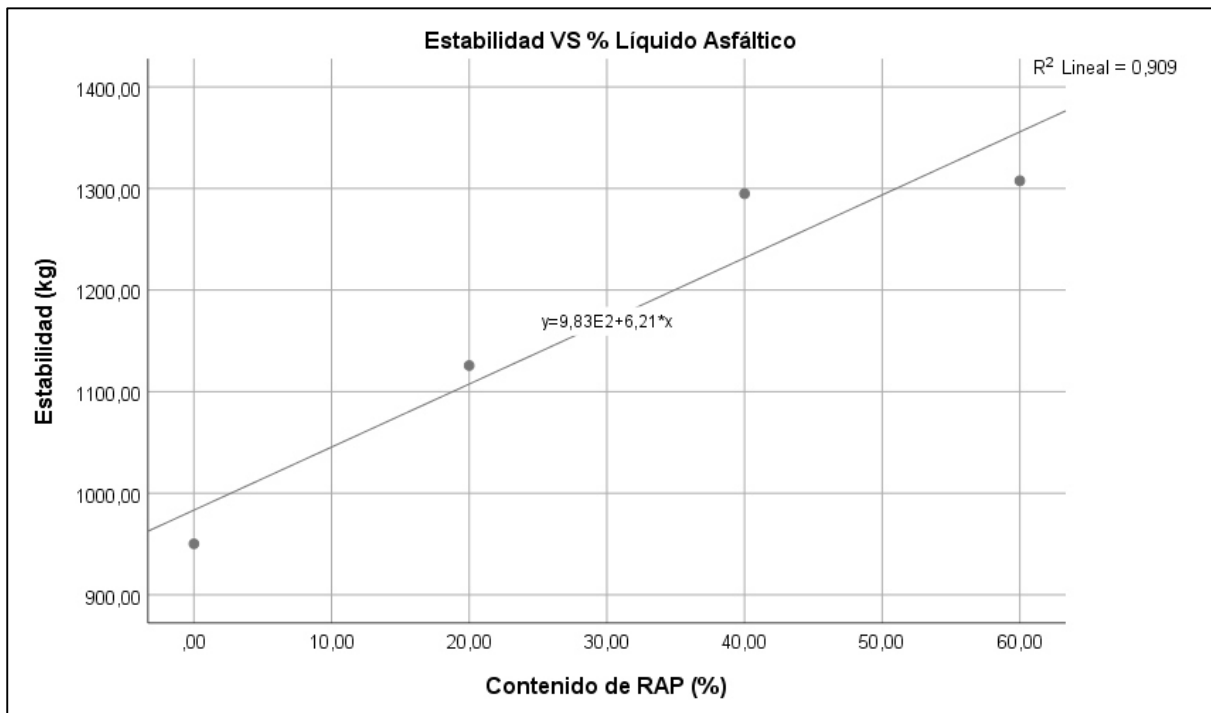
Fuente: Elaboración propia - software SPSS v.25.

Figura 84. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Flujo.



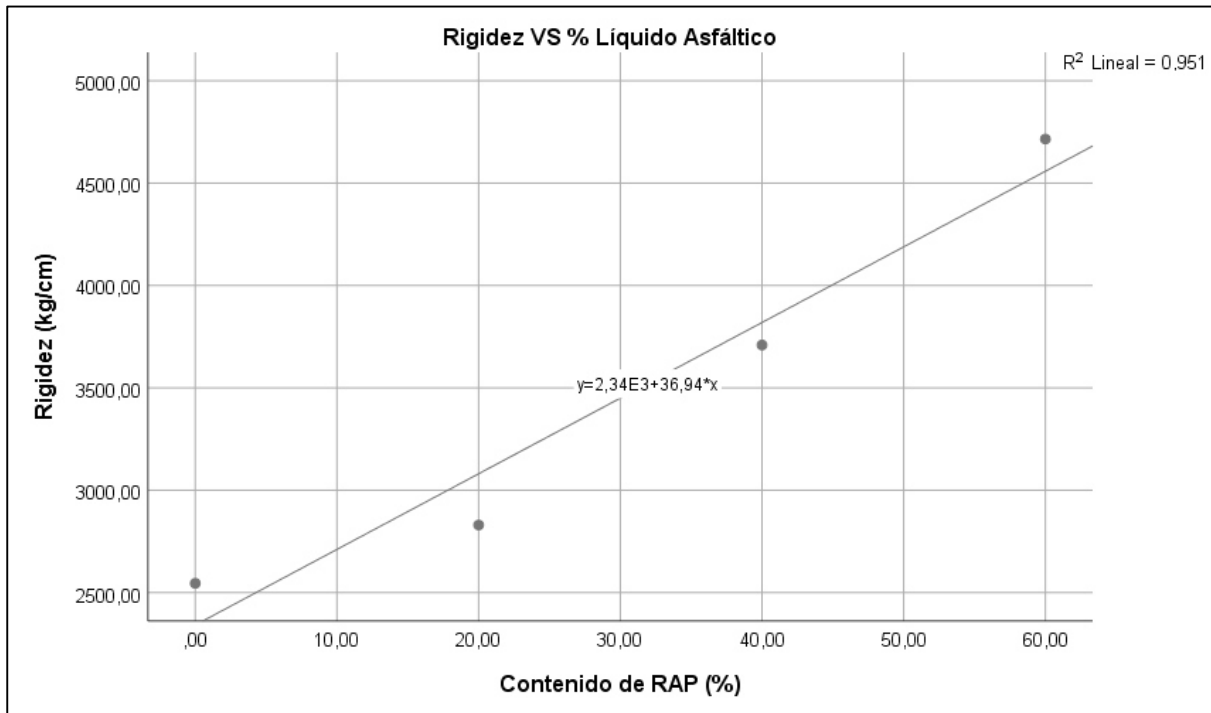
Fuente: Elaboración propia - software SPSS v.25.

Figura 85. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Estabilidad.



Fuente: Elaboración propia - software SPSS v.25.

Figura 86. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Rigidez.



Fuente: Elaboración propia - software SPSS v.25.

Se mide el grado de asociación entre el porcentaje de material reciclado y los parámetros Marshall, para para el flujo se tiene una correlación inversa de $-0,907$, para la estabilidad se obtiene un valor de $0,953$ que representa una correlación positiva muy alta, mientras que, para la rigidez se tiene el valor $0,975$ considerada como una correlación positiva muy alta, los parámetros Marshall tienen una correlación positiva considerable que indica una relación directamente proporcional y una significancia menor a $0,05$, para la hipótesis específica 1 se logra resultados de correlación estadísticamente significativos.

4.2.3. OE2: Porcentaje de resistencia retenida al daño inducido por humedad en la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente agregando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.

Mediante el ensayo de tracción indirecta se analiza la resistencia a la tensión diametral y resistencia retenida, debido al efecto de la acción del agua con un ciclo de congelamiento – deshielo.

Los resultados promedios obtenidos del ensayo de tracción indirecta realizados en vía seca quedan resumidos en la Tabla 60 y Figura 87, para los diferentes tipos de mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de material asfáltico reciclado, comparada con la mezcla asfáltica convencional (Mezcla Patrón).

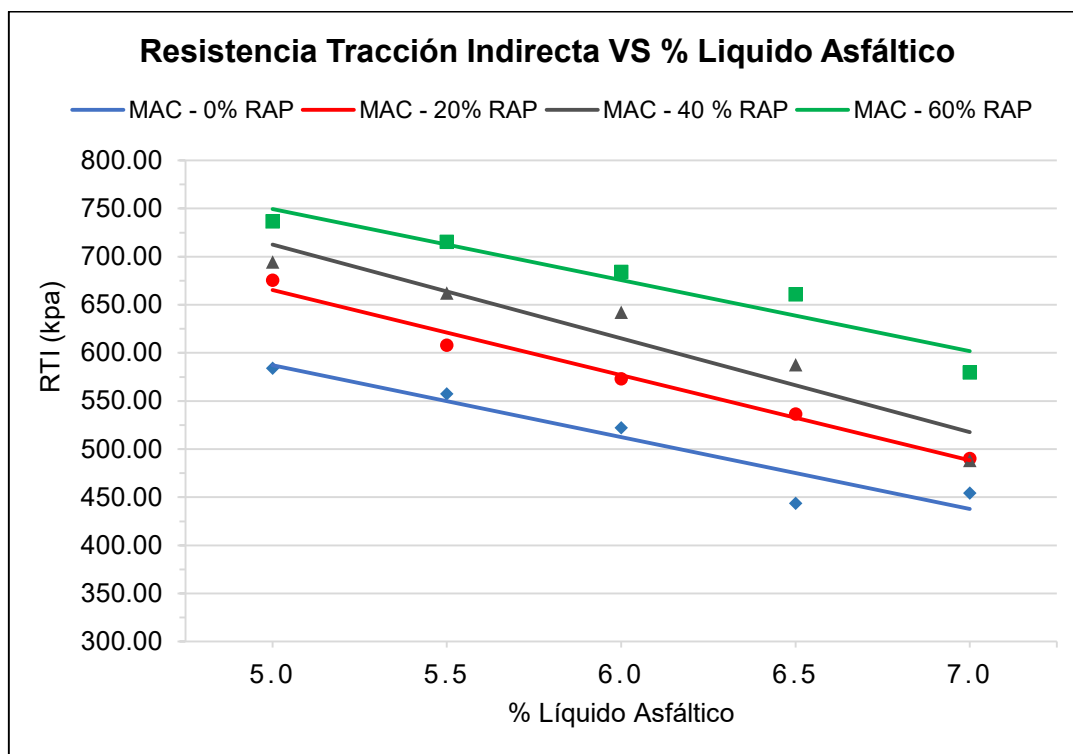
Tabla 60. Resultados de los valores de tracción indirecta vía seca, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla

Tracción Indirecta Vía Seca (kpa)					
Tipo de Mezcla	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	584.2	557.6	522.4	444.0	454.4
MAC - 20% RAP	675.8	608.2	573.3	536.8	490.2
MAC - 40% RAP	694.5	662.5	642.3	587.7	488.3
MAC - 60% RAP	737.0	715.7	684.4	661.1	579.8

Fuente: Elaboración propia.

Tras examinar los resultados en vía seca, se observa que la resistencia a tracción varía con respecto al contenido de líquido asfáltico, además se aprecia una disminución de resistencia a medida que incrementa el contenido de ligante. En la Figura 87 se puede observar este comportamiento.

Figura 87. Variación de los valores de resistencia a tracción indirecta vía seca, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia

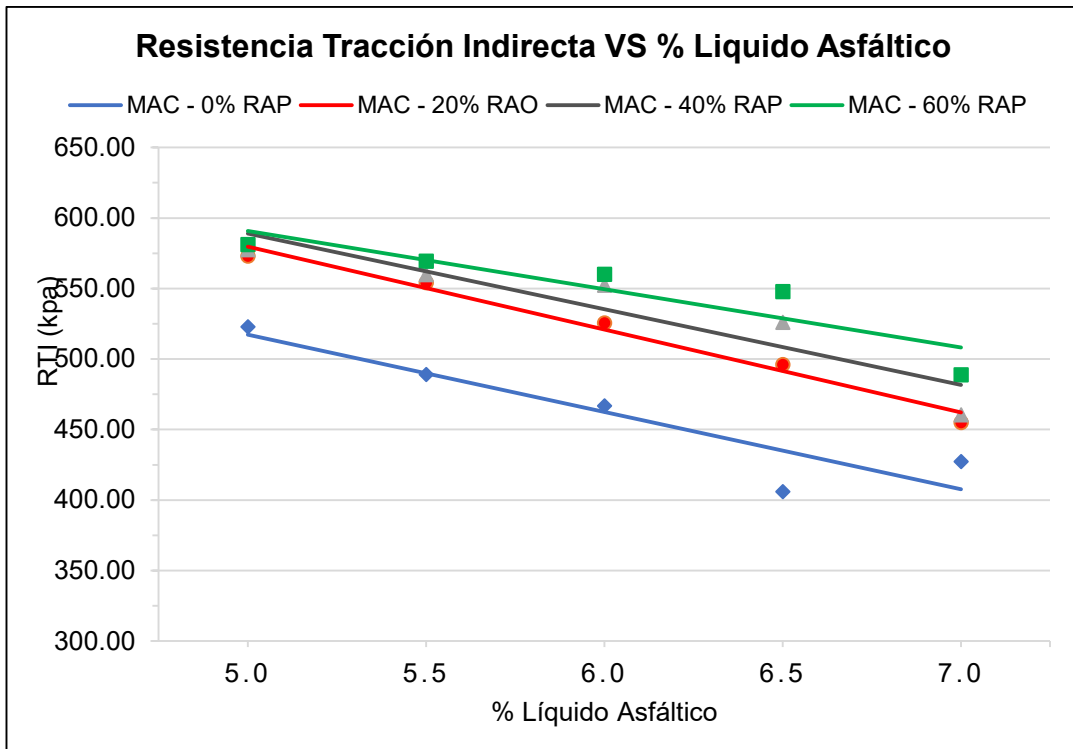
Los resultados promedios del ensayo de tracción indirecta en vía húmeda quedan según la Tabla 61 y Figura 88, para diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparada con la mezcla patrón.

Tabla 61. Resultados de los valores de tracción indirecta vía húmeda, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla

Tracción Indirecta Vía Húmeda (kpa)					
Tipo de Mezcla	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	522.9	489.1	466.8	406.0	427.4
MAC - 20% RAP	573.2	554.3	525.8	496.2	455.1
MAC - 40% RAP	577.6	560.0	552.5	526.2	460.5
MAC - 60% RAP	581.4	569.5	560.2	547.9	488.9

Fuente: Elaboración propia.

Figura 88. Variación de los valores de resistencia a tracción indirecta vía húmeda, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 62 y Figura 89 se observa el comportamiento del ensayo de tracción indirecta en vía seca y húmeda, donde la resistencia incrementa a medida que va aumentando el contenido de material reciclado, donde las mezclas con material reciclado (MAC – 20% RAP, MAC – 40% RAP, MAC – 60% RAP) presentan mayores resistencias, que la mezcla convencional (MAC 0% – RAP), tanto en la vía seca como por la vía húmeda. El material asfáltico reciclado rigidiza la mezcla por el simple hecho de contener asfalto envejecido. Cabe mencionar, que el material reciclado procede de una carpeta de rodadura que ha estado en contacto con el ambiente y al tráfico pesado, como consecuencia la carpeta entra en un estado de oxidación provocando su envejecimiento. El asfalto antiguo rigidiza la mezcla a su vez, lo vuelve más resistente, pero también hace que se vuelva más frágil a bajas temperaturas.

Tal como se indicaba en el apartado 3.5.2.2. de la presente tesis, debido a la inmersión en agua de las probetas y haber sido expuesto a un ciclo de congelamiento – deshielo, se evaluó la sensibilidad al agua mediante el cociente de resistencia a tracción indirecta en probetas secas y húmedas.

Con respecto al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013), capítulo IV, sección 423, establece que las mezclas asfálticas en caliente deben presentar valores resistencia retenida mínima de 80%. Según la Figura 85 la mayoría de los valores de resistencia retenida están dentro del rango de las especificaciones, excepto para la mezcla con alto contenido de material reciclado (MAC – 60% RAP) cuando presentan un contenido bajo de líquido asfáltico, próximo al 5% y 5.5%.

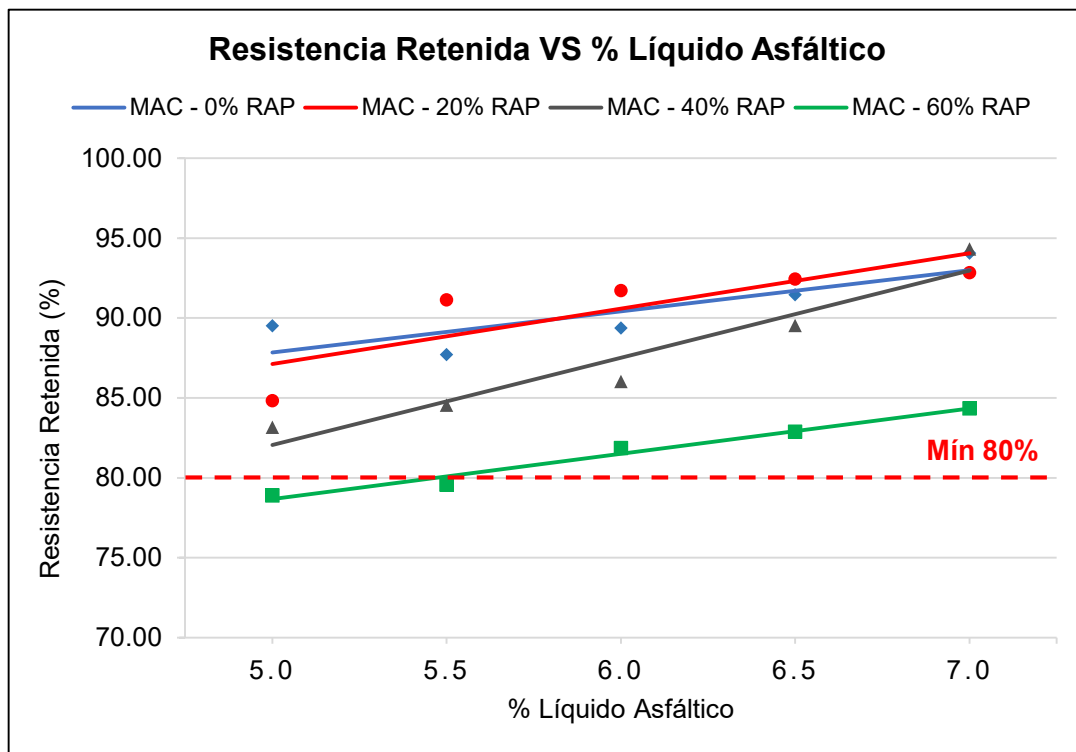
Tabla 62. Resultados de los valores de resistencia retenida, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla

Resistencia Retenida (%)					
Tipo de Mezcla	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	89.5	93.5	94.6	96.5	95.4
MAC - 20% RAP	84.8	91.1	91.7	92.4	92.8
MAC - 40% RAP	83.2	84.5	86.0	89.5	94.3
MAC - 60% RAP	78.9	79.6	81.9	82.9	84.3

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

A medida que se incrementa el porcentaje de material reciclado en la mezcla, la resistencia retenida disminuye, el incremento de contenido de líquido asfáltico permite que la susceptibilidad al agua sea menor. Este comportamiento se puede observar en la Figura 89

Figura 89. Variación de los valores de resistencia retenida, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Análisis estadístico OE2

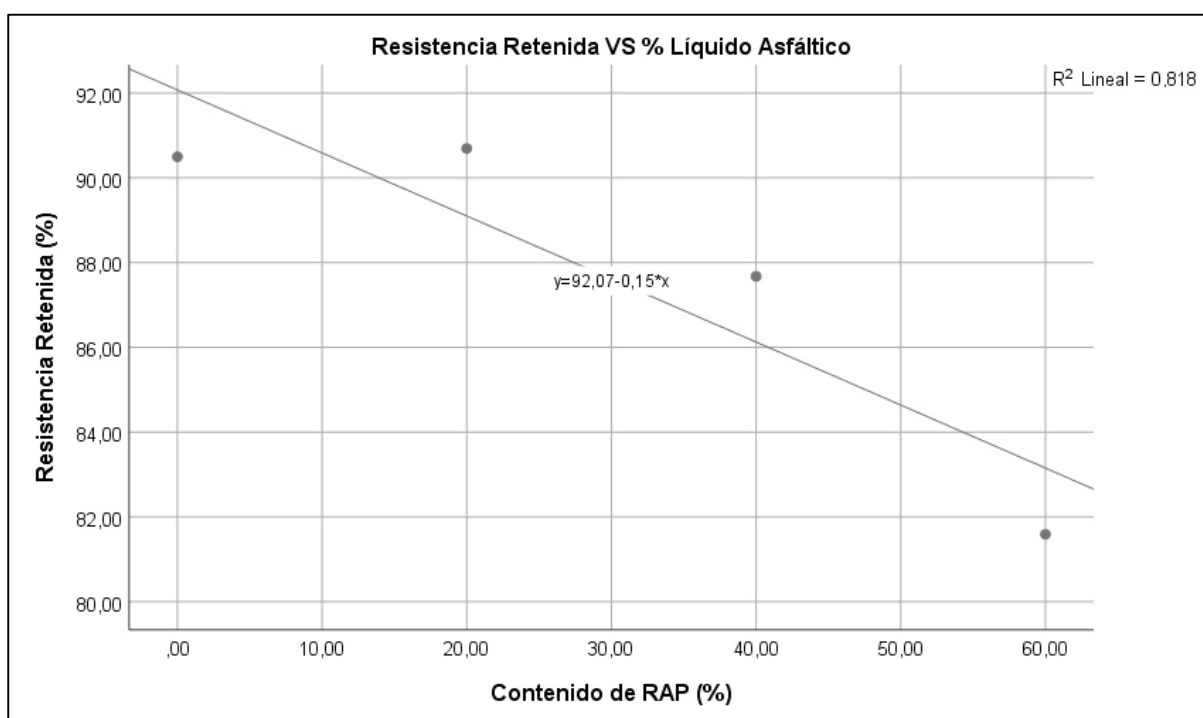
Según la medición de correlación realizada en el software estadístico, la asociación entre el material asfáltico reciclado y la resistencia al daño inducido por humedad tiene un valor de $-0,904$ de correlación negativa muy alta, significa que, las dos variables se correlacionan en sentido inverso, a medida que los valores del material asfáltico reciclado son altos, le corresponde valores bajos de la resistencia al daño inducido por humedad y en viceversa. La significancia que se obtiene según la Tabla 63 es de $0,096$ que indica la importancia del resultado sobre la probabilidad de error, es decir que, la hipótesis específica 2 es significativa en un 9.6% estadísticamente.

Tabla 63. Correlación material asfáltico reciclado y resistencia al daño inducido por humedad

		Contenido de RAP (%)	Resistencia Retenida (%)
Contenido de RAP (%)	Correlación de Pearson	1	-,904
	Sig. (bilateral)		,096
	N	4	4
Resistencia Retenida (%)	Correlación de Pearson	-,904	1
	Sig. (bilateral)	,096	
	N	4	4

Fuente: Elaboración propia - software SPSS v.25.

Figura 90. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Resistencia Retenida.



Fuente: Elaboración propia - software SPSS v.25.

4.2.5. OE3: Resistencia a la compresión en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.

Determina la resistencia a compresión de mezclas bituminosas como factor que determina su conformidad por el uso, bajo las condiciones de carga, tipo de material y factores climáticos.

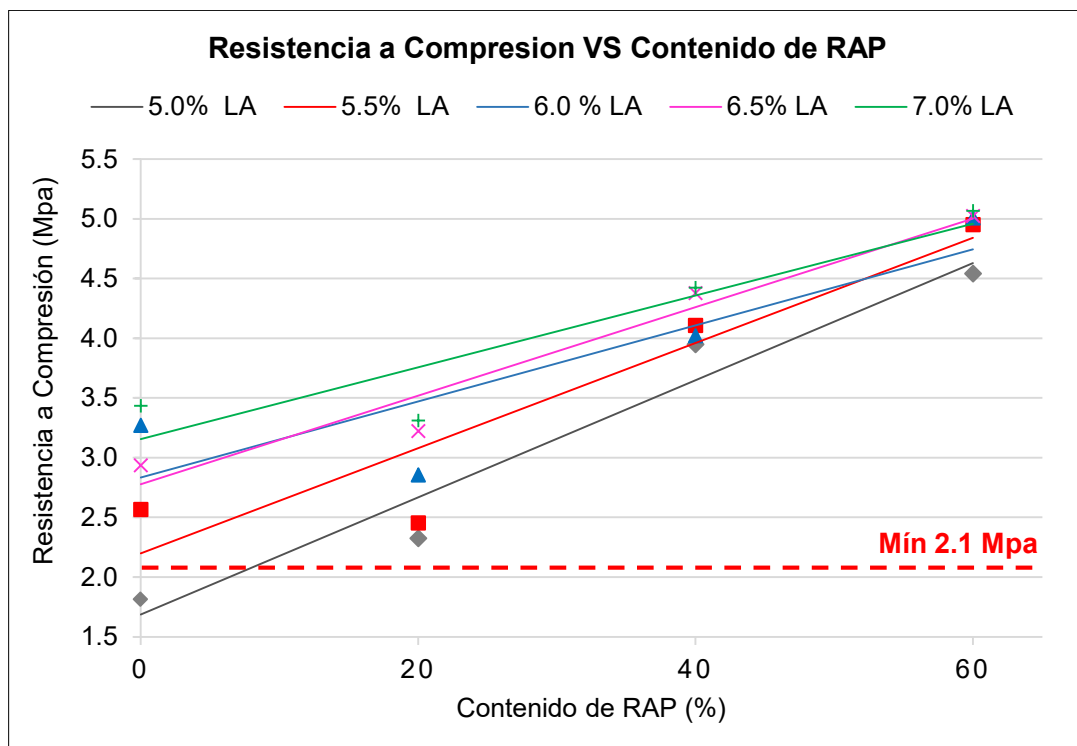
Los resultados promedios obtenidos del ensayo de resistencia a compresión simple quedan resumidos en la Tabla 64, para los diferentes tipos de mezcla asfáltica con distintos porcentajes de material asfáltico reciclado, comparada con la mezcla asfáltica convencional (Mezcla Patrón).

Tabla 64. Variación de los valores de resistencia a compresión simple, respecto al % Líquido asfáltico por cada tipo de mezcla.

Resistencia a Compresión Simple (Mpa)					
Tipo de Mezcla	% Líquido Asfáltico				
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
MAC - 0% RAP	1.81	2.57	3.27	2.94	3.43
MAC - 20% RAP	2.32	2.45	2.86	3.22	3.31
MAC - 40% RAP	3.95	4.11	4.02	4.38	4.42
MAC - 60% RAP	4.54	4.95	5.01	5.02	5.06

Fuente: Elaboración propia.

Figura 91. Variación de los valores de resistencia a compresión simple, respecto al % de RAP, por cada % de líquido asfáltico.



Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de la Tabla 64 y Figura 91 se observa que los valores de resistencia a compresión crecen a medida que va aumentando el contenido de material reciclado. Todo esto parece confirmar, que este comportamiento se debe a que el material reciclado aporta asfalto envejecido el cual tiende a rigidizar a la nueva mezcla. Al incrementar el líquido asfáltico a la mezcla, esta tiende a aumentar notablemente la resistencia a compresión para la mezcla convencional (MAC – 0% RAP), a diferencia de las mezclas con 20%, 40% y 60% de material reciclado que tiende a aumentar en una cantidad mínima.

Con respecto al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013), capítulo IV, sección 423, establece que las mezclas asfálticas en caliente deben presentar valores de resistencia a compresión mínimo de 2.1 Mpa, lo cual en la Figura 87 se observa que todos los valores están muy por encima del rango mínimo establecido por la norma.

4.2.6. Análisis estadístico OE3

La correlación es en sentido directo porque se obtiene el valor de ,951; lo cual, cumple con una correlación positiva muy alta porque a valores altos de material asfáltico reciclado pertenecen valores altos de resistencia a la compresión de igual manera con los valores bajos, la correlación positiva perfecta conjetura una determinación absoluta entre las dos variables (en sentido directo) existe una relación lineal muy fuerte con pendiente positiva. Según la Tabla 65 para el valor ,049 se declara un 4.9% de significancia estadística.

Tabla 65. Correlación material asfáltico reciclado y resistencia a la compresión

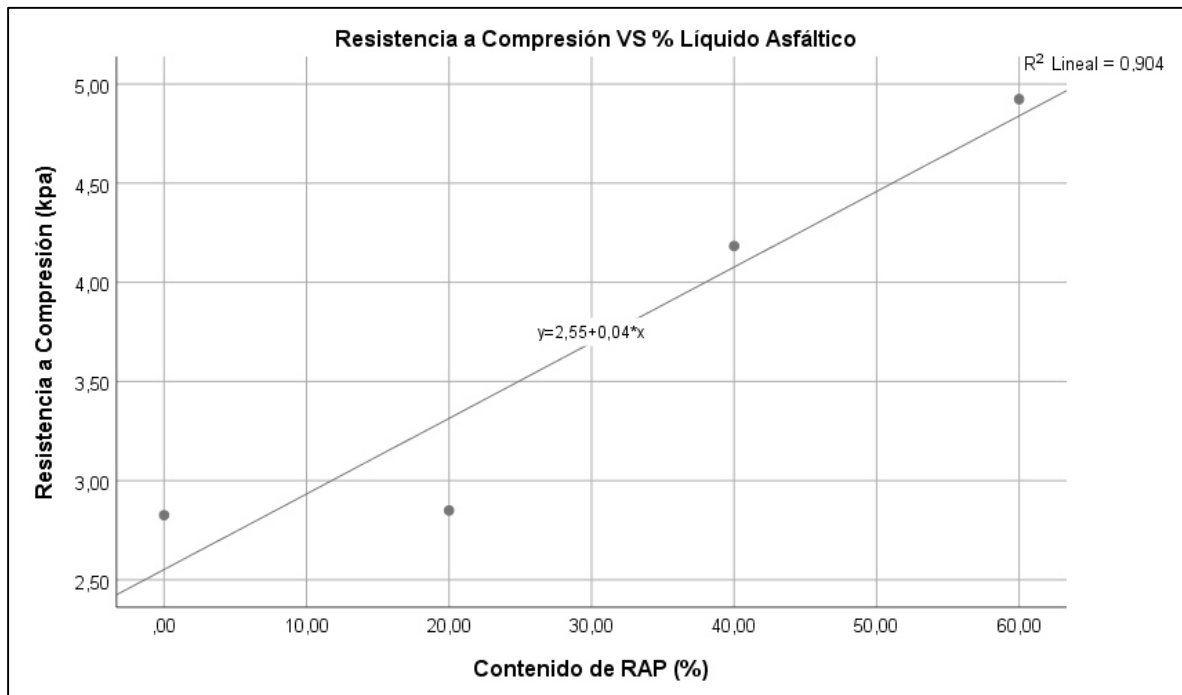
Correlaciones

		Contenido de RAP (%)	Resistencia a Compresión (kpa)
Contenido de RAP (%)	Correlación de Pearson	1	,951*
	Sig. (bilateral)		,049
	N	4	4
Resistencia a Compresión (kpa)	Correlación de Pearson	,951*	1
	Sig. (bilateral)	,049	
	N	4	4

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia - software SPSS v.25

Figura 92. Gráfico de correlaciones Contenido de RAP vs Resistencia a Compresión



4.2.7. Óptimos resultados de los diseños de mezcla asfáltica

De acuerdo al comportamiento mecánico de cada mezcla, se obtiene el porcentaje óptimo de líquido asfáltico mediante los ensayos Marshall y Tracción Indirecta. El ensayo de resistencia a compresión simple podría haber sido útil, pero, todas las mezclas cumplen con los parámetros mínimos establecidos por la norma.

Según el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” recomienda utilizar porcentajes superiores al 6%, para casos de pavimentos bituminosos ubicados en zonas con altitud mayor de 3000 m.s.n.m. esto dependerá de las condiciones propias de obra y la calidad de los agregados. Teniendo en cuenta esta recomendación, se eligió el contenido óptimo de líquido asfáltico para cada tipo de mezcla, que cumplen los parámetros de la norma.

Tabla 66. Parámetros de diseño de la mezcla asfáltica, para el óptimo contenido de líquido asfáltico, por cada tipo de mezcla.

Parámetros de diseño de la mezcla asfáltica	Requerimiento	Diseño			
Contenido de material reciclado (%)	40% mín.	0	20	40	60
Contenido óptimo de L.A. global (%)	----	6.0	6.0	6.0	6.0
% Líquido asfáltico nuevo (%)	----	6.0	4.8	3.7	2.5
Granulometría	MAC - 2	ok	ok	ok	ok
Marshall (MTC E 504)					
Densidad (g/cm ³)	----	2.27	2.27	2.28	2.29
Vacíos aire VTM (%)	3 - 5	5.0	3.4	3.0	1.6
Vacíos agregado mineral VMA (%) ⁴⁴⁴	15% mín.	17.2	15.5	15.1	13.8
Vacíos llenos asfalto VFA (%)	----	70.80	78.27	80.10	88.21
Flujo (mm)	2 - 4	3.9	3.9	3.5	2.8
Estabilidad (kg)	831 mín.	950	1126	1295	1308
Rigidez (kg/cm)	1700 - 4000	2545	2830	3709	4715
Resistencia retenida en la prueba de tracción indirecta MTC E 522 (%)	80% mín.	90.5	90.7	87.7	81.6
Resistencia a compresión simple MTC E 513 (Mpa)	2.1 mín.	2.83	2.85	4.18	4.92
Pérdida por desgaste MTC E 515 (%)	----	6.69	6.57	8.40	10.44
Criterio de Aceptación		Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple

Fuente: Certificado de los ensayos de laboratorio, Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 66, se puede observar que para los diseños MAC – 0% RAP, MAC – 20% RAP, MAC – 40% RAP cumplen los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras a diferencia del diseño MAC – 60% RAP que no cumple con los parámetros del ensayo Marshall específicamente en el porcentaje de vacíos con aire, vacíos en el agregado mineral y rigidez.

4.3. Discusión de resultados

Según los resultados obtenidos, de acuerdo a la tabla 66, se evidencia que, al añadir material asfáltico reciclado en una nueva mezcla, el flujo disminuye de 3.9 mm a 2.8 mm; en cuanto a la estabilidad, esta última aumenta de 950 kg a 1308 kg, de igual manera, se constata con (Sánchez, 2017), según los resultados obtenidos para su estudio, en una mezcla asfáltica adicionada con material reciclado e incorporado con cal al 1.5%, el flujo disminuye de 4.1 mm a 3.1 mm, lo cual indica que la mezcla reciclada proporciona mayor rigidez además de proporcionar propiedades elásticas a la mezcla, es decir se obtiene una mezcla con cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes. Por otro lado, la estabilidad aumenta de 1263 kg a 1606 kg.

Por lo tanto, se concluye que la mezcla reciclada y mejorada con cal aporta mayor rigidez que la mezcla convencional, ayudando ante desplazamientos permanentes y deformaciones bajo las cargas del tránsito vehicular.

En la evaluación de los ensayos realizados de acuerdo a la tabla 66, se corrobora la viabilidad de elaborar una nueva mezcla asfáltica en caliente incorporando hasta un 40% de material asfáltico reciclado en una nueva mezcla, debido al comportamiento mecánico que cumple y en base al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”, de igual manera, en contraste con (Chuman, 2016), obtiene como resultado que una mezcla asfáltica adicionada con material reciclado es más ventajoso por su contenido de material ligante y agregado

aportante. Finalmente concluye que, el porcentaje más adecuado es de 25% de material reciclado mezclado con 75% de material nuevo o virgen.

De acuerdo al análisis de tracción indirecta de la tabla 66, se corrobora que, a mayor cantidad de material reciclado en mezcla, la resistencia retenida disminuye desde un 90.5% para la mezcla convencional hasta 81.6% para la MAC - 60% RAP debido a que el cemento asfáltico envejecido es más sensible al agua y presenta mayor dureza; se contrasta con (Alarcón, 2003) lo cual logró como resultado que el agua tuvo un efecto negativo cuando los porcentajes de material reciclado sobrepasaron el 30-35%, es por estos valores que su resistencia retenida al daño inducido por humedad disminuye drásticamente. lo cual concluye que, las mezclas son más frágiles al aumentar el porcentaje de material reciclado. Para prevenir este problema, es necesario evitar que la resistencia retenida tras inmersión sea menor de 75%, además de exigir una resistencia de tracción indirecta en seco de 2 Mpa para mezclas densas como mínimo en el caso de las mezclas gruesas (gradación abierta), y de 2.5 Mpa para mezclas densas y semidensas.

En el ensayo Cántabro, para el presente estudio, de acuerdo a la tabla 66 se evidencia que, al incrementar el contenido de material reciclado, la mezcla presenta un mayor desgaste por abrasión desde 6.69% para la mezcla convencional a 10.44% para la MAC – 60%, por ende, pierde cohesión y adhesividad; mientras que, en el estudio de (Pérez, 2011) concluye que, en el ensayo de Cántabro se pudo observar que a medida que la presencia de material reciclado en la mezcla en mayor, las pérdidas por desgaste se incrementan debido a la dureza del cemento asfáltico, sin embargo, lo antes mencionado anterior no se cumple para la mezcla con 10% RAP al compararla con la mezcla convencional. Las pérdidas de la mezcla con 10% RAP son menores a las pérdidas de la mezcla convencional debido a la combinación de dos tendencias, de todos modos, para cualquier porcentaje (10% – 40%) de material reciclado adicionado a la mezcla asfáltica tienen buena cohesión y adhesividad, presentando pérdidas por desgaste inferiores a las máximas admitidas (menores a 15%) de acuerdo con la normativa española y finalmente aporta que, a mayor

porcentaje de material reciclado mayor será la resistencia a la tracción indirecta, así como también aumenta la rigidez y fragilidad de las mezclas.

CONCLUSIONES

- A partir de la evaluación de los ensayos realizados se corrobora que, es viable elaborar una nueva mezcla asfáltica en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres. Sin embargo; solo es posible añadir hasta el 40% de material asfáltico reciclado en una nueva mezcla, debido al comportamiento mecánico cumple con las “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”. Además, el óptimo contenido de líquido asfáltico es del 6% (cemento asfáltico PEN 85/100), considerando que, el 40% de material reciclado aporta a la mezcla en un aproximado de 3.67% de líquido asfáltico.
- En el análisis de parámetros Marshall se comprueba que, a mayor contenido de material reciclado, el contenido de vacíos con aire (VTM) disminuye, del 5.00% para la mezcla patrón MAC – 0% RAP hasta 1.63% para la MAC – 60% RAP. En cuanto a los vacíos en el agregado mineral (VMA) se corrobora que disminuyen a medida que aumenta el material asfáltico reciclado del 17.24% para la mezcla patrón MAC – 0% RAP al 13.80% para la MAC – 60% RAP. Por otra parte, sobre los valores de estabilidad Marshall se comprueba que, al añadir material asfáltico reciclado en la nueva mezcla, la estabilidad aumenta de 952 kg para la mezcla patrón MAC – 0% RAP a 1381 kg para la MAC – 60% RAP. Los valores del flujo disminuyen a medida que aumenta el material reciclado en un rango de 3.94 mm a 3.02 mm, para la mezcla patrón MAC - 0% RAP y MAC – 60% RAP respectivamente. Finalmente, los valores de rigidez aumentan con la incorporación de material asfáltico reciclado desde 2552 kg/cm para la mezcla patrón MAC - 0% RAP hasta 4630 kg/cm para MAC – 60% RAP. El comportamiento de estos parámetros Marshall se debe a que el material reciclado ha estado expuesto a procesos de oxidación que hacen más rígida la mezcla y por consiguiente tolere menos deformación.
- De acuerdo al análisis de los resultados de tracción indirecta se comprueba, a mayor cantidad de material reciclado en mezcla, la resistencia retenida disminuye del 95% para la mezcla patrón MAC - 0% RAP hasta el 82% para la

MAC – 60% RAP, este comportamiento se debe a que el cemento asfáltico envejecido es más sensible al agua y presenta mayor dureza.

- La diferencia en cuanto a la resistencia a compresión de la mezcla con material reciclado en relación a la mezcla convencional aumenta paulatinamente de 2.4 Mpa para la mezcla patrón MAC - 0% RAP a 5.0 Mpa MAC – 60% RAP, confirmando que este comportamiento se debe a que el material reciclado aporta asfalto envejecido, el cual tiende a rigidizar la nueva mezcla y por ende adquiere más resistencia, el aumento de rigidez influye en la mecánica del material de la mezcla y por ende disminuye su capacidad de dilatación y contracción.
- Se verifica a través del ensayo Cántabro, que, al incrementar el contenido de material reciclado, el desgaste por abrasión aumenta de 6.7% para la mezcla patrón MAC – 0% RAP a 10.4% para la MAC – 60% RAP, esto quiere decir que las mezclas con mayor contenido de material reciclado presentan un mayor desgaste por abrasión debido a la dureza del cemento asfáltico envejecido que aporta el material reciclado, por consiguiente, la mezcla pierde cohesión y adhesividad.

RECOMENDACIONES

- Los ensayos de comportamiento mecánico (Marshall, Tracción Indirecta, Resistencia a compresión simple, Cántabro) demuestran que es viable incorporar máximo hasta un 40% de material reciclado, por ello se recomienda realizar investigaciones que incorporen un agente rejuvenecedor para mejorar las propiedades del asfalto oxidado, tal que permita utilizar mayores porcentajes de material reciclado.
- Se recomienda utilizar una granulometría abierta dentro del huso granulométrico para impedir que un alto contenido de material reciclado en la mezcla provoque el cierre de vacíos con aire.
- Para verificar los beneficios de las propiedades de la mezcla con material reciclado en esta investigación, se recomienda realizar tramos de prueba, que permitan medir el desempeño de las mezclas in situ.
- Realizar el análisis económico (costo/beneficio) de la elaboración de pavimentos con mezcla asfáltica modificada utilizando material asfáltico reciclado en comparación a la mezcla asfáltica convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, J. *Estudio del Comportamiento de Mezclas Bituminosas Recicladas en Caliente en Planta*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales Y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica De Cataluña. Cataluña, 2003. Tesis Doctoral.
- ASOPAC. *Asociación de productores y pavimentadores asfálticos*. Bogota.Colombia. 2014.
- ARRA. *Asociación de reciclado y recuperación de asfalto. Manual Básico De Reciclaje De Asfalto*. Illinois. 2015.
- ASPHALT INSTITUTE MS-22. *Principios de construcción de pavimentos de mezclas asfálticas en caliente*.
- BAUTISTA, M. *Características del asfalto en el comportamiento de mezclas asfálticas mdc-2 del INVIAS*. Universidad Militar Nueva Granada. Bogota. 2012.
- CAICEDO, S. *Estudio de la susceptibilidad al daño por humedad de una mezcla asfáltica para rodadura utilizando asfalto 80-100 y su relación con el desempeño de campo*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2014.
- CALDERON, J., DE LOS GODOS, L y DEL AGUILA, E. *La Tesis de Posgrado, Un enfoque multidisciplinario*. Fondo Editorial. Lima. 2013.
- CARRASCO, D. *Estudio comparativo entre mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas con emulsiones tibias*. Universidad de Piura. Piura. Tesis de Pregrado. 2004.
- CHUMAN, J. *Reutilización de pavimento envejecido mediante el empleo de una planta procesadora de mezcla asfáltica en caliente para pavimentos en Huancayo 2016*. Universidad Peruana Los Andes. Huancayo. Tesis de Pregrado. 2016.
- CIMPEANU, R. *Efecto de las condiciones de mezclado en las propiedades mecánicas de las mezclas bituminosas recicladas en caliente*. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. Tesis de Pregrado. 2017.
- CRESPIN, R., SANTA CRUZ, I., y TORRES, P. *Aplicacion del metodo superpave y granulometria superpave en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño*. Universidad De El Salvador. Salvador. 2012.
- ESTRADA, V. *Estudio y analisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional pen 85-100 plus y mezcla asfáltica modificada con polimero tipo sbs pg 70-28*. Universidad Andina de Cusco. Cusco. 2017.

- FERNÁNDEZ, V. *Reciclado en frío de pavimentos flexibles, con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Tesis de Pregrado. 2012.
- FIGUEROA, A. *Análisis de la susceptibilidad al daño por la humedad de una mezcla asfáltica a partir del ensayo mist*. Unisalle. Bogota. 2016.
- GARNICA, P., DELDAO, H., y SANDOVAL, C. *Análisis comparativo de los métodos . sanfandila* : Laboratorios Acreditados EMA. 2005.
- GONZÁLES, R. *Metodología de la investigación científica para las ciencias técnicas*. Cuba. Universidad de Mantanzas. 2003.
- HERNANDEZ, O. *Comportamiento de las mezclas asfálticas a diferentes niveles de compactación*. México. 2014.
- HÉRNANDEZ, R. *Metodología de la investigación*. Mcgraw Hill. México. 2014.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación* Mcgraw Hill. México, 2014.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. Ciudad de Mexico. 2004.
- JIMENEZ, R. *Metodología de la investigación*. Ciencia Médicas. Habana. 2002.
- KIRK. *Comportamiento de pavimentos flexibles*. Estados Unidos. 2007.
- LOPÉZ, M. *Utilización de aditivos polimeros en pavimentos flexibles*. Lima. Meblatam. 2014.
- MTC. *Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. 2013.
- MTC. *Manual de Carreteras: Suelos Geología, Gotecnia y Pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. 2014.
- MTC. *Manual de ensayos de materiales*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima. 2016.
- MONTEJO, A. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá. 1997.
- MULLER, W. *Caracterización de la humedad dentro de los pavimentos granulares no unidos utilizando un radar de penetración de tierra con desplazamiento múltiple*. The University Of Queensland. Australia. 2016.
- ONTIVEROS, L. *Evaluación de la adherencia entre capas de pavimento empleando diferentes emulsiones asfálticas*. México. 2013.

- OSEGA, D. *Aprender y enseñar investigación científica*. Huancavelica. 2011.
- PÉREZ, M. *Diseño y caracterización mecánica de mezclas discontinuas recicladas para capas de rodadura*. departamento de infraestructura del transporte y del territorio. Tesina de Especialidad. Universidad Politécnica de Cataluña. Cataluña. 2011.
- PÉREZ, F., y MIRO, R. *Nuevos ensayos para la caracterización de ligantes y mezclas asfálticas*. Cataluña. España. 2005.
- PITRA - LanammeUCR. Programa de Infraestructura del Transporte. *Mezclas asfálticas con RAP: Pavimentos asfálticos reciclados*. Boletín Técnico volumen 10, N.º1, enero 2019.
- RAMÍREZ, A. *Metodología de la investigación*. Bogota. 2003.
- RAMÓN, R. *El Método científico y sus etapas*. Mexico. 2007.
- RENGIFO, J., y VARGAS, M. *Análisis comparativo entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado en las cuadras 1 - 29 de la avenida la - paz San Miguel - Lima*. Tesis de Pregrado. Universidad de San Martín de Porres. Lima. 2017.
- RODRÍGUEZ, J., y RODRÍGUEZ, C. *Evaluación y Rehabilitación de pavimentos flexibles por el método de reciclaje*. tesis de Doctorado en Ingenierías, Universidad de El Salvador. 2004.
- RONDÓN, H., y REYES, F. *Pavimentos: Materiales, Contrucción y Diseño*. Macro. Bogotá. 2015.
- SALOUR, F. *Influencia de la humedad en el comportamiento estructural de los pavimentos*. Stockholm. Royal Institute Of Technology. 2015.
- SÁNCHEZ, M. *Diseño y comparación del pavimento flexible mejorado por el metodo del reciclaje en la carretera lima-canta (km 78+000 al km 79+000), Lima*. 2017. Tesis de Pregrado. Universidad Cesar Vallejo. Lima. 2017.
- TAFUR, N. *Criterios de evaluación para el reciclado de mezclas asfálticas, aplicación a la carretera San Mateo - La Oroya tramo III*. Tesis de Pregrado. Univerisdad Nacional de Ingeniería. Lima. 2005.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. *Diseño moderno de pavimentos asfálticos*. Instituto de Construcción y Gerencia. Lima. 2006.
- URREGO, E., y RUÍZ, C. *Determinación de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos convencionales y materiales de peña y río*. Bogotá. 2016.

VALDERRAMA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. San Marcos E.I.R.L. Lima. 2015.

VALERIANO, W., y CATAFORA, A. *Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. 2014.

WIRTGEN. *El mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen*. 2018.

YARANGO, E. *Rehabilitación de la carretera de acceso a la sociedad minera Cerro Verde (s.m.c.v) desde la prog. km 0+000 hasta el km 1+900, en el distrito de Uchumayo, Arequipa, Arequipa. empleando el sistema bitufofor para reducir la reflexión de grietas y prolongar la vida útil del pavimento*. Tesis de Pregrado. Universidad Ricardo Palma. Lima. 2014.

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO

1.1. Extracción y reposición de la carpeta asfáltica reciclada

Fotografía N° 1: Extracción de la carpeta asfáltica de la Av. Andrés A. Cáceres



Fotografía N° 2: Preparación de la emulsión asfáltica



Fotografía N° 3: Colocación de la mezcla asfáltica en frío



Fotografía N° 4: Reposición total de la carpeta asfáltica reciclada.



1.2. Extracción cuantitativa de asfalto

Fotografía N° 5: Especímenes de la carpeta asfáltica.



Fotografía N° 6: Especímenes puestos en el horno a 120° C.



Fotografía N° 7: Pesado del espécimen.



Fotografía N° 8: Colocación del espécimen en la centrifuga.



Fotografía N° 9 Fin de la extracción de asfalto del espécimen.



1.3. Trituración manual del material asfáltico reciclado

Fotografía N° 10: Tamizaje del material reciclado con la malla N° 3/4



1.4. Análisis granulométrico del material reciclado

Fotografía N° 2: Tamizaje del material reciclado.



Fotografía N° 12: Pesado del material retenido en el tamiz.



1.5. Análisis granulométrico del material virgen de adición

Fotografía N° 13: Tamizaje del agregado virgen.



Fotografía N° 3: Pesado del agregado retenido en el tamiz.



1.6. Elaboración de los especímenes para el ensayo Marshall, tracción indirecta y cántabro.

Fotografía N° 5: Pesado del agregado virgen más el líquido asfáltico.



Fotografía N° 4: Proceso de mezclado del material reciclado con la nueva mezcla.



Fotografía N° 7: Control de la temperatura de mezclado.



Fotografía N° 6: Calentamiento de las briquetas



Fotografía N° 8: control de la temperatura de compactación.



Fotografía N° 9: Compactación de la mezcla asfáltica, 75 golpes en ambas caras



Fotografía N° 10: Extracción de los especímenes del molde.



Fotografía N° 11: Especímenes elaborados con diferentes porcentajes de material reciclado.



1.7. Elaboración de los especímenes para el ensayo a compresión simple

Fotografía N° 13: Control de la temperatura de compactación.



Fotografía N° 12: Compactación de la mezcla con una carga de 17360 kgf.



Fotografía N° 14: Especímenes desmoldados.



1.8. Ensayo Marshall

Fotografía N° 15: Pesado del espécimen.



Fotografía N° 16: Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua.



Fotografía N° 17: Especímenes sumergidos en agua a una temperatura de 60 °C por un periodo de 35 a 40 minutos.



Fotografía N° 19: Medición de la estabilidad y flujo del espécimen en la Prensa Marshall.



Fotografía N° 18: Espécimen después de haber sido ensayado en la Prensa Marshall.



1.9. Ensayo de tracción indirecta

Fotografía N° 20: Especímenes del subgrupo seco sumergidos en agua a una temperatura de 25 °C por un periodo de 2 horas.



Fotografía N° 22: Subgrupo seco ensayado con la mordaza Lottman en la máquina de carga a compresión.



Fotografía N° 21: Falla del espécimen a tracción indirecta (Subgrupo seco).



Fotografía N° 23: Fractura de los agregados despues del ensayo de tracción indirecta (Subgrupo seco).



Fotografía N° 25: Adición de 10 ml. de agua en una bolsa hermética (Subgrupo acondicionado).



Fotografía N° 24: Subgrupo acondicionado colocado en la congeladora por 16 horas a -18 ± 2 °C.



Fotografía N° 26: Subgrupo acondicionado colocado en el baño de agua por 24 horas a 60 °C.



Fotografía N° 28: Subgrupo acondicionado ensayado con la mordaza Lottman en la máquina de carga a compresión (Subgrupo acondicionado).



Fotografía N° 27: Falla del espécimen a tracción indirecta (Subgrupo acondicionado).



1.10. Ensayo a compresión simple de mezclas asfálticas

Fotografía N° 29: Especímenes colocados en el baño de agua por 4 horas a 25 °C.



Fotografía N° 30: Espécimen ensayado en la máquina de carga a compresión.



Fotografía N° 31: Falla del espécimen a compresión.



1.11. Ensayo Cántabro

Fotografía N° 32: Espécimen ensayado en la máquina de los Ángeles.



Fotografía N° 34: Espécimen antes de ser ensayado.



Fotografía N° 33: Espécimen después de haber sido ensayado.



ANEXO 2: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS

2.1. Ensayos de caracterización de agregados



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

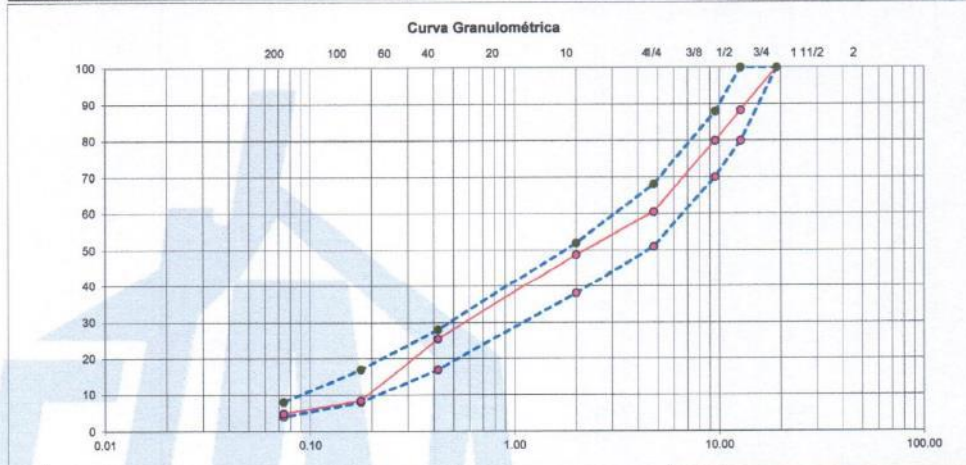
975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CONTENIDO DE BITUMEN / ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	LAB-CIAA-ASF-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 2172 / MTC E - 502

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Carpeta asfáltica de la Av. Andres A. Cáceres, Distrito Nueve de Julio, Concepción, Junín
N° DE MUESTRA	: 1
Fecha de ensayo: 05/08/2020	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	%			ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GRADACIÓN	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO TAMIZ 3/4"
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE		
3"	76.200						Descripción de la muestra Peso Inicial : 1020.90 Peso Lavado : 962.30 Peso Asfalto : 58.60 % C Asfáltico : 5.74%
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050			100.00	100.00		
1/2"	12.700	112.40	11.7	11.7	88.3	80	100
3/8"	9.525	80.20	8.3	20.0	80.0	70	88
1/4"	6.350						
Nro 4	4.760	188.10	19.5	39.6	60.4	51	68
Nro 8	2.380						
Nro 10	2.000	112.50	11.7	51.3	48.7	38	52
Nro 16	1.190						
Nro 20	0.840						
Nro 30	0.590						
Nro 40	0.420	224.40	23.3	74.6	25.4	17	28
Nro 50	0.297						
Nro 60	0.250						
Nro 80	0.177	163.80	17.0	91.6	8.4	8	17
Nro 200	0.074	34.20	3.6	95.1	4.9	4	8
< Nro.200		46.70	4.9	100.00			
TOTAL							



OBSERVACIONES :

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP: 1301003 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA
--	--	--



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

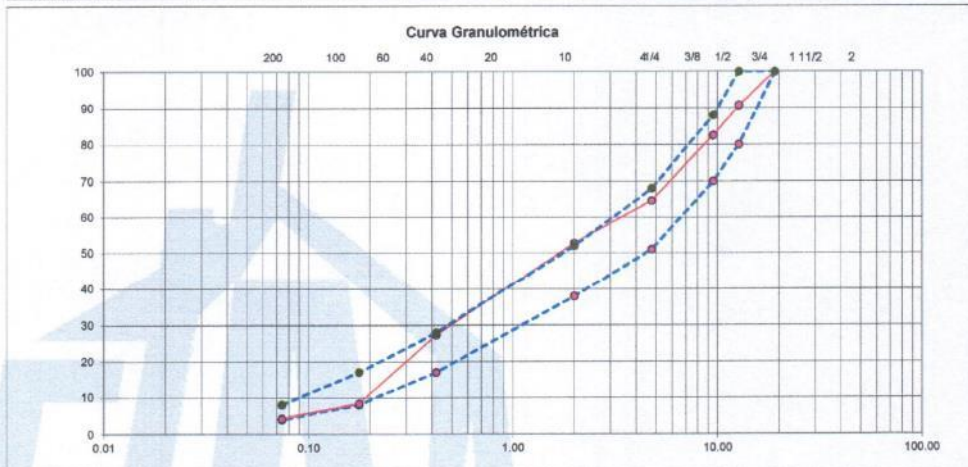
975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CONTENIDO DE BITUMEN / ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	LAB-CIAA-ASF-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 2172 / MTC E - 502

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Carpeta asfáltica de la Av. Andres A. Cáceres, Distrito Nueve de Julio, Concepción, Junín
N° DE MUESTRA	: 2
Fecha de ensayo: 05/08/2020	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO (gr)	%			ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GRADACIÓN	TAMANO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO TAMIZ 3/4"
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE		
3"	76.200						Descripción de la muestra Peso Inicial : 1015.30 Peso Lavado : 957.70 Peso Asfalto : 57.60 % C.Asfáltico : 5.67%
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.00	100.00	
1/2"	12.700	89.10	9.3	9.3	90.7	80	100
3/8"	9.525	78.90	8.2	17.5	82.5	70	88
1/4"	6.350						
Nro.4	4.760	170.80	17.8	35.4	64.6	51	68
Nro.8	2.380						
Nro.10	2.000	114.30	11.9	47.3	52.7	38	52
Nro.16	1.190						
Nro.20	0.840						
Nro.30	0.590						
Nro.40	0.420	242.90	25.4	72.7	27.3	17	28
Nro.50	0.297						
Nro.60	0.250						
Nro.80	0.177	182.00	19.0	91.7	8.3	8	17
Nro.200	0.074	39.60	4.1	95.8	4.2	4	6
< Nro.200		40.10	4.2	100.00			
TOTAL							



OBSERVACIONES :

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
--	--	---



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

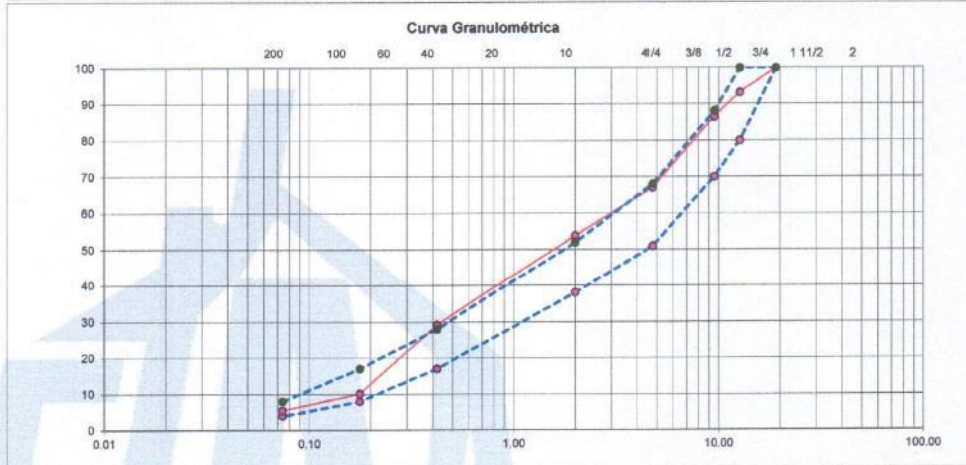
975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CONTENIDO DE BITUMEN / ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	LAB-CIAA-ASF-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 2172 / MTC E - 502

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Carpeta asfáltica de la Av. Andrés A. Cáceres, Distrito Nueve de Julio, Concepción, Junín
N° DE MUESTRA	: 3
Fecha de ensayo: 05/08/2020	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO (gr)	%			ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GRADACIÓN	TAMANO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO TAMIZ 3/4"
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE		
3"	76.200					MAC-2	Descripción de la muestra
2"	50.800						Peso Inicial : 984.10
1 1/2"	38.100						Peso Lavado : 924.70
1"	25.400						Peso Asfalto : 59.40
3/4"	19.050				100.00	100.00	% C. Asfáltico : 6.04%
1/2"	12.700	63.40	6.9	6.9	93.1	80	100
3/8"	9.525	61.40	6.6	13.5	86.5	70	88
1/4"	6.350						
Nro 4	4.760	179.50	19.4	32.9	67.1	51	68
Nro 8	2.380						
Nro 10	2.000	122.20	13.2	46.1	53.9	38	52
Nro 16	1.190						
Nro 20	0.840						
Nro 30	0.590						
Nro 40	0.420	228.30	24.7	70.8	29.2	17	28
Nro 50	0.297						
Nro 60	0.250						
Nro 80	0.177	176.50	19.1	89.9	10.1	8	17
Nro 200	0.074	42.20	4.6	94.5	5.5	4	8
< Nro.200		51.20	5.5	100.00			
TOTAL							



OBSERVACIONES :

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEG. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP: 130103	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

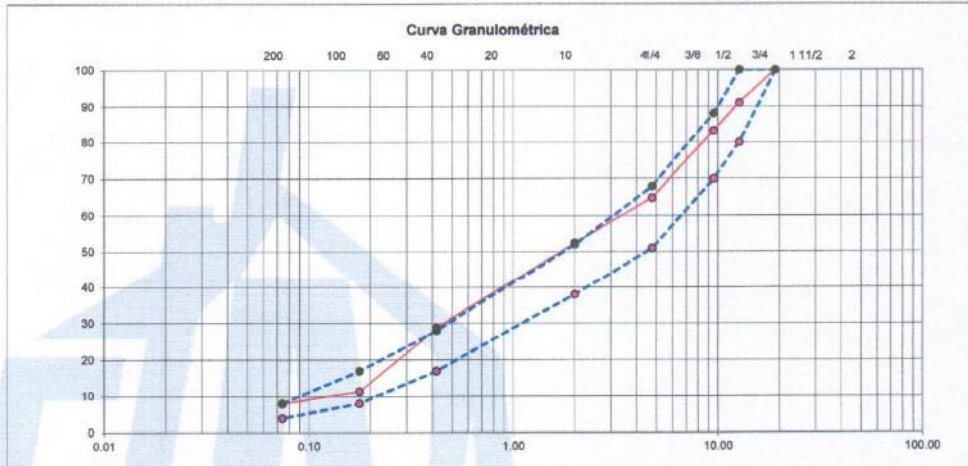
975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CONTENIDO DE BITUMEN / ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	LAB-CIAA-ASF-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 2172 / MTC E - 502

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Carpeta asfáltica de la Av. Andres A. Cáceres, Distrito Nueve de Julio, Concepción, Junín
N° DE MUESTRA	: 4
Fecha de ensayo: 05/08/2020	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO (gr)	%			ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GRADACIÓN	TAMANO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO TAMIZ 3/4"
			RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASANTE		
3"	76.200						Descripción de la muestra Peso Inicial : 990.10 Peso Lavado : 932.80 Peso Asfalto : 57.30 % C. Asfáltico : 5.79%
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050				100.00	100.00	
1/2"	12.700	84.10	9.0	9.0	91.0	80	100
3/8"	9.525	72.90	7.8	16.8	83.2	70	88
1/4"	6.350						
Nro 4	4.760	170.80	18.3	35.1	64.9	51	68
Nro 8	2.380						
Nro 10	2.000	116.30	12.5	47.6	52.4	38	52
Nro 16	1.190						
Nro 20	0.840						
Nro 30	0.590						
Nro 40	0.420	221.00	23.7	71.3	28.7	17	28
Nro 50	0.297						
Nro 60	0.250						
Nro 80	0.177	162.70	17.4	88.7	11.3	8	17
Nro 200	0.074	31.20	3.3	92.1	7.9	4	8
< Nro.200		73.80	7.9	100.00			
TOTAL							



OBSERVACIONES :

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TÉC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
--	---	---



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

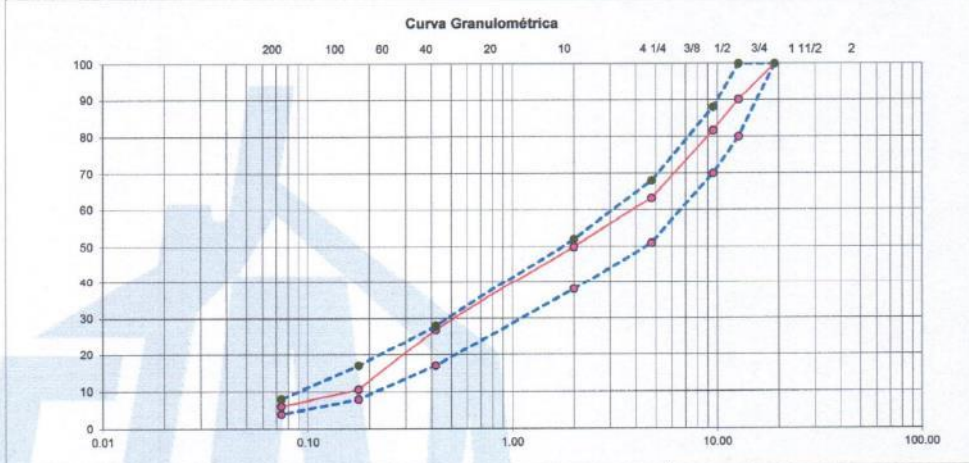
975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CONTENIDO DE BITUMEN / ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	LAB-CIAA-ASF-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 2172 / MTC E - 502

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Carpeta asfáltica de la Av. Andres A. Cáceres, Distrito Nueve de Julio, Conocepión, Junín
N° DE MUESTRA	: 5
Fecha de ensayo: 05/08/2020	

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO			ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GRADACIÓN		TAMANO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO TAMIZ 3/4"
			PARCIAL	ACUMULADO	PASANTE	MAC-2		
3"	76.200							Descripción de la muestra Peso Inicial : 1006.40 Peso Lavado : 947.80 Peso Asfalto : 58.80 % C. Asfáltico : 5.84%
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050				100.00	100.00		
1/2"	12.700	94.20	9.9	9.9	90.1	80	100	
3/8"	9.525	80.20	8.5	18.4	81.6	70	88	
1/4"	6.350							
Nro 4	4.760	174.50	18.4	36.8	63.2	51	68	
Nro 8	2.380							
Nro 10	2.000	124.80	13.2	50.0	50.0	38	52	
Nro 16	1.190							
Nro 20	0.840							
Nro 30	0.590							
Nro 40	0.420	218.70	23.1	73.1	26.9	17	28	
Nro 50	0.297							
Nro 60	0.250							
Nro 80	0.177	154.80	16.3	89.4	10.6	8	17	
Nro 200	0.074	42.80	4.5	93.9	6.1	4	8	
< Nro 200		57.60	6.1	100.00				
TOTAL								



OBSERVACIONES :

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.E.C. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151128 / 812880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS	Código	LAB-CIAA-AG-005
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	12/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
NTP 400.022 / MTC E - 205

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Agregado Fino
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE MUESTRAS	: 2 Fecha de ensayo: 10/08/2020

AGREGADO FINO					
N° de Pruebas	DESCRIPCIÓN	MUESTRA		Promedio	Adoptado
		N° 1	N° 2		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	250.00	250.00		
B	Peso de Fiola o Frasco + H2O	700.00	700.00		
C	Peso de la Fiola o Frasco + H2O + A = A+B	950.00	950.00		
D	Peso del Material + H2O en la Fiola o Frasco	853.00	853.00		
E	Vol. de Masa: Vol. de Vacío = C-D	97.00	97.00		
F	Peso Mat. Seco en Estufa (a 105°C)	246.10	245.90		
G	Vol. de Masa Vol. = C-(A-D)	93.10	92.90		
	Peso Esp. Seco $G_{sb} = F/E$	2.537	2.535	2.536	
	Peso Esp. Sat. Sup. Seca $G_{sssb} = A/E$	2.577	2.577	2.577	2.591
	Peso Esp. Aparente $G_{sa} = F/G$	2.643	2.647	2.645	
	% de Absorción $= ((A-F)/F) * 100$	1.585	1.667	1.63	

OBSERVACIONES : Según la Tabla 423.01 de la EG del MTC, los resultados obtenidos no cumplen con el requerimiento mínimo de absorción máximo (0.5%) para ser aceptado.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.C. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 1301U3	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



SANTA CRUZ
Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS	Código	LAB-CIAA-AG-006
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	12/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
NTP 400.021 / MTC E - 206

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Agregado Grueso
CANTERA	: Rio Seco - Apata - Jauja
N° DE MUESTRAS	: 2 Fecha de ensayo: 10/08/2020

AGREGADO GRUESO					
N° de Pruebas	DESCRIPCION	MUESTRA		Promedio	Adoptado
		N° 1	N° 2		
A	Peso Material Sat. Sup. Seca	945.00	932.00		2.666
B	Peso Material en la Canastilla	592.00	579.00		
C	Peso Mat. Seco en Estufa (105°C)	937.00	925.00		
	Peso Esp. Seco $G_{sb} = C/(A-B)$	2.654	2.620	2.637	
	Peso Esp. Sat. Sup. Seca $G_{ssab} = A/(A+B)$	2.677	2.640	2.659	
	Peso Esp. Aparente $G_{sa} = C/(C-B)$	2.716	2.673	2.695	
	% de Absorción $= ((A-C)/C)*100$	0.854%	0.757%	0.805%	

OBSERVACIONES : Según la Tabla 423.01 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento mínimo de absorción máximo (1%) para ser aceptado.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO J. Santa Cruz Veliz TÉC. SUP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. BIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ

SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DESGASTE POR ABRASIÓN	Código	LAB-CIAA-AG-007
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
NTP 400.019 / MTC E - 207

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Agregado Grueso - TMN 3/4"
CANTERA	: Rio Seco - Apata - Jauja
N° DE MUESTRAS	: 3 Fecha de ensayo: 07/08/2020

IDENTIFICACION	MUESTRA N°		
	1	2	3
Gradación	B	B	B
Peso Inicial	5001.1	5000.8	5000.4
Peso Mat Ret. Malla N° 12 gr.	4110.2	4182.6	4154.2
Peso Mat. Pasa Malla N° 12 gr.	890.9	818.2	846.2
Porcentaje Desgaste (%)	17.81%	16.36%	16.92%

PORCENTAJE DE DESGASTE : 17.03%

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.01 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento máximo (25%) de desgaste para ser aceptado.
El ensayo se realizó con la aplicación de 11 esferas de acero.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO	Código	LAB-CIAA-AG-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
NTP 400.019 / MTC E - 207

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Agregado Grueso / Agregado Grueso
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE MUESTRAS	: 1 Fecha de ensayo: 07/08/2020

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO DE PARTICULA	GRANULOMETRIA ORIGINAL	PESO DE LA FRACCIÓN ENSAYADA		% PERDIDA TOTAL	PERDIDA MEDIA
		ANTES	DESPUES		
1 1/2" - 3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4" - 1/2"	45.82	1500.00	1430.30	4.65	2.13
1/2" - 3/8"	23.21	1000.30	955.40	4.49	1.04
3/8" - N° 4	27.92	300.20	292.60	2.53	0.71
TOTAL	96.95	2800.50		11.67	3.88

Agregado Grueso: 3.88 %

AGREGADO FINO

TAMAÑO DE PARTICULA	GRANULOMETRIA ORIGINAL	PESO DE LA FRACCIÓN ENSAYADA		% PERDIDA TOTAL	PERDIDA MEDIA
		ANTES	DESPUES		
N° 4 - N° 8	34.75	750.00	725.00	3.33	1.16
N° 8 - N° 16	28.73	620.00	585.00	5.65	1.62
N° 16 - N° 30	12.88	278.00	255.00	8.27	1.07
N° 30 - N° 50	13.21	285.00	253.00	11.23	1.48
	10.43	225.00	185.00	17.78	1.85
TOTAL	100.00	2158.00			7.18

Agregado Fino : 7.18 %

OBSERVACIONES : Según las Tablas 436.01 - 436.02 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento máximo (18%) pérdida de durabilidad al sulfato de magnesio.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO <i>Javier Santa Cruz Veliz</i> TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO <i>Juan G. Dionisio Isla</i> JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP: 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. <i>[Firma]</i> CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
---	---	---

SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO	Código	LAB-CIAA-AG-010
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 5821 / MTC E - 210

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Agregado Grueso
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE MUESTRAS	: 1
Fecha de ensayo: 07/08/2020	

Con una cara de fractura a más

Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E	Obs.
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	502.60	502.60	100.0	35.8	3580.00
1/2"	3/8"	501.20	481.00	95.97	36.9	3541.28
Total:		1003.8	983.6		72.7	7121.3

Porcentaje con una o mas caras fracturadas	=	TOTAL E TOTAL D	=	97.95	%
--	---	--------------------	---	-------	---

Con dos a más caras fracturadas

Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E	Obs.
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	502.60	471.40	93.8	35.8	3357.76
1/2"	3/8"	501.20	449.30	89.64	36.9	3307.90
Total:		1003.8	920.7		72.7	6665.7

Porcentaje con dos o más caras fracturadas	=	TOTAL E TOTAL D	=	91.7	%
--	---	--------------------	---	------	---

A	PESO MUESTRA (g)
B	PESO MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS (g)
C	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS (%)
D	PORCENTAJE RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (%)
E	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS (%)

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.01 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento mínimo (85% / 70%) 1 cara / 2 caras respectivamente.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO <i>Javier Santa Cruz Veliz</i> TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO <i>Juan G. Dionisio Isla</i> JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. <i>Juan G. Dionisio Isla</i> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ

SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS	Código	LAB-CIAA-AG-010
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 4791 / MTC E - 223

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Agregado Grueso
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE MUESTRAS	: 1

Fecha de ensayo: 07/08/2020

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS							
Tamaño del Agregado		Granulometría		Peso partículas de muestra	Peso Partículas Chatas/Alargadas	% Partículas chatas/alargadas E=100*D/C	Promedio Ponderado A+D+E
Pasa Tamiz	Retenido T.	PESO RET. A	% RET. B				
2"	1 1/2"				Relacion espesor/longitud		
1 1/2"	1"				D		
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1884.34	35.44				
1/2"	3/8"	1925.45	36.21	1925.45	125.00	6.49	167.71
3/8"	1/4"	1507.03	28.34	1507.03	86.0	5.71	120.05
TOTAL		5316.82	100.00	3432.48	211.00		2.88

NOTA : Si el Porcentaje retenido (B) es menor a 5% la fracción no se ensaya
Si el Porcentaje retenido (B) esta entre 5% y 15%, se tomara un mínimo de 100 partículas
Si el Porcentaje retenido (B) es mayor a 15%, se tomara un mínimo de 200 partículas

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.01 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento máximo (10%) de partículas chatas y alargadas

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO <i>Javier Santa Cruz Veliz</i> Javier Santa Cruz Veliz TÉC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO <i>Juan G. Dionisio Isla</i> JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. <i>[Firma]</i> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA	Código	LAB-CIAA-MS-014
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AASHTO D2419 / MTC E - 114**

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Agregado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE MUESTRAS	: 3
Fecha de ensayo: 09/08/2020	

	DESCRIPCIÓN	1	2	3
1	Tamaño Máximo	Malla N° 4	Malla N° 4	Malla N° 4
2	Hora Entrada a Saturación	13.50	13.55	13.57
3	Salida de Saturación	14.00	14.05	14.07
4	Hora de Entrada a Decantación	14.00	14.05	14.07
5	Salida de Decantación	14.20	14.25	14.27
6	Altura del Material Fino (pulg)	5.05	5.05	5.00
7	Altura de la Arena (pulg.)	3.65	3.60	3.60
8	Equivalente de Arena	72.28%	71.29%	72.00%
PROMEDIO DE EQUIV. ARENA (%)		71.9%		

El % total del equivalente de arena	71.9%
--	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 423.01 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento mínimo de equivalente de arena mínimo (70%) para ser aceptado.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA



Especialistas en suelos y pavimentos.

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ADHERENCIA DE MEZCLAS AGREGADO - BITUMEN	Código	LAB-CIAA-ASF-017
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	15/08/2020

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
AASHTO T - 182 / MTC E - 517**

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE		
N° DE ESPECÍMENES	: 1	Fecha de ensayo:	11/08/2020

AGREGADO	TIPO DE LIGANTE	REVESTIMIENTO (%)	ADHERENCIA (%)
PIEDRA CHANCADA TAMAÑO MÁXIMO: 1/2"	ASFALTO LÍQUIDO PEN 85/100	100	+95

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 423.01 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con el requerimiento mínimo de adherencia (+95) para ser aceptado.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

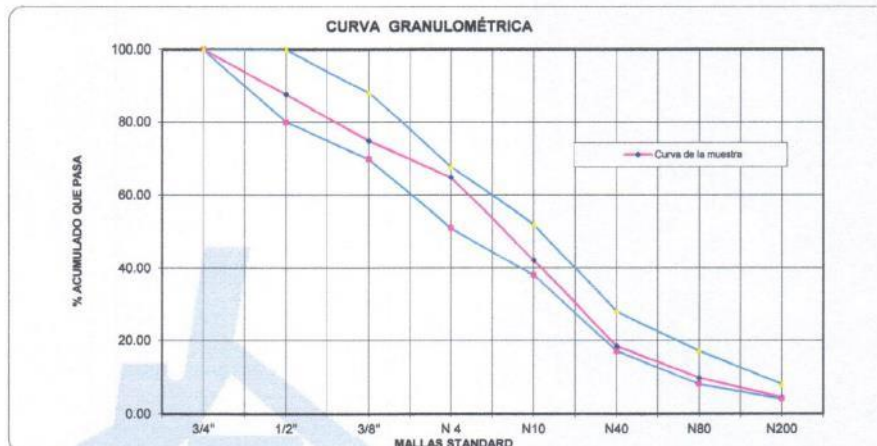
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-023
	DISEÑO DE MEZCLA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
Fecha de ensayo: 07/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHALL			
% de Agregado Grueso	%P= 35.00%	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
% de Agregado Fino	%P= 64.00%		
% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%		

Nº MALLA	GRAVA CHANCADA	GRAVILLA CHANCADA	MAT. ASF. RECICLADO	FILLER CAL	TOTAL	ESPECIFICACIONES MAC 2	
	35	64	0	1		LIM INF	LIM SUP
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	64.56	100.00	90.72	100.00	87.60	80.00	100.00
3/8"	28.34	100.00	82.98	100.00	74.92	70.00	88.00
N 4	0.00	100.00	64.05	100.00	65.00	51.00	68.00
N10	0.00	64.40	51.77	100.00	42.21	38.00	52.00
N40	0.00	27.17	27.31	100.00	18.39	17.00	28.00
N80	0.00	13.59	8.94	93.87	9.64	8.00	17.00
N200	0.00	5.54	4.55	78.83	4.33	4.00	8.00



OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. MONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 120103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
--	---	---

SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	Código	LAB-CIAA-ASF-023
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

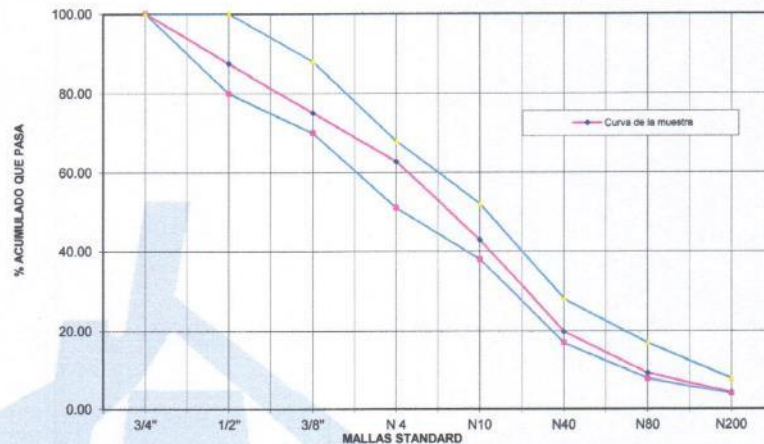
SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Mezcla Asfáltica en Caliente + 20% de material Asfáltico Reciclado
CANTERA	: Rio Seco - Apata - Jauja
Fecha de ensayo: 07/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHALL

% de Agregado Grueso	%P= 30.00%	% Material Asfáltico Reciclado	%P= 20.00%
% de Agregado Fino	%P= 49.00%	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%		

N° MALLA	GRAVA CHANCADA	GRAVILLA CHANCADA	MAT. ASF. RECICLADO	FILLER CAL	TOTAL	ESPECIFICACIONES MAC 2	
	30	49	20	1	100	LIM INF	LIM SUP
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	64.56	100.00	90.72	100.00	87.51	80.00	100.00
3/8"	28.34	100.00	82.98	100.00	75.10	70.00	88.00
N 4	0.00	100.00	64.05	100.00	62.81	51.00	68.00
N10	0.00	64.40	51.77	100.00	42.91	38.00	52.00
N40	0.00	27.17	27.31	100.00	19.77	17.00	28.00
N80	0.00	13.59	8.94	93.87	9.39	8.00	17.00
N200	0.00	5.54	4.55	78.83	4.41	4.00	8.00

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TÉC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
--	--	---

SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

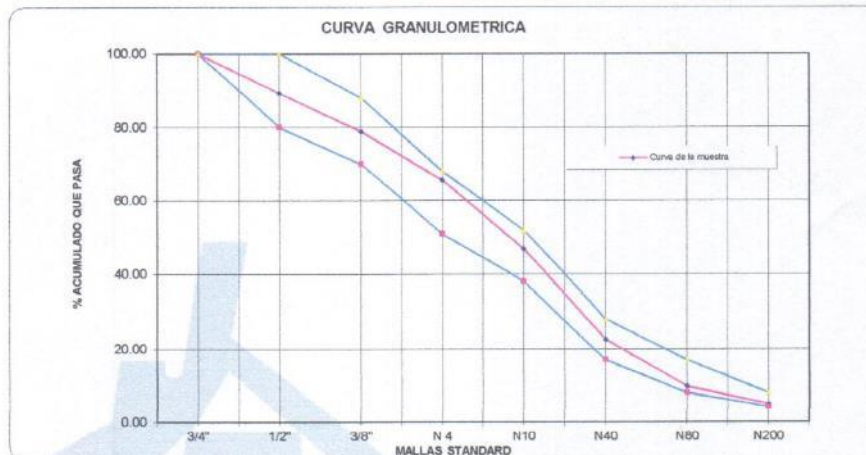
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	Código	LAB-CIAA-ASF-023
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Mezcla Asfáltica en Caliente + 40% de material Afáltico Reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
Fecha de ensayo: 07/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHALL			
% de Agregado Grueso	%P= 20.00%	% Material Asfáltico Reciclado	%P= 40.00%
% de Agregado Fino	%P= 39.00%	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%		

Nº	MALLA	GRAVA	GRAVILLA	MAT. ASF.	FILLER	TOTAL	ESPECIFICACIONES	
		CHANCADA	CHANCADA	RECICLADO	CAL		MAC 2	
		20	39	40	1	100	LIM INF	LIM SUP
	3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	1/2"	64.56	100.00	90.72	100.00	89.20	80.00	100.00
	3/8"	28.34	100.00	82.98	100.00	78.86	70.00	88.00
	N 4	0.00	100.00	64.05	100.00	65.62	51.00	68.00
	N10	0.00	64.40	51.77	100.00	46.82	38.00	52.00
	N40	0.00	27.17	27.31	100.00	22.52	17.00	28.00
	N80	0.00	13.59	8.94	93.87	9.82	8.00	17.00
	N200	0.00	5.54	4.55	78.83	4.77	4.00	8.00



OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ

SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
CIAA_SANTACRUZ@hotmail.com

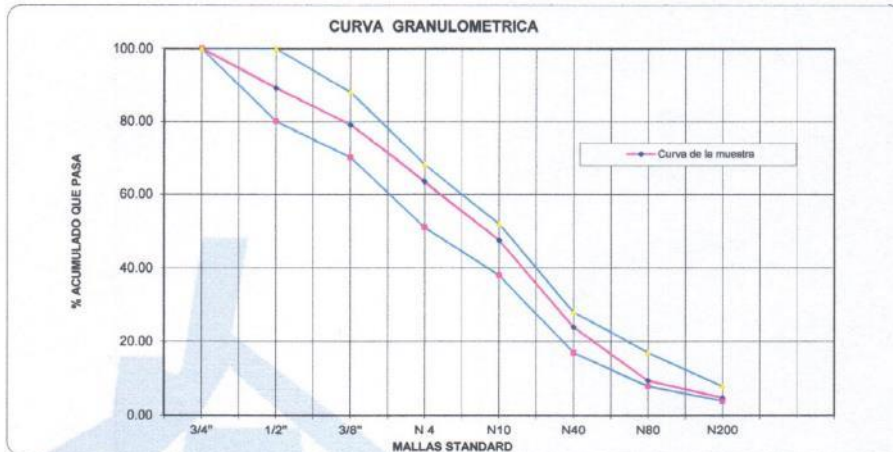
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	Código	LAB-CIAA-ASF-023
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	09/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Mezcla Asfáltica en Caliente + 60% de material Alfétrico Reciclado
CANTERA	: Rio Seco - Apata - Jauja
Fecha de ensayo: 07/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHALL			
% de Agregado Grueso	%P= 15.00%	% Material Asfáltico Reciclado	%P= 60.00%
% de Agregado Fino	%P= 24.00%	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%		

Nº	MALLA	GRAVA	GRÁVILLA	MAT. ASF.	FILLER	TOTAL	ESPECIFICACIONES	
		CHANCADA	CHANCADA	RECICLADO	CAL		MAC 2	
		15	24	60	1	100	LIM INF	LIM SUP
	3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	1/2"	64.56	100.00	90.72	100.00	89.12	80.00	100.00
	3/8"	28.34	100.00	82.98	100.00	79.04	70.00	88.00
	N 4	0.00	100.00	64.05	100.00	63.43	51.00	68.00
	N10	0.00	64.40	51.77	100.00	47.52	38.00	52.00
	N40	0.00	27.17	27.31	100.00	23.91	17.00	28.00
	N80	0.00	13.59	8.94	93.87	9.57	8.00	17.00
	N200	0.00	5.54	4.55	78.83	4.84	4.00	8.00



OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
--	--	---

SANTA CRUZ

2.2. Ensayos de desempeño de las MAC



**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 5.0 % líquido asfáltico
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECIMENES	: 3

Fecha de ensayo: 11/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{24} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	$P_{en} = 85-100$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{25} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{Asfalta} = 1018.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{2400} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	$\%P = 40.00\%$	% de Líquido Asfáltico	$\%P = 5.00\%$
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{24} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_s = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{25} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	$\%P = 1.00\%$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{2400} = 2.577$		
% de Agregado Fino	$\%P = 59.00\%$		
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados	$G_{sb} = 2.576$		
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados	$G_{sa} = 2.665$		

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.65	6.64	6.66	6.65
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1195.80	1199.00	1197.60	1197.47
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mass (gr)	1197.80	1202.00	1197.40	1199.07
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua MsuM (gr)	656.40	657.80	657.00	657.07
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	541.40	544.20	540.40	542.00
7	Densidad Real G	2.208.72	2.203.23	2.216.14	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2.209	2.203	2.216	2.209
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2.425	2.425	2.425	2.43
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2.616	2.616	2.616	2.62
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.598	0.598	0.598	0.80
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	4.432	4.432	4.432	4.43
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	18.537	18.768	18.278	18.52
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	8.920	9.167	8.631	8.91
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	51.881	51.129	52.780	51.93
16	Lectura del Dial Flujo	14.0	14.0	12.0	
17	Flujo (mm)	3.56	3.56	3.05	3.39
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1289	1308	1201	
19	Factor de estabilidad	0.93	0.93	0.93	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1199	1216	1117	1177.38
21	Indice de rigidez (kg/cm)	3371	3421	3664	3485.47

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javelier Santa Cruz Veliz TEG. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN B. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR. 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 5.5 % líquido asfáltico
CANTERA	: Río Seco - Apatá - Jauja
N° DE ESPECIMENES	: 3
Fecha de ensayo: 11/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL

Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{20} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{20} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{Asfalto} = 1018.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{2000} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 40.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 5.50%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{20} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_b = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{20} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{2000} = 2.577$		
% de Agregado Fino	%P= 59.00%		
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados	$G_{sb} = 2.576$		
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados	$G_{sa} = 2.655$		

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.66	6.64	6.64	6.65
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1189.00	1190.20	1188.40	1189.20
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mss (gr)	1192.40	1193.20	1191.60	1192.40
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua MsuM (gr)	661.00	662.20	660.20	661.13
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	531.40	531.00	531.40	531.27
7	Densidad Real G	2.237.49	2.241.43	2.236.36	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2.237	2.241	2.236	2.24
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2.408	2.408	2.408	2.41
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2.616	2.616	2.616	2.62
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.598	0.598	0.598	0.60
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	4.935	4.935	4.935	4.93
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	17.938	17.791	17.975	17.90
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	7.094	6.928	7.136	7.05
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	60.453	61.060	60.302	60.60
16	Lectura del Dial Flujo	14.0	15.0	15.0	
17	Flujo (mm)	3.56	3.81	3.81	3.73
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1060	1120	1099	
19	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1018	1075	1055	1049
21	Indice de rigidez (kg/cm)	2862	2822	2769	2818

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR. 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



ESPECIALISTAS EN SUELOS Y PAVIMENTOS

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 6.0 % líquido asfáltico
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECIMENES	: 3
Fecha de ensayo: 11/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{1s} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	$P_{en} = 85-100$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{1b} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{Asfalto} = 1018.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{1ssst} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 40.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 6.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{2s} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_b = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{2b} = 2.636$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{2ssst} = 2.577$		
% de Agregado Fino	%P= 59.00%		
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados	$G_{sb} = 2.576$		
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados	$G_{sa} = 2.655$		

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.85	6.63	6.63	6.84
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1185.60	1185.60	1190.00	1187.07
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mss (gr)	1187.00	1186.80	1191.20	1188.33
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msu (gr)	666.20	666.20	667.60	666.67
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	520.80	520.60	523.60	521.67
7	Densidad Real G	2.278.50	2.277.37	2.272.73	
8	Peso Específico Bulk de la Briqueta Gmb	2.276	2.277	2.273	2.28
9	Peso Específico Teórico Máximo Gmm	2.391	2.391	2.391	2.39
10	Peso Específico Efectivo del Agregado Gse	2.616	2.616	2.616	2.62
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.598	0.598	0.598	0.60
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	5.438	5.438	5.438	5.44
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	16.949	16.913	17.059	16.97
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	4.792	4.750	4.917	4.82
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	71.730	71.916	71.176	71.61
16	Lectura del Dial Flujo	16.0	16.0	13.0	
17	Flujo (mm)	4.06	4.06	3.30	3.81
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	960	1024	982	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	0.96	
20	Estabilidad corregida (Kg)	960	1024	943	976
21	Índice de rigidez (kg/cm)	2362	2520	2855	2579

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEG. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



ESPECIALISTAS EN SUELOS Y PAVIMENTOS

CIAA
SANTA CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 6.5 % líquido asfáltico
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECIMENES	: 3
Fecha de ensayo: 11/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL

Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{24} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{25} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$\rho_{Asfalto} = 1018.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{2652} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 40.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 6.50%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{24} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_b = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{25} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{2652} = 2.577$		
% de Agregado Fino	%P= 59.00%		
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados	$G_{sb} = 2.576$		
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados	$G_{sa} = 2.665$		

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.59	5.55	6.54	6.23
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1177.40	1198.00	1180.80	1185.40
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mss (gr)	1178.20	1199.20	1182.00	1186.47
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msuw (gr)	662.20	674.00	664.60	666.93
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	516.00	525.20	517.40	519.53
7	Densidad Real G	2.281.78	2.281.04	2.282.18	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2.282	2.281	2.282	2.282
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2.374	2.374	2.374	2.37
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2.616	2.616	2.616	2.62
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.598	0.598	0.598	0.60
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	5.941	5.941	5.941	5.94
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	17.173	17.210	17.173	17.19
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	3.856	3.898	3.856	3.87
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	77.547	77.349	77.547	77.48
16	Lectura del Dial Flujo	16.0	17.0	17.0	
17	Flujo (mm)	4.06	4.32	4.32	4.23
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	830	897	842	
19	Factor de estabilidad	1.00	0.96	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	830	861	842	844.37
21	Índice de rigidez (kg/cm)	2042	1994	1950	1995.62

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Janyer Santa Cruz Veliz TEC. EMP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 7.0 % líquido asfáltico
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECIMENES	: 3
Fecha de ensayo: 11/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Especifica Seca Aparante	G ₁₀₀ = 2.695	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Especifica Seca Bulk	G ₂₀₀ = 2.637	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	P _{Asfalto} = 1018.000
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	G _{100S} = 2.659	Gravedad Especifica del Cemento Asfáltico	G ₀ = 1.018
% de Agregado Grueso	%P = 40.00%	% de Líquido Asfáltico	%P = 7.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Especifica Seca Aparante	G ₄₂₅ = 2.645	Gravedad Especifica	G ₀ = 2.210
Gravedad Especifica Seca Bulk	G ₆₀ = 2.636	% de Filler (Cal Hidratada)	%P = 1.00%
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	G _{425S} = 2.677		
% de Agregado Fino	%P = 69.00%		
Gravedad Especifica Seca Bulk de la Combinación de Agregados	G _{sb} = 2.576		
Gravedad Especifica Seca Aparante de la Combinación de Agregados	G _{sa} = 2.665		

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.61	6.60	6.63	6.61
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1191.80	1184.20	1190.40	1188.80
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mass (gr)	1192.40	1185.00	1191.20	1189.53
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msuw (gr)	671.00	667.20	667.40	668.53
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	521.40	517.80	523.80	521.00
7	Densidad Real G	2.285.77	2.286.98	2.272.62	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta G _{mb}	2.286	2.287	2.273	2.28
9	Peso Especifico Teórico Máximo G _{mm}	2.357	2.357	2.357	2.36
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado G _{se}	2.616	2.616	2.616	2.62
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ba}	0.598	0.598	0.598	0.60
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{be}	6.444	6.444	6.444	6.44
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	17.472	17.436	17.941	17.62
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	3.002	2.959	3.553	3.17
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	82.820	83.028	80.195	82.01
16	Lectura del Dial Flujo	20.0	19.0	22.0	
17	Flujo (mm)	5.08	4.83	5.59	5.16
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	754	832	905	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	0.96	
20	Estabilidad corregida (Kg)	754	832	869	818
21	Indice de rigidez (kg/cm)	1484	1724	1555	1588

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Jauja Santa Cruz Veliz ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



**CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA**

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

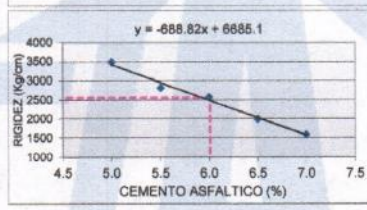
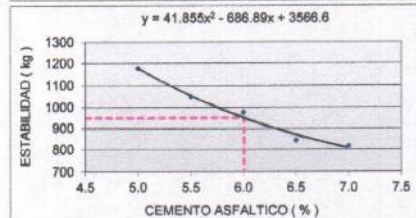
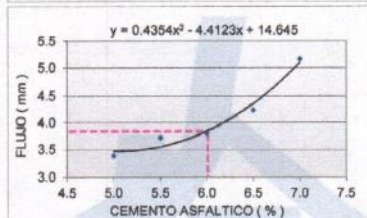
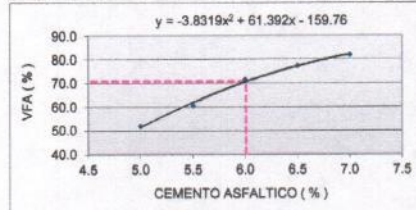
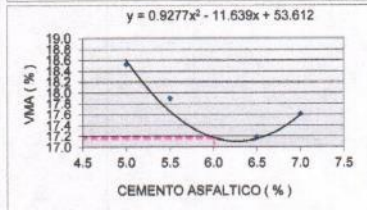
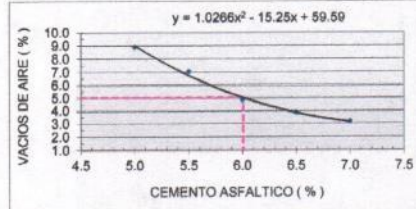
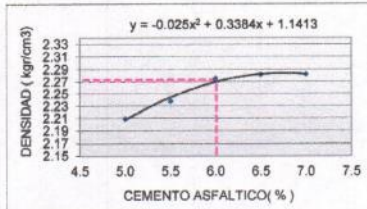
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-004
	DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional - Mezcla Patrón (MAC - 0% RAP)
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 15
	Fecha de ensayo: 11/08/2020

DOSIFICACION MARSHALL

% de Agregado Grueso	%P= 40.00%	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
% de Agregado Fino	%P= 59.00%		
% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%		



RESULTADOS

	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	0.2 - 6.0 ± 0.2	---
DENSIDAD (kg/cm³)	2.272	---
VACIOS (%)	5.0	3 - 5
V.M.A (%)	17.2	MIN 15
V. LLENADOS C.A (%)	70.8	---
FLUJO (mm)	3.9	2 - 4
ESTABILIDAD (kg)	950	MIN 831
RIGIDEZ (kg/cm)	2,546	1700 - 4000

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con las especificaciones técnicas establecidas.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO J. Santa Cruz Veliz T.C. EXP. SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP: 130103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
1559 / AASHTO - T 225

ASTM D

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5,0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 3
Fecha de ensayo: 12/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{asfalto} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{ssab} = 2.658$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_c = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 30.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 5.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.845$	Gravedad Específica	$G_f = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{ssab} = 2.577$		
% de Agregado Fino	%P= 49.00%	Material Asfáltico Reciclado	
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.529$	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.452$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.618$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.367$
		% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 20.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.57	6.58	6.60	6.58
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1180.80	1188.40	1188.20	1185.80
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mss (gr)	1187.60	1195.60	1194.00	1192.40
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msut (gr)	652.80	657.60	655.80	655.40
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	534.80	538.00	538.20	537.00
7	Densidad Real G	2.207.93	2.208.92	2.207.73	
8	Peso Específico Bulk de la Briqueta Gmb	2.208	2.209	2.208	2.21
9	Peso Específico Teórico Máximo Gmm	2.387	2.387	2.387	2.39
10	Peso Específico Efectivo del Agregado Gse	2.569	2.569	2.569	2.57
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.631	0.631	0.631	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pwe	4.400	4.400	4.400	4.40
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	17.059	17.021	17.059	17.05
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	7.515	7.473	7.515	7.50
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	55.947	56.096	55.947	56.00
16	Lectura del Dial Flujo	14.0	11.0	15.0	
17	Flujo (mm)	3.56	2.79	3.61	3.39
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1404	1360	1416	
19	Factor de estabilidad	0.96	0.93	0.93	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1348	1218	1367	1311
21	Índice de rigidez (kg/cm)	3790	4359	3588	3912

OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TÉCNICO EN SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
---	---	---



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
1559 / AASHTO - T 225

ASTM D

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 3
	Fecha de ensayo: 12/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{ss} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 95-100
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{Asfalto} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{smb} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_c = 1.0180$
% de Agregado Grueso	%P= 30.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 5.50%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sf} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_f = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sfb} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{smbf} = 2.577$		
% de Agregado Fino	%P= 49.00%	Material Asfáltico Reciclado	
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.529$	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{ra} = 2.452$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.618$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{rbs} = 2.367$
		% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 20.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	5.5%	5.5%	6.5%	5.5%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.54	6.57	6.57	6.56
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1188.40	1190.40	1186.80	1189.53
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Ms _{ss} (gr)	1192.00	1194.20	1192.60	1192.93
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Ms _{um} (gr)	664.40	665.80	665.80	665.27
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	527.60	528.80	526.80	527.67
7	Densidad Real G	2.252.46	2.251.99	2.252.85	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta G _{mb}	2.252	2.252	2.253	2.25
9	Peso Especifico Teórico Máximo G _{mm}	2.371	2.371	2.371	2.37
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado G _{se}	2.569	2.569	2.569	2.57
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ba}	0.631	0.631	0.631	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{be}	4.903	4.903	4.903	4.80
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	15.851	15.851	15.814	15.84
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	5.004	5.004	4.962	4.99
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	68.431	68.431	68.623	68.49
16	Lectura del Dial Flujo	14.0	13.0	16.0	
17	Flujo (mm)	3.56	3.30	4.06	3.64
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1238	1301	1368	
19	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1188	1249	1313	1250
21	Índice de rigidez (kg/cm)	3342	3782	3231	3452

OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO <i>Juan O. Dionisio Isla</i> JEFE DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO <i>Juan O. Dionisio Isla</i> INGENIERO CIVIL CIP: 100103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. <i>[Firma]</i> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

1559 / AASHTO - T 225

ASTM D

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 3
Fecha de ensayo: 12/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{ms} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	$P_{en} = 85-100$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{mb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{achado} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{msst} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	$\%P = 30.00\%$	% de Líquido Asfáltico	$\%P = 6.00\%$
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{ms} = 2.646$	Gravedad Específica	$G_f = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{mb} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	$\%P = 1.00\%$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{msst} = 2.577$		
% de Agregado Fino	$\%P = 49.00\%$	Material Asfáltico Reciclado	
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.529$	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{ms} = 2.452$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.618$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{mb} = 2.367$
		% de Material Asfáltico Reciclado	$\%P = 20.00\%$

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.53	6.57	6.56	6.55
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1191.80	1184.40	1180.00	1185.40
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mss (gr)	1195.20	1190.00	1183.20	1189.47
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msum (gr)	668.20	665.40	662.40	665.33
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	527.00	524.60	520.80	524.13
7	Densidad Real G	2,261.48	2,257.72	2,265.75	
8	Peso Específico Bulk de la Briqueta G _{mb}	2.281	2.258	2.266	2.262
9	Peso Específico Teórico Máximo G _{mm}	2.354	2.354	2.354	2.35
10	Peso Específico Efectivo del Agregado G _{se}	2.569	2.569	2.569	2.57
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ba}	0.631	0.631	0.631	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{be}	5.407	5.407	5.407	5.41
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	15.982	16.074	15.776	15.94
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	3.954	4.081	3.742	3.93
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	75.229	74.608	76.283	75.37
16	Lectura del Dial Flujo	15.0	16.0	16.0	
17	Flujo (mm)	3.81	4.06	4.06	3.98
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1128	1081	1085	
19	Factor de estabilidad	0.96	0.96	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1083	1038	1085	1069
21	Índice de rigidez (kg/cm)	2843	2554	2670	2889

OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TÉC. EN SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN S. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
--	---	---



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
/ AASHTO - T 225

ASTM D 1559

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 3
Fecha de ensayo: 12/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL

Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Especifica Seca Aparante	G ₁₀₀ = 2.695	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Especifica Seca Bulk	G ₂₀₀ = 2.637	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	P _{Asfalto} = 1025.000
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	G _{sat100} = 2.659	Gravedad Especifica del Cemento Asfáltico	G _b = 1.018
% de Agregado Grueso	%P = 30.00%	% de Líquido Asfáltico	%P = 6.50%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Especifica Seca Aparante	G ₁₀₀ = 2.646	Gravedad Especifica	G _b = 2.210
Gravedad Especifica Seca Bulk	G ₂₀₀ = 2.536	% de Filler (Cal Hidratada)	%P = 1.00%
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	G _{sat100} = 2.577		
% de Agregado Fino	%P = 49.00%	Material Asfáltico Reciclado	
Gravedad Especifica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	G _{sb} = 2.529	Gravedad Especifica Seca Aparante	G ₁₀₀ = 2.452
Gravedad Especifica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	G _{sa} = 2.618	Gravedad Especifica Seca Bulk	G ₂₀₀ = 2.367
		% de Material Asfáltico Reciclado	%P = 20.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.37	6.42	6.40	6.40
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1185.80	1193.80	1183.80	1,187.73
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Msss (gr)	1187.60	1194.20	1185.00	1,188.93
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msum (gr)	672.60	676.80	670.80	673.40
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	515.00	517.40	514.20	515.83
7	Densidad Real G	2,302.52	2,307.31	2,301.83	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta G _{mb}	2.303	2.307	2.302	2.304
9	Peso Especifico Teórico Máximo G _{mm}	2.338	2.338	2.338	2.34
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado G _{se}	2.569	2.569	2.569	2.57
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ba}	0.631	0.631	0.631	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{be}	5.910	5.910	5.910	5.91
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	14.656	14.708	14.893	14.82
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	1.487	1.316	1.530	1.44
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	89.991	91.054	89.729	90.26
16	Lectura del Dial Flujo	14.0	17.0	19.0	
17	Flujo (mm)	3.56	4.32	4.83	4.23
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	991	1022	1053	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	991	1022	1053	1022
21	Índice de rigidez (kg/cm)	2786	2367	2182	2445

OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Paolo Santa Cruz Veliz TÉC. EN SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
--	---	---



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 3

Fecha de ensayo: 12/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{m1} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	$P_{en} = 85-100$
Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{m2} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{afalto} = 1025.000$
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{m3} = 2.659$	Gravedad Especifica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	$\%P = 30.00\%$	% de Líquido Asfáltico	$\%P = 7.00\%$
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{m4} = 2.645$	Gravedad Especifica	$G_b = 2.210$
Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{m5} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	$\%P = 1.00\%$
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{m6} = 2.577$		
% de Agregado Fino	$\%P = 49.00\%$	Material Asfáltico Reciclado	
Gravedad Especifica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{m7} = 2.529$	Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{m8} = 2.452$
Gravedad Especifica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{m9} = 2.618$	Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{m10} = 2.367$
		% de Material Asfáltico Reciclado	$\%P = 20.00\%$

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.40	6.37	6.40	6.39
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1184.20	1188.60	1185.20	1186.00
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Msss (gr)	1184.80	1189.40	1186.00	1186.73
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msum (gr)	669.40	672.00	669.40	670.27
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	515.40	517.40	516.60	516.47
7	Densidad Real G	2.297.63	2.297.26	2.294.23	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2.298	2.297	2.294	2.30
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2.3217	2.3217	2.3217	2.32
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2.589	2.589	2.589	2.57
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.631	0.631	0.631	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	6.413	6.413	6.413	6.41
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	15.496	15.532	15.643	15.56
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	1.019	1.062	1.192	1.09
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	93.422	93.180	92.362	92.99
16	Lectura del Dial Flujo	20.0	18.0	19.0	
17	Flujo (mm)	5.08	4.57	4.83	4.83
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	845	711	789	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	845	711	789	782
21	Indice de rigidez (kg/cm)	1663	1655	1635	1618

OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO <i>Javier Santa Cruz Veliz</i> Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO <i>Juan G. Dionisio Isla</i> JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. <i>Juan G. Dionisio Isla</i> CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
--	--	---



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

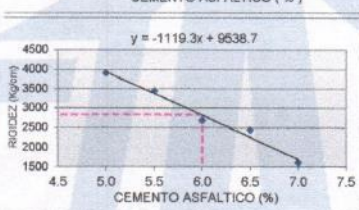
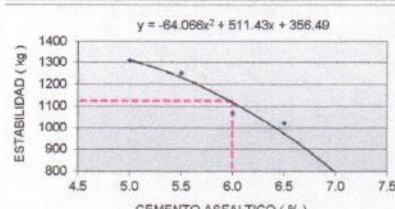
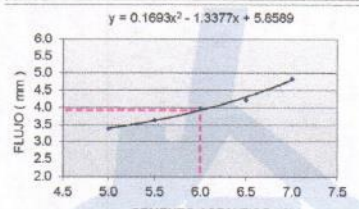
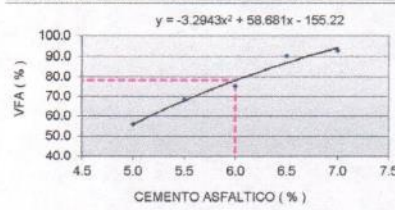
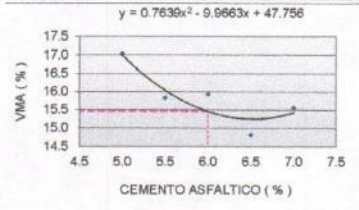
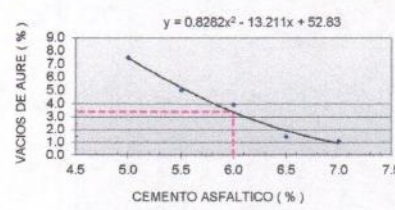
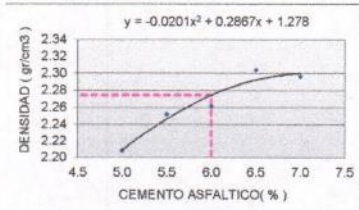
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bch. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Mezcla Asfáltica en Caliente + 20% de material reciclado (MAC - 20% RAP)
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 15
Fecha de ensayo: 12/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHALL

% de Agregado Grueso	%P= 30.00%	% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 20.00%
% de Agregado Fino	%P= 48.00%	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%		



RESULTADOS

	ESPECIFICACIONES	MIN
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	0.2- 6.0 +0.2	
PESO UNITARIO (gr/cm3)	2.275	
VACIOS (%)	3.4	3 - 6
V.M.A (%)	16.5	MIN 15
V. LLENADOS C.A (%)	78.3	
FLUJO (mm)	3.8	2 - 4
ESTABILIDAD (kg)	1126	MIN 831
INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	2,830	1700 - 4000

OBSERVACIONES: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con las especificaciones técnicas establecidas.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Jauja Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ
---	--	---



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bch. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 3
Fecha de ensayo: 13/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.895$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.837$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m3)	$P_{asfalto} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{sssd} = 2.859$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 20.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 5.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_s = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{sssd} = 2.577$	Material Asfáltico Reciclado	
% de Agregado Fino	%P= 39.00%	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.542$
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.523$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.457$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.812$	% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 40.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.47	6.50	6.45	6.47
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1194.40	1198.00	1178.20	1,190.20
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca MsSS (gr)	1198.60	1202.20	1182.20	1,194.33
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msuw (gr)	661.20	662.80	660.80	658.27
6	Volumen de la Briqueta (cm3)	537.40	539.40	531.40	536.07
7	Densidad Real G	2,222.55	2,220.99	2,217.16	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2.223	2.221	2.217	2.22
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2.382	2.382	2.382	2.38
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2.563	2.563	2.563	2.56
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.637	0.637	0.637	0.64
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	4.395	4.395	4.395	4.40
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	16.291	16.366	16.517	16.39
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	6.693	6.777	6.945	6.81
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	58.914	58.590	57.961	58.48
16	Lectura del Dial Flujo	10.0	11.0	13.0	
17	Flujo (mm)	2.54	2.79	3.30	2.88
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1470	1485	1480	
19	Factor de estabilidad	0.93	0.93	0.96	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1367	1361	1421	1390
21	Indice de rigidez (kg/cm)	5382	4943	4303	4876

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEG. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPÉCIMENES	: 3

Fecha de ensayo: 13/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	$P_{en} = 88-100$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{astallo} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{sssd} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 20.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 5.50%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.845$	Gravedad Específica	$G_s = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.638$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{sssd} = 2.677$	Material Asfáltico Reciclado	
% de Agregado Fino	%P= 39.00%	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.542$
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.523$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.457$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.612$	% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 40.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.45	6.47	6.44	6.45
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1185.60	1195.40	1182.80	1,187.93
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mss (gr)	1189.40	1198.20	1188.40	1,191.67
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msuu (gr)	663.80	668.80	661.00	664.87
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	525.80	529.40	525.40	526.80
7	Densidad Real G	2,255.71	2,258.03	2,251.24	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2,256	2,258	2,251	2,26
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2,366	2,368	2,366	2,37
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2,563	2,563	2,563	2,56
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ba}	0.637	0.637	0.637	0.64
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{be}	4.898	4.898	4.898	4.90
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	15.496	15.421	15.693	15.53
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	4.640	4.556	4.852	4.68
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	70.054	70.457	69.064	69.86
16	Lectura del Dial Flujo	13.0	12.0	13.0	
17	Flujo (mm)	3.30	3.05	3.30	3.22
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1342	1402	1485	
19	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1285	1346	1406	1347
21	Índice de rigidez (kg/cm)	3902	4416	4259	4192

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. SANTA CRUZ VELIZ T.E.C.P. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach, Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECIMENES	: 3 Fecha de ensayo: 13/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{ss} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m3)	$\rho_{Asfalto} = 1025.000$
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{smb} = 2.659$	Gravedad Especifica del Cemento Asfáltico	$G_c = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 20.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 6.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{sf} = 2.645$	Gravedad Especifica	$G_f = 2.210$
Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{sfb} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{smbf} = 2.577$	Material Asfáltico Reciclado	
% de Agregado Fino	%P= 39.00%	Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{ra} = 2.642$
Gravedad Especifica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.523$	Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{rb} = 2.457$
Gravedad Especifica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.612$	% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 40.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.44	6.44	6.46	6.45
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1196.60	1196.00	1196.20	1196.93
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Msss (gr)	1199.20	1199.60	1199.60	1199.47
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua MsuM (gr)	674.40	674.20	675.00	674.53
6	Volumen de la Briqueta (cm3)	524.80	525.40	524.60	524.93
7	Densidad Real G	2.278.20	2.276.36	2.280.21	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2.278	2.276	2.280	2.28
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2.349	2.349	2.349	2.36
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2.563	2.563	2.563	2.56
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.637	0.637	0.637	0.64
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	5.402	5.402	5.402	5.40
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	15.123	15.198	15.049	15.12
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	3.036	3.121	2.951	3.04
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	79.926	79.464	80.392	79.93
16	Lectura del Dial Flujo	13.0	14.0	14.0	
17	Flujo (mm)	3.30	3.56	3.56	3.47
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1289	1320	1419	
19	Factor de estabilidad	0.96	0.95	0.96	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1237	1267	1362	1289
21	Indice de rigidez (kg/cm)	3748	3564	3831	3714

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPÉCIMENES	: 3

Fecha de ensayo: 13/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Especifica Seca Aparante	G ₂₀₀ = 2.695	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Especifica Seca Bulk	G ₂₀₀ = 2.637	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m3)	P _{Asfalto} = 1028.000
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	G ₂₀₀₀ = 2.659	Gravedad Especifica del Cemento Asfáltico	G ₀ = 1.018
% de Agregado Grueso	%P = 20.00%	% de Líquido Asfáltico	%P = 6.50%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Especifica Seca Aparante	G ₄₂₅ = 2.845	Gravedad Especifica	G ₀ = 2.210
Gravedad Especifica Seca Bulk	G ₄₂₅ = 2.536	% de Filler (Cal Hidratada)	%P = 1.00%
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	G ₂₀₀₀ = 2.577	Material Asfáltico Reciclado	
% de Agregado Fino	%P = 39.00%	Gravedad Especifica Seca Aparante	G ₂₀₀ = 2.542
Gravedad Especifica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	G _{sb} = 2.523	Gravedad Especifica Seca Bulk	G ₂₀₀ = 2.457
Gravedad Especifica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	G _{sa} = 2.612	% de Material Asfáltico Reciclado	%P = 40.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	6.5%	6.6%	6.5%	6.5%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.42	6.44	6.40	6.42
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1196.80	1198.80	1194.40	1196.67
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca M _{ss} (gr)	1197.80	1200.00	1195.60	1197.80
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua M _{sum} (gr)	676.40	677.80	675.00	676.40
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	521.40	522.20	520.60	521.40
7	Densidad Real G	2.295.36	2.295.67	2.294.28	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta G _{mb}	2.295	2.296	2.294	2.30
9	Peso Especifico Teórico Máximo G _{mm}	2.333	2.333	2.333	2.33
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado G _{se}	2.583	2.583	2.583	2.58
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ba}	0.637	0.637	0.637	0.64
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{be}	5.905	5.905	5.905	5.90
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	14.944	14.907	14.982	14.94
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	1.633	1.590	1.676	1.63
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	89.075	89.335	88.815	89.08
16	Lectura del Dial Flujo	13.0	15.0	17.0	
17	Flujo (mm)	3.30	3.81	4.32	3.81
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1211	1219	1204	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1211	1219	1204	1211
21	Índice de rigidez (kg/cm)	3667	3199	2788	3218

OBSERVACIONES:

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Jovet Santa Cruz Veliz TÉC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS Y ASFALTO JUAN E. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 3
Fecha de ensayo: 13/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	$P_{en} = 85-100$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m3)	$P_{apto} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{ssas} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 20.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 7.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.845$	Gravedad Específica	$G_f = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{ssas} = 2.577$	Material Asfáltico Reciclado	
% de Agregado Fino	%P= 39.00%	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{ra} = 2.542$
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.523$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{rb} = 2.457$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.612$	% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 40.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.41	6.44	6.42	6.42
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1192.20	1195.20	1187.40	1,191.60
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Mssm (gr)	1193.00	1196.00	1188.20	1,192.40
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msun (gr)	673.40	675.20	670.60	673.07
6	Volumen de la Briqueta (cm3)	519.60	520.80	517.80	519.33
7	Densidad Real G	2,294.46	2,294.93	2,294.05	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2,294	2,295	2,294	2,29
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2,317	2,317	2,317	2,32
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2,563	2,563	2,563	2,56
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.637	0.637	0.637	0.64
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	6.408	6.408	6.408	6.41
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	15.436	15.399	15.436	15.42
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	0.996	0.953	0.996	0.98
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	93.546	93.810	93.546	93.83
16	Lectura del Dial Flujo	17.0	15.0	19.0	
17	Flujo (mm)	4.32	3.81	4.83	4.32
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1116	1087	972	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1116	1087	972	1058
21	Indice de rigidez (kg/cm)	2585	2853	2014	2484

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.E.C. EXP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



**CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA**

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

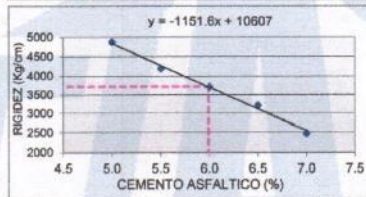
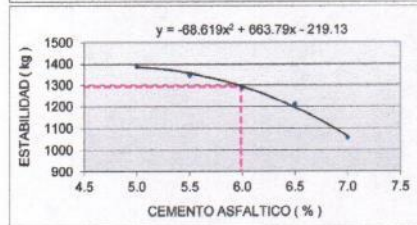
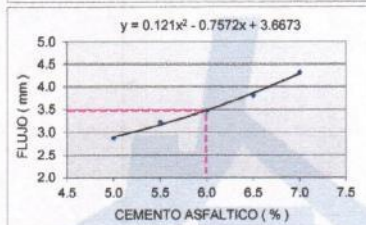
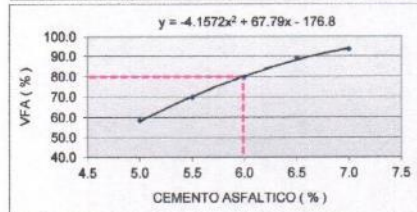
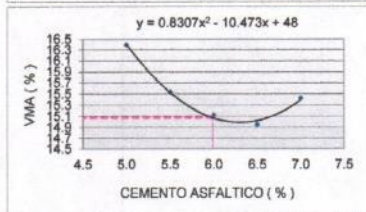
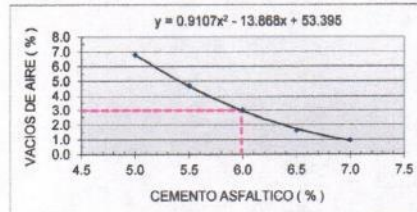
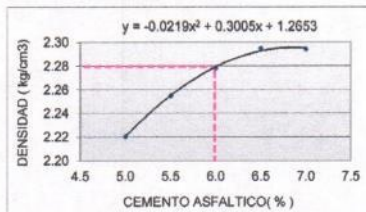
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Mezcla Asfáltica en Caliente + 40% de material reciclado (MAC - 40% RAP)
CANTERA	: Río Seco - Apeta - Jauja
N° DE ESPECIMENES	: 15 Fecha de ensayo: 13/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHALL

% de Agregado Grueso	%P= 20.00%	% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 40.00%
% de Agregado Fino	%P= 39.00%	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 88-100
% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%		



RESULTADOS

	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
ÓPTIMO CONTENIDO C.A (%)	0.2 - 6.0 + 0.2	---
PESO UNITARIO (gr/cm³)	2.28	---
VACIOS (%)	3.0	3 - 5
V.M.A (%)	16.1	MIN 15
V. LLENADOS C.A (%)	80.1	---
FLUJO (mm)	3.5	2 - 4
ESTABILIDAD (kg)	1295	MIN 831
INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	3.709	1700 - 4000

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, los resultados obtenidos cumplen con las especificaciones técnicas establecidas.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Javier Santa Cruz Veliz TEG. EN SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	 JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.0 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado
CANTERA	: Rto Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPÉCIMENES	: 3

Fecha de ensayo: 14/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$\rho_{Asfalto} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{ssd} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 15.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 5.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_s = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.636$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{ssd} = 2.577$	Material Asfáltico Reciclado	
% de Agregado Fino	%P= 24.00%	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.542$
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.502$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.457$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.589$	% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 60.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.46	6.41	6.44	6.43
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1199.20	1190.60	1196.20	1,195.33
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente Seca Mss (gr)	1201.80	1193.00	1198.80	1,197.87
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua Msu (gr)	663.40	658.60	662.20	661.40
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	538.40	534.40	536.00	536.47
7	Densidad Real G	2,227.34	2,227.92	2,229.22	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2.227	2.228	2.229	2.23
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2.364	2.364	2.364	2.36
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2.541	2.541	2.541	2.54
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.634	0.634	0.634	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pae	4.398	4.398	4.398	4.40
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	15.436	15.398	15.380	15.40
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	5.815	5.773	5.730	5.77
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	62.329	62.511	62.694	62.51
16	Lectura del Dial Flujo	7.0	9.0	10.0	
17	Flujo (mm)	1.78	2.20	2.54	2.20
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1612	1641	1699	
19	Factor de estabilidad	0.93	0.96	0.93	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1406	1479	1487	1458
21	Indice de rigidez (kg/cm)	7909	8471	5855	6745

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Jovier Santa Cruz Veliz TEG. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPÉCIMENES	: 3

Fecha de ensayo: 14/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL

Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	G ₂₀ = 2.695	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Específica Seca Bulk	G ₂₅ = 2.637	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m3)	P _{astato} = 1025.000
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	G ₂₀₀ = 2.669	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	G _b = 1.018
% de Agregado Grueso	%P = 15.00%	% de Líquido Asfáltico	%P = 5.50%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	G ₂₀ = 2.645	Gravedad Específica	G _b = 2.210
Gravedad Específica Seca Bulk	G ₂₅ = 2.536	% de Filler (Cal Hidratada)	%P = 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	G ₂₀₀ = 2.577		
% de Agregado Fino	%P = 24.00%	Material Asfáltico Reciclado	
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	G _{sb} = 2.502	Gravedad Específica Seca Aparante	G ₂₀ = 2.542
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	G _{sa} = 2.589	Gravedad Específica Seca Bulk	G ₂₅ = 2.467
		% de Material Asfáltico Reciclado	%P = 60.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.41	6.41	6.42	6.41
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1198.40	1196.60	1192.40	1195.80
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Msss (gr)	1200.40	1196.60	1194.60	1197.87
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua MsuM (gr)	671.60	670.80	668.20	670.20
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	528.80	527.80	526.40	527.67
7	Densidad Real G	2.266.26	2.267.15	2.265.20	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta G _{mb}	2.266	2.267	2.265	2.27
9	Peso Especifico Teórico Máximo G _{mm}	2.348	2.348	2.348	2.35
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado G _{se}	2.541	2.541	2.541	2.54
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ab}	0.634	0.634	0.634	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{ae}	4.901	4.901	4.901	4.90
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	14.408	14.370	14.446	14.41
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	3.408	3.456	3.541	3.50
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	75.720	75.952	75.488	75.72
16	Lectura del Dial Flujo	10.0	10.0	8.0	
17	Flujo (mm)	2.54	2.54	2.03	2.37
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1587	1484	1242	
19	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1524	1434	1192	1383
21	Indice de rigidez (kg/cm)	5998	5647	5668	5837

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. E.P. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1859 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 3

Fecha de ensayo: 14/08/2020

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$\rho_{Asfalto} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{ssd} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_c = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P = 15.00%	% de Líquido Asfáltico	%P = 6.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_f = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.636$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P = 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{ssd} = 2.577$	Material Asfáltico Reciclado	
% de Agregado Fino	%P = 24.00%	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.642$
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.602$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.457$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.589$	% de Material Asfáltico Reciclado	%P = 60.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.37	6.38	6.37	6.37
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1194.20	1196.00	1197.60	1196.93
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca M _{ss} (gr)	1195.80	1197.60	1199.40	1197.60
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua M _{sum} (gr)	675.20	676.00	677.40	676.20
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	520.60	521.60	522.00	521.40
7	Densidad Real G	2.293.89	2.292.94	2.294.25	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta G _{mb}	2.294	2.293	2.294	2.29
9	Peso Especifico Teórico Máximo G _{mm}	2.332	2.332	2.332	2.33
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado G _{se}	2.541	2.541	2.541	2.54
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ba}	0.634	0.634	0.634	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{be}	5.404	5.404	5.404	5.40
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	13.809	13.847	13.809	13.82
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	1.631	1.673	1.631	1.64
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	88.192	87.915	88.192	88.10
16	Lectura del Dial Flujo	12.0	11.0	12.0	
17	Flujo (mm)	3.05	2.79	3.05	2.96
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1422	1135	1328	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1422	1135	1328	1295
21	Índice de rigidez (kg/cm)	4665	4062	4357	4362

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.C. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECIMENES	: 3
Fecha de ensayo: 14/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL

Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{ms} = 2.685$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{mb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m3)	$\rho_{Asfalto} = 1026.000$
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{msst} = 2.659$	Gravedad Especifica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P= 15.00%	% de Líquido Asfáltico	%P= 6.50%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{ms} = 2.645$	Gravedad Especifica	$G_s = 2.210$
Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{mb} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%
Gravedad Especifica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{msst} = 2.577$		
% de Agregado Fino	%P= 24.00%	Material Asfáltico Reciclado	
Gravedad Especifica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.502$	Gravedad Especifica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.642$
Gravedad Especifica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.589$	Gravedad Especifica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.457$
		% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 60.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.36	6.35	6.38	6.36
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1196.60	1198.40	1195.20	1196.73
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca Msss (gr)	1197.80	1199.60	1196.40	1197.93
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua MsuM (gr)	679.40	679.80	678.40	679.20
6	Volumen de la Briqueta (cm3)	518.40	519.80	518.00	518.73
7	Densidad Real G	2.308.26	2.305.50	2.307.34	
8	Peso Especifico Bulk de la Briqueta Gmb	2.308	2.306	2.307	2.31
9	Peso Especifico Teórico Máximo Gmm	2.316	2.316	2.316	2.32
10	Peso Especifico Efectivo del Agregado Gse	2.541	2.541	2.541	2.54
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado Pba	0.634	0.634	0.634	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo Pbe	5.908	5.908	5.908	5.91
13	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	13.744	13.819	13.782	13.78
14	% Vacios de Aire en la Briqueta VTM	0.351	0.437	0.394	0.39
15	% Vacios Llenos de Asfalto VFA	97.449	96.837	97.142	97.14
16	Lectura del Dial Flujo	11.0	14.0	15.0	
17	Flujo (mm)	2.79	3.56	3.81	3.39
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1187	1299	1373	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1187	1299	1373	1286.33
21	Indice de rigidez (kg/cm)	4246	3653	3604	3835.01

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TÉC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPÉCIMENES	: 3
Fecha de ensayo: 14/08/2020	

DOSIFICACIÓN MARSHAL			
Agregado Grueso		Líquido Asfáltico	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.695$	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.637$	Densidad del cemento Asfáltico (kg/m ³)	$P_{asfalto} = 1025.000$
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{sssb} = 2.659$	Gravedad Específica del Cemento Asfáltico	$G_b = 1.018$
% de Agregado Grueso	%P = 16.00%	% de Líquido Asfáltico	%P = 7.00%
Agregado Fino		Filler (Cal Hidratada)	
Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.645$	Gravedad Específica	$G_b = 2.210$
Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.536$	% de Filler (Cal Hidratada)	%P = 1.00%
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca de Bulk	$G_{sssb} = 2.577$	Material Asfáltico Reciclado	
% de Agregado Fino	%P = 24.00%	Gravedad Específica Seca Aparante	$G_{sa} = 2.542$
Gravedad Específica Seca Bulk de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sb} = 2.502$	Gravedad Específica Seca Bulk	$G_{sb} = 2.457$
Gravedad Específica Seca Aparante de la Combinación de Agregados + Mat. Rec.	$G_{sa} = 2.589$	% de Material Asfáltico Reciclado	%P = 60.00%

ITEM	PASO	1	2	3	PROMEDIO
1	% Cemento Asfáltico	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%
2	Altura de la Briqueta (cm)	6.36	6.39	6.36	6.37
3	Peso de la Briqueta Seca Ms (gr)	1193.40	1197.60	1196.00	1195.67
4	Peso de la Briqueta Saturada Superficialmente seca M _{sssb} (gr)	1194.00	1196.40	1196.80	1196.40
5	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua M _{sum} (gr)	674.40	676.80	675.80	675.67
6	Volumen de la Briqueta (cm ³)	519.60	521.60	521.00	520.73
7	Densidad Real G	2.296.77	2.296.01	2.295.59	
8	Peso Específico Bulk de la Briqueta G _{mb}	2.297	2.296	2.296	2.30
9	Peso Específico Teórico Máximo G _{mm}	2.300	2.300	2.300	2.30
10	Peso Específico Efectivo del Agregado G _{se}	2.541	2.541	2.541	2.54
11	Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado P _{ab}	0.634	0.634	0.634	0.63
12	Porcentaje de Asfalto Efectivo P _{ae}	6.411	6.411	6.411	6.41
13	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	14.914	14.952	14.952	14.94
14	% Vacíos de Aire en la Briqueta VTM	0.149	0.193	0.193	0.18
15	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA	98.978	98.684	98.684	98.78
16	Lectura del Dial Flujo	18.0	18.0	19.0	
17	Flujo (mm)	4.57	4.57	4.83	4.66
18	Estabilidad sin corregir (Kg)	1383	1124	1425	
19	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	
20	Estabilidad corregida (Kg)	1383	1124	1425	1304
21	Índice de rigidez (kg/cm)	2981	2458	2953	2797

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz REC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN S. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL GIR 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

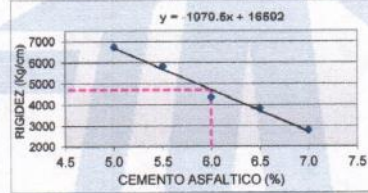
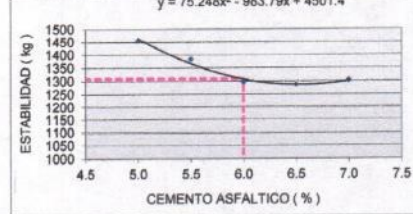
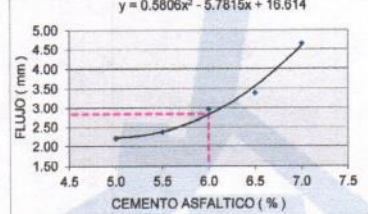
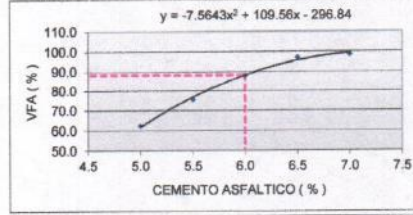
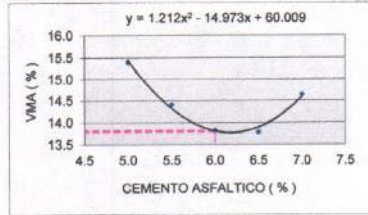
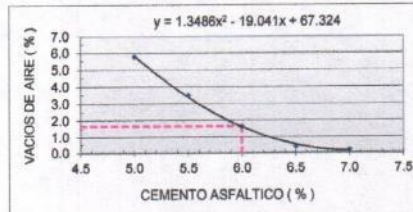
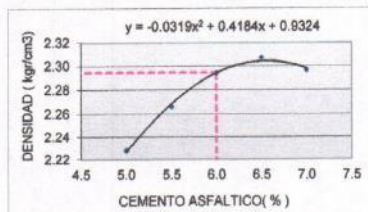
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA MÉTODO MARSHALL	Código	LAB-CIAA-ASF-004
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	17/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM D 1559 / AASHTO - T 225

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: Mezcla Asfáltica en Caliente + 60% de Material Reciclado (MAC - 60% RAP)
CANTERA	: Río Seco - Apata - Jauja
N° DE ESPECÍMENES	: 15
Fecha de ensayo: 14/08/2020	

DOSIFICACION MARSHALL

% de Agregado Grueso	%P= 15.00%	% de Material Asfáltico Reciclado	%P= 80.00%
% de Agregado Fino	%P= 24.00%	Tipo de Líquido Asfáltico	Pen = 85-100
% de Filler (Cal Hidratada)	%P= 1.00%		



RESULTADOS

RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
ÓPTIMO CONTENIDO C.A (%)	0.2 - 6.0 ± 0.2
PESO UNITARIO (gr / cm³)	2.294
VACIOS (%)	3 - 5
V.M.A (%)	MIN 15
V. LLENADOS C.A (%)	68.2
FLUJO (mm)	2 - 4
ESTABILIDAD (kg)	MIN 831
INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	1700 - 4000

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, los resultados obtenidos NO cumplen con las especificaciones técnicas establecidas.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TECNICO EN SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 5.0 % líquido asfáltico		Fecha de ensayo: 15/08/2020
N° DE ESPÉCIMENES	: 6		

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.60	101.60	102.40
ALTURA (mm)	64.50	64.50	63.40
CARGA (Kg)	601.40	589.80	642.40
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	572.95	561.89	617.76

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	584.2
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.60	102.30	102.20
ALTURA (mm)	63.70	64.20	63.50
CARGA (Kg)	558.40	567.20	510.40
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.20	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	538.66	539.17	491.01

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	522.9
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	89.5%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javi Santa Cruz Veliz TECN. EN SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP: 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ

SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Código	LAB-CIAA-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 5.5 % líquido asfáltico		
N° DE ESPECÍMENES	: 6	Fecha de ensayo:	15/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.80	101.70	102.60
ALTURA (mm)	64.20	63.70	63.70
CARGA (Kg)	672.80	566.10	507.40
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	642.70	545.55	484.69

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	557.6
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.60	102.30	102.20
ALTURA (mm)	63.70	64.20	63.50
CARGA (Kg)	523.60	452.10	553.50
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.00	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	505.09	429.76	532.47

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	489.1
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	-	$\frac{S_2}{S_1}$	-	87.7%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR: 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-002
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 6.0 % líquido asfáltico		
N° DE ESPÉCIMENES	: 6	Fecha de ensayo:	15/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.60	101.60	102.40
ALTURA (mm)	64.60	64.50	63.40
CARGA (Kg)	591.80	541.30	507.10
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	1.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	563.80	515.69	487.65

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	522.4
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.60	102.60	101.80
ALTURA (mm)	63.50	63.70	63.70
CARGA (Kg)	500.00	465.80	489.90
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	483.84	444.95	471.65

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	466.8
--	--------------

RAZÓN DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	89.4%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

; Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEG. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR. 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Código	LAB-CIAA-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 6.5 % líquido asfáltico		
N° DE ESPÉCIMENES	: 6	Fecha de ensayo:	15/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.50	101.50	102.20
ALTURA (mm)	63.30	63.10	63.50
CARGA (Kg)	445.20	467.10	461.60
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.50	1.00	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	432.60	455.32	444.06

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	444.0
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	102.10	101.60	102.40
ALTURA (mm)	63.00	63.20	63.40
CARGA (Kg)	421.30	379.40	457.80
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.50	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	408.91	368.88	440.24

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	406.0
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	91.4%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veñas TEG. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-002
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	: MAC convencional con 7.0 % líquido asfáltico		
N° DE ESPECÍMENES	: 6	Fecha de ensayo:	15/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.70	101.50	101.40
ALTURA (mm)	62.60	63.00	63.00
CARGA (Kg)	458.40	493.50	441.80
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	1.50	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	449.52	481.82	431.77

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	454.4
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.50	101.50	101.70
ALTURA (mm)	63.40	63.70	63.50
CARGA (Kg)	480.80	437.20	407.10
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	3.00	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	466.46	422.16	393.56

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	427.4
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	94.1%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido si cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP: 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
N° DE ESPÉCIMENES	: 6 Fecha de ensayo: 16/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	103.30	103.30	102.90
ALTURA (mm)	66.70	66.90	66.30
CARGA (Kg)	688.40	789.80	754.10
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	623.76	713.50	690.09

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	675.8
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.70	102.20	102.40
ALTURA (mm)	67.00	67.30	67.00
CARGA (Kg)	672.20	603.80	610.50
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.20	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	615.89	548.06	555.54

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	573.2
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	84.8%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN GUIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP: 130103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Código	LAB-CIAA-ASF-022
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
N° DE ESPECÍMENES	: 6 Fecha de ensayo: 16/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.70	102.40	102.60
ALTURA (mm)	62.70	63.30	63.70
CARGA (Kg)	619.20	642.50	627.70
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	606.24	618.83	599.61

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	608.2
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.80	102.90	102.20
ALTURA (mm)	64.30	66.60	63.50
CARGA (Kg)	592.80	594.20	578.20
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.00	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	565.40	541.31	556.23

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	554.3
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	-	$\frac{S_2}{S_1}$	-	91.1%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO J. Santa Cruz Veliz TEC. U.S.A. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS DE SUELO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
N° DE ESPÉCIMENES	: 6 Fecha de ensayo: 16/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3	
DIÁMETRO (mm)	102.30	101.90	102.40	
ALTURA (mm)	63.80	63.10	63.40	
CARGA (Kg)	642.20	569.00	575.10	
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	1.00	1.50	
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura	
RESISTENCIA SECA (KPa)	614.30	552.47	553.04	

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	573.3
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3	
DIÁMETRO (mm)	101.60	101.90	102.20	
ALTURA (mm)	63.60	64.00	63.50	
CARGA (Kg)	597.50	517.30	524.70	
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.00	2.00	1.50	
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura	
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	577.28	495.21	504.77	

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	525.8
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	91.7%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.E.C., S.P. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN D. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Código	LAB-CIAA-ASF-022
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 293 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
N° DE ESPECÍMENES	: 6 Fecha de ensayo: 16/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.30	101.80	102.20
ALTURA (mm)	64.00	64.60	63.50
CARGA (Kg)	548.70	563.60	568.50
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.50	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	528.38	535.05	546.90

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	536.8
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.80	101.40	102.40
ALTURA (mm)	63.40	62.90	63.40
CARGA (Kg)	511.20	513.70	510.80
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.50	1.00	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	494.49	502.83	491.21

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	496.2
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	92.4%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JULIO Santa Cruz Veliz TÉCN. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS Y PAVIMENTOS JUAN DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Código	LAB-CIAA-ASF-022
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 20% de material reciclado
N° DE ESPECÍMENES	: 6 Fecha de ensayo: 16/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.50	102.00	101.40
ALTURA (mm)	64.00	63.50	63.00
CARGA (Kg)	558.70	496.50	465.80
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	1.50	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	536.95	478.57	455.22

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	490.2
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	102.00	101.70	101.70
ALTURA (mm)	62.60	63.50	63.50
CARGA (Kg)	432.90	468.50	506.00
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	3.00	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	423.27	452.92	489.17

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	455.1
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	92.8%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES : Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS Y PAVIMENTO ASFALTO JUAN GUDONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP. 130103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
N° DE ESPÉCIMENES	: 6 Fecha de ensayo: 17/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	102.00	102.20	101.80
ALTURA (mm)	66.50	67.00	65.40
CARGA (Kg)	803.40	738.90	714.80
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	739.46	673.69	670.29

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	694.5
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	102.10	101.50	102.30
ALTURA (mm)	66.70	66.80	64.90
CARGA (Kg)	609.80	580.70	679.50
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.20	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	559.03	534.70	638.96

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	577.6
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	83.2%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.E.C. S.P. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN D. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP: 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
N° DE ESPÉCIMENES	: 6 Fecha de ensayo: 17/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	102.10	101.90	102.10
ALTURA (mm)	64.50	65.30	65.30
CARGA (Kg)	657.20	755.50	700.00
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.00	2.50	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	623.04	708.84	655.48

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	662.5
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.60	103.00	101.40
ALTURA (mm)	65.50	65.30	64.40
CARGA (Kg)	598.20	651.40	537.70
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.00	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	561.20	604.64	514.07

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	560.0
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	84.5%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido Si cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.E.C. S.P. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR. 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Código	LAB-CIAA-ASF-022
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
N° DE ESPECÍMENES	: 6 Fecha de ensayo: 17/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3	
DIÁMETRO (mm)	102.30	102.10	102.20	
ALTURA (mm)	63.60	64.60	64.70	
CARGA (Kg)	667.20	684.40	676.60	
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	1.00	1.50	
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura	
RESISTENCIA SECA (KPa)	640.22	647.82	638.82	

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	642.3
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3	
DIÁMETRO (mm)	101.80	101.60	101.60	
ALTURA (mm)	64.50	65.90	64.80	
CARGA (Kg)	582.00	580.50	593.40	
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	1.00	1.50	
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura	
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	553.37	541.29	562.71	

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	552.5
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	86.0%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido si cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Jefe de Laboratorio Ing. Paolo Santa Cruz Veliz T.E.C. EN SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS / CONCRETO ASFALTO JUAN DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado
N° DE ESPÉCIMENES	: 6 Fecha de ensayo: 17/08/2020

SUBGRUPO SECO (S1)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.90	102.00	101.80
ALTURA (mm)	64.20	64.10	64.20
CARGA (Kg)	605.40	626.60	614.50
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.50	1.00	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	577.75	598.32	587.01

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	587.7
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S2)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	102.20	102.20	102.10
ALTURA (mm)	64.40	65.40	64.50
CARGA (Kg)	564.30	543.90	564.60
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.50	1.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	535.27	508.03	535.25

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	526.2
--	--------------

RAZÓN DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	89.5%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.C. - ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 40% de material reciclado		
N° DE ESPÉCIMENES	: 6	Fecha de ensayo:	17/08/2020

SUBGRUPO SECO (S1)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.80	101.80	101.80
ALTURA (mm)	64.20	64.10	64.40
CARGA (Kg)	508.90	495.40	530.00
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.50	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	486.13	473.97	504.71

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	488.3
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S2)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.80	101.70	102.10
ALTURA (mm)	65.00	65.10	65.20
CARGA (Kg)	532.40	496.30	438.40
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	3.00	1.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	502.32	468.00	411.15

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	460.5
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	94.3%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN GUIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.0 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado		
N° DE ESPÉCIMENES	: 6	Fecha de ensayo:	18/08/2020

SUBGRUPO SECO (S1)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.60	101.60	102.20
ALTURA (mm)	66.10	66.50	66.30
CARGA (Kg)	852.30	769.40	768.10
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	792.32	710.95	707.71

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	737.0
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S2)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.70	102.20	102.10
ALTURA (mm)	67.00	67.30	67.00
CARGA (Kg)	682.60	610.80	618.30
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.20	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	625.42	554.42	564.29

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	581.4
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	78.9%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido NO cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz T.E.C. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN S. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 5.5 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado
N° DE ESPECÍMENES	: 6 Fecha de ensayo: 18/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIAMETRO (mm)	102.70	101.60	101.30
ALTURA (mm)	65.30	65.00	64.80
CARGA (Kg)	752.30	778.10	747.70
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	700.34	735.58	711.13

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	715.7
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIAMETRO (mm)	102.30	101.50	102.10
ALTURA (mm)	65.20	64.90	64.50
CARGA (Kg)	603.50	598.80	607.70
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.00	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	564.88	567.51	576.11

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	569.5
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	79.6%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES:

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido NO cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Paolo Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL GIR. 130103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD	Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Bello Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.0 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado
N° DE ESPÉCIMENES	: 6 Fecha de ensayo: 18/08/2020

SUBGRUPO SECO (S ₁)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.80	102.10	102.50
ALTURA (mm)	64.10	64.00	65.40
CARGA (Kg)	710.40	721.50	734.70
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	1.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	679.67	689.34	684.24

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	684.4
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S ₂)	1	2	3
DIÁMETRO (mm)	101.90	101.80	102.20
ALTURA (mm)	64.20	64.50	64.80
CARGA (Kg)	588.20	580.70	599.80
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.00	2.00	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	561.33	552.14	567.19

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	560.2
--	--------------

RAZÓN DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	81.9%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO J. Veliz Santa Cruz Veliz TEC. EN SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO ASFALTO JUAN Q. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 6.5 % líquido asfáltico + 60% de material reciclado
N° DE ESPÉCIMENES	: 6 Fecha de ensayo: 18/08/2020

SUBGRUPO SECO (S1)	1	2	3
DIAMETRO (mm)	102.70	102.30	102.30
ALTURA (mm)	63.90	63.00	63.50
CARGA (Kg)	685.70	665.40	714.10
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.50	1.00	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	652.33	644.57	686.30

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	661.1
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S2)	1	2	3
DIAMETRO (mm)	102.30	101.30	101.90
ALTURA (mm)	65.10	63.60	63.50
CARGA (Kg)	572.90	594.30	550.00
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	2.50	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	537.06	575.89	530.66

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	547.9
--	--------------

RAZÓN DE EFUERZO A TENSIÓN (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	82.9%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TEC. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS Jefe de Laboratorio	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIR 130103 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción – Junín
ciaasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	LAB-CIAA-ASF-022
	RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	Revisión	1
	COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR	Aprobado	CC-CIAA
	HUMEDAD	Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ASTM T 283 / MTC E - 522

SOLICITANTE	: Bach. Paolo Santa Cruz Veliz
PROYECTO	: Análisis de nuevas mezclas asfálticas en calle utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020
TIPO DE MUESTRA	: MAC con 7.0 % líquido asfáltico + 80% de material reciclado
N° DE ESPÉCIMENES	: 6 Fecha de ensayo: 18/08/2020

SUBGRUPO SECO (S1)	1	2	3
DIAMETRO (mm)	101.90	101.90	102.10
ALTURA (mm)	63.60	63.00	64.40
CARGA (Kg)	572.40	672.70	562.10
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	1.00	1.50	1.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA SECA (KPa)	551.41	654.20	533.71

RESISTENCIA SECA PROMEDIO (KPa)	579.8
--	--------------

SUBGRUPO ACONDICIONADO (S2)	1	2	3
DIAMETRO (mm)	101.60	102.10	101.40
ALTURA (mm)	64.60	66.40	65.30
CARGA (Kg)	486.20	500.20	576.60
DAÑO POR HUMEDAD (VISUAL)	3.00	2.50	2.50
FRACTURA / TRITURACIÓN DEL AGREGADO	Fractura	Fractura	Fractura
RESISTENCIA HUMEDA (KPa)	462.48	460.63	543.66

RESISTENCIA HUMEDA PROMEDIO (KPa)	488.9
--	--------------

RAZON DE EFUERZO A TENSION (TSR)	=	$\frac{S_2}{S_1}$	=	84.3%
---	---	-------------------	---	--------------

OBSERVACIONES

: Según la Tabla 436.06 de la EG del MTC, el resultado obtenido SI cumple con el requerimiento mínimo (80%) de resistencia conservada para ser aceptada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Jaime Santa Cruz Veliz TEP. SUELOS Y PAVIMENTOS	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS CONCRETO ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	 CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CÁNTABRO DE PÉRDIDA POR DEGASTE	Código	LAB-CIAA-ASF-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-CIAA
		Fecha	28/08/2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
NTL 352 / MTC E - 515

SOLICITANTE	Bach. Paolo Santa Cruz Veliz		
PROYECTO	Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020		
TIPO DE MUESTRA	Mezcla Asfáltica En Caliente (MAC)		
N° DE ESPECÍMENES	2 por cada % de Líquido Asfáltico	Fecha de ensayo: 11/08/2020	

MAC - 0% MATERIAL ASFÁLTICO RECICLADO "MEZCLA PATRÓN"										
DATOS	5.0%		5.5%		6.0%		6.5%		7.0%	
PESO INICIAL (gr)	1193.6	1187.2	1184.6	1190.2	1177.2	1186.4	1177.9	1190.5	1168.3	1182.9
PESO FINAL (gr)	1068.7	1070.2	1057.7	1070.2	1088.1	1117.4	1124.6	1146.2	1128.5	1154.9
PÉRDIDA (gr)	124.9	117.0	126.9	120.0	89.1	69.0	53.3	44.3	39.8	28.0
DESGASTE (%)	10.46%	9.86%	10.71%	10.08%	7.57%	5.82%	4.53%	3.72%	3.41%	2.37%
PROMEDIO (%)	10.16%		10.40%		6.69%		4.12%		2.89%	

MAC - 20% MATERIAL ASFÁLTICO RECICLADO										
DATOS	5.0%		5.5%		6.0%		6.5%		7.0%	
PESO INICIAL (gr)	1178.5	1182.0	1192.0	1185.0	1175.6	1181.3	1191.2	1187.6	1178.1	1189.2
PESO FINAL (gr)	1031.0	1043.5	1074.5	1046.6	1081.7	1120.5	1129.7	1135.3	1151.7	1142.8
PÉRDIDA (gr)	147.5	138.5	117.5	138.4	93.9	60.8	61.5	52.3	26.4	46.4
DESGASTE (%)	12.52%	11.72%	9.86%	11.68%	7.99%	5.15%	5.16%	4.40%	2.24%	3.90%
PROMEDIO (%)	12.12%		10.77%		6.57%		4.78%		3.07%	

MAC - 40% MATERIAL ASFÁLTICO RECICLADO										
DATOS	5.0%		5.5%		6.0%		6.5%		7.0%	
PESO INICIAL (gr)	1185.3	1182.6	1197.7	1180.5	1198.7	1192.7	1186.6	1194.2	1182.2	1192.0
PESO FINAL (gr)	1060.4	1022.8	1046.6	1067.9	1093.4	1097.0	1120.3	1131.8	1145.0	1133.5
PÉRDIDA (gr)	124.9	159.8	151.1	112.6	105.3	95.7	66.3	62.4	37.2	58.5
DESGASTE (%)	10.54%	13.51%	12.62%	9.54%	8.78%	8.02%	5.59%	5.23%	3.15%	4.91%
PROMEDIO (%)	12.03%		11.08%		8.40%		5.41%		4.03%	

MAC - 60% MATERIAL ASFÁLTICO RECICLADO										
DATOS	5.0%		5.5%		6.0%		6.5%		7.0%	
PESO INICIAL (gr)	1185.5	1178.9	1180.0	1175.6	1180.6	1185.1	1192.8	1175.4	1167.2	1182.4
PESO FINAL (gr)	997.4	1024.2	1027.1	1021.5	1064.8	1054.0	1106.9	1093.7	1080.4	1104.6
PÉRDIDA (gr)	188.1	154.7	152.9	154.1	115.8	131.1	85.9	81.7	86.8	77.8
DESGASTE (%)	15.87%	13.12%	12.96%	13.11%	9.81%	11.06%	7.20%	6.95%	7.44%	6.58%
PROMEDIO (%)	14.49%		13.03%		10.44%		7.08%		7.01%	

OBSERVACIONES La EG del MTC no especifica el porcentaje máximo de pérdida por desgaste para mezclas asfálticas en caliente convencional.

Elaborado por: LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Javier Santa Cruz Veliz TÉC. EN SUELOS Y PAVIMENTOS	Revisado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO JUAN G. DIONISIO ISLA INGENIERO CIVIL CIP 130103	Aprobado por: CIAA SANTA CRUZ S.C.R.L. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad CIAA SANTA CRUZ

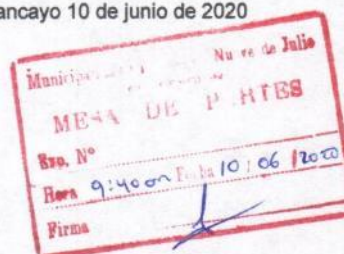
SANTA CRUZ

ANEXO 3: DOCUMENTACIÓN GESTIONADA ANTE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE NUEVE DE JULIO

Huancayo 10 de junio de 2020

CARTA N° 01 -2020-UC

Señor:
Dionicio Yupanqui Coronación
Alcalde
Municipalidad Distrital de Nueve de Julio



Presente. -

ASUNTO : Solicitud de permiso para la realización de ensayos y trabajos de Ingeniería con fines de investigación.

REF. : Resolución Decanal n.° 032-2020-FI-UC de 15 de enero de 2020.

Me dirijo a usted con relación al documento de referencia, mediante el cual la Escuela Académica Profesional de la Universidad Continental autoriza la revisión del Proyecto de tesis "Producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente, reutilizando material asfáltico reciclado en vías de la ciudad de Huancayo", presentado por el Bachiller Paolo Luis Santa Cruz Veliz para optar el Grado Académico de Ingeniero Civil.

Al respecto, mediante el presente documento se solicita a su despacho el permiso correspondiente para la realización de ensayos y trabajos de Ingeniería con motivo de investigación, a ejecutarse en la **Av. Andrés Avelino Cáceres**, tramo km: 0+600 puesto que se encuentra en estado de deterioro y es ideal para realizar la investigación. Dicho trabajo investigación se pretende realizar desde el día 12 de junio hasta el día 15 de junio del 2020, en la cual consistirá en la extracción de pavimento asfáltico envejecido en un área de 1.5x1.5 m2 de carpeta asfáltica para luego identificar y verificar las propiedades del material asfáltico reciclado a través de ensayos de laboratorio, del mismo modo, se desarrollará un procedimiento para el diseño de nuevas mezclas asfálticas en caliente empleando material asfáltico reciclado que puedan cumplir con las especificaciones técnicas solicitadas.

Después de haber identificado el tramo y haber realizado los cálculos de la cantidad de muestra a extraer, se realizó un plan de actividades para poder extraer la carpeta asfáltica envejecida, así mismo, dicho material extraído se repondrá en su totalidad con nuevo pavimento asfáltico, aclarando que no se alterará la tranquilidad y flujo vehicular, a continuación se adjuntará el plan de actividades:

Número	Actividades	JUNIO		
		VIERNES 12	SABADO 13	LUNES 14
A	EJECUCIÓN / TRABAJO DE CAMPO			
1	Reconocimiento visual de la Av. Andres Avelino Cáceres, tramo km: 0+600	x		
2	Actividades y trabajo de extracción de la carpeta asfáltica envejecida, tramo km:0+600		x	
3	Reposición de la carpeta asfáltica			x

Por lo expuesto, pido a usted señor alcalde, se me conceda la indicada petición por ser de justicia. Asimismo, aprovecho tal oportunidad para expresarle las seguridades de mi consideración.

Atentamente,

Bach. Paolo Luis Santa Cruz Veliz
Alumno de la Universidad Continental
Código: 71856744

ANEXO 3: FICHA TÉCNICA CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85/100



Cementos Asfálticos (NTP 321.051.2002)

ESPECIFICACIONES DE CEMENTOS ASFÁLTICOS

NOMBRE COMERCIAL	Métodos			CEMENTO ASFÁLTICO 40/50 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 60/70 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 85/100 RELAPASA		CEMENTO ASFÁLTICO 120/150 RELAPASA	
	NTP / ASTM	AASHTO	Otros	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
PENETRACION											
Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	D5	T49		40	50	60	70	85	100	120	150
DUCTILIDAD											
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51		100		100		100		100	
VOLATILIDAD											
Punto de inflamación, °C	D92	T48		232		232		232		220	
Gravedad Específica a 15.6°C	D70	T228		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
FLUIDEZ											
Punto de Ablandamiento, °C	D36			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D445			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D2170	T201		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
SOLUBILIDAD											
Solubilidad en tricloroetileno, %m	D2042	T44		99.0		99.0		99.0		99.0	
ENSAYOS DE PELICULA FINA 3.2 mm; 163°C, 5 horas											
Pérdida por calentamiento, %m	D1754	T179			0.8		0.8		1.0		1.3
Penetración retenida, 100g, 5s, 0.1 mm, % del original	D5	T49		58		54		50		46	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51				50		75		100	
OTROS											
Índice de Penetración			UNE 104-281	Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Ensayo de la Mancha (Spot Test) ^(Nota 1)		T102		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	

NTP: Norma Técnica Peruana

ASTM: American Society for Testing Materials

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

Nota 1: El uso del Spot Test es opcional. Cuando sea especificado, se debe indicar el tipo de solvente utilizado en la determinación del ensayo: Nafta estándar, Nafta-xileno, Heptano-xileno y también en el caso de utilizar solventes con xileno, el porcentaje de xileno utilizado.

ANEXO 4: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO

		KAIZACORP S.A.C. LABORATORIO DE METROLOGÍA <small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>			
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		LF-039-2019			
Laboratorio de Fuerza		Pág. 1 de 2			
Expediente	1818	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor. Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.			
Solicitante	CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMÍ				
Dirección	AV. ORIENTE NRO. 772 (FRENTE A FABRICA DE EMBUTIDOS HUAYCHULO) JUNIN - CONCEPCION - CONCEPCION				
Instrumento de Medición	Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión				
Equipo Calibrado	PRENSA MARSHALL(DIGITAL)				
Marca (o Fabricante)	A&A INSTRUMENT				
Modelo	STM-1				
Número de Serie	130802				
Identificación	NO INDICA				
Procedencia	CHINO				
Indicador de Lectura	INDICADOR DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor. Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.			
Alcance de Indicación	0 Kgf a 5000 Kgf				
Resolución	0.1 Kgf				
Marca (o Fabricante)	HIWEIGH				
Modelo	NO INDICA				
Número de Serie	NO INDICA				
Identificación	NO INDICA				
Transductor de Fuerza	CELDA TIPO S				
Marca (o Fabricante)	ZEMIC				
Modelo	H3-C3-5.0t-6B				
Número de Serie	5.0 T P2C 032509				
Ubic. Del Equipo	INSTALACION DEL SOLICITANTE	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor. Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.			
Lugar de Calibración	INSTALACION DEL SOLICITANTE				
Fecha de Calibración	2019-11-18				
Sello	Fecha de emisión			Jefe de Laboratorio de Calibración  ROBERTO Quintana	
				2019-11-18	
KAIZACORP S.A.C. - RUC: 20600820959 Jr. Pasco N° 3312 San Martín de Porres, Lima - Perú Telf.: (01) 397 8754 Cel.: 949 985 016 / 987 325 869					
E-mail: metrologia@kaizacorp.com ventas@kaizacorp.com Web: www.kaizacorp.com					

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-039-2019

Laboratorio de Fuerza

Pág. 2 de 2

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizó patrón calibrado con trazabilidad al SI, calibrado por la Pontificia Universidad Católica del Perú Con Certificado N° INF - LE 213-18

Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	500	505	505	505	505	2,8	0,0	0,2
20	1000	1005	1005	1005	1005	1,3	0,0	0,2
30	1500	1010	1010	1010	1010	0,8	0,0	0,2
40	2000	2010	2010	2010	2010	0,7	0,0	0,2
50	2500	2510	2510	2510	2510	0,9	0,0	0,2
60	3000	3010	3010	3010	3010	0,8	0,0	0,2
70	3500	35150	35150	35150	35150	0,6	0,0	0,2
80	4000	4020	4020	4020	4020	0,4	0,0	0,2
90	4500	4525	4525	4525	4525	0,5	0,0	0,2
100	5000	5030	5030	5030	5030	0,3	0,0	0,2
Lectura máquina en cero		0	0	0	—	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 20.8 °C; Varación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

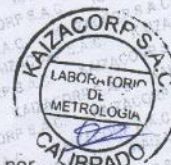
Evaluación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20% y el 100% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fin del documento





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMF-015-2020

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 2012
ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ
SOCIEDAD COMERCIAL DE
Solicitante **RESPONSABILIDAD LIMI SOC.COM.RESPONS.**
LTDA

Dirección **AV. ORIENTE NRO. 772 (FRENTE A FABRICA DE**
EMBUTIDOS HUAYCHULO) JUNIN - CONCEPCION -
CONCEPCION

Instrumento de Medición **Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos**
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión

Equipo Calibrado **PRENSA DE CONCRETO (DIGITAL)**

Alcance de Indicación 100000 KGF
Marca (o Fabricante) TAMIEQUIPOS LTDA
Modelo TCP038
Número de Serie 507
Identificación NO INDICA
Procedencia COLOMBIA
Indicador de Lectura DIGITAL
Marca (o Fabricante) HIGH WEIGHT
Modelo NO INDICA
Número de Serie 507
Identificación NO INDICA
Procedencia CHINA
Alcance de Indicación 0 KGF A 100000 KGF
Resolución 10 KGF

Transductor de Fuerza **TRANSDUCTOR**

Alcance de Indicación 70 Mpa
Marca (o Fabricante) ZEMIC
Modelo NO INDICA
Número de Serie NO INDICA

Fecha de Calibración 2020-01-17

Ubic. Del Equipo **INSTALACIONES DEL SOLICITANTE**

Lugar de Calibración **LABORATORIO DE FUERZA DE CALIBRACIONES PERU SAC**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2020-01-17

Karen Vanessa Izarra Tupia
KAREN VANESSA IZARRA TUPIA
GERENTE GENERAL
CALIBRACIONES PERU S.A.C.
RUC: 20604149721



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMF-015-2020

Laboratorio de Fuerza

Pág. 2 de 2

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizó patrón calibrado con trazabilidad al SI, calibrado por la Pontificia Universidad Católica del Perú Con Certificado N° INF - LE 238-19

Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	10000	10005	10005	10005	10005	0.0	0.0	0.24
20	20000	20010	20010	20010	20010	0.0	0.0	0.24
30	30000	30010	30010	30010	30010	0.0	0.0	0.24
40	40000	40010	40010	40010	40010	0.0	0.0	0.24
50	50000	50010	50010	50010	50010	0.0	0.0	0.24
60	60000	60020	60020	60020	60020	0.0	0.0	0.24
70	70000	70020	70020	70020	70020	0.0	0.0	0.24
80	80000	80030	80030	80030	80030	0.0	0.0	0.24
90	90000	90040	90040	90040	90040	0.0	0.0	0.24
100	100000	100080	100080	100080	100080	-0.1	0.0	0.24
Lectura máquina en cero		0	0	0	—	0	0	Error máx. de cero(0)=0.00

Temperatura promedio durante los ensayos 18.0 °C; Varación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

Evaluación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20% y el 100% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fin del documento





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 013 - CLW - 2020

Pág. 1 de 2

Fecha de Emisión 1/17/2020
 Expediente: 369

1 Solicitante
 CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS
 ASESORES SANTA CRUZ SOCIEDAD COMERCIAL
 DE RESPONSABILIDAD LIM
 SOC.COM .RESPONS. LTDA

Dirección
 AV. ORIENTE NRO. 772 (FRENTE A FABRICA DE
 EM BUTIDOS HUAYCHULO) JUNIN -
 CONCEPCION - CONCEPCION

2 Instrumento de Medición
 MAQUINA DE OBRASION DE LOS ANGELES

Marca (o Fabricante) PINZUAR

Modelo PC-117

Numero de Serie 1245

Indicación NO INDICA

Procedencia COLOMBIANA

Cant. De Billas 12

Fecha de Calibración 1/17/2020

3 METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración del equipo se realizó por el método de comparación directa usando un Tacometro Patron, marca MONARCH, con certificado de calibración S8789(Monarca Calibración Lab.

4 LUGAR DE CALIBRACION

Instalación de Calibraciones Peru SAC.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

CALIBRACIONES PERU S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento.

Sello



Jefe del laboratorio de calibración

Roberto Quinto C.
ROBERTO QUINTO C.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 013 - CLW- 2020

Pág. 2 de 2

6 OBSERVACIONES

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "Calibración".

7 RESULTADOS

N°	DIAMETRO (MM)	PESO (g)
1	47,31	417,7
2	46,62	412,9
3	46,61	411,9
4	46,60	412,6
5	46,65	413,1
6	46,68	414,7
7	46,29	405,6
8	46,31	407,9
9	46,59	412,1
10	46,69	414,2
11	46,61	413,7
12	49,23	449,8
Peso total		4986,2

TIEMPO (s)	N DE VUELTAS	GIRO DEL TAMBOR (rpm)
60	31	33,2
120	63	31,2
180	96	32,5
240	128	33,2
300	160	32,3
360	193	31,4
420	224	32,7
480	257	33,1
540	288	32,8
600	320	32,9
660	354	32,3
720	385	33,1
780	417	33,1
840	451	33,3
900	485	33,5



Fin del documento



**CALIBRACIONES
PERU S.A.C.**

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de
Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LMT-017-2020

Laboratorio de Temperatura

Pág. 1 de 3

Expediente 2016
Solicitante CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SOCIEDAD COMERCIAL
DE RESPONSABILIDAD LIMI SOC.COM.RESPONS.
LTDA
Dirección AV. ORIENTE NRO. 772 (FRENTE A FABRICA DE
EMBUTIDOS HUAYCHULO) JUNIN - CONCEPCION -
CONCEPCION
Equipo ESTUFA (HORNO)
Marca (o Fabricante) EUROTCH
Modelo DHG-9025A
Numero de Serie BMS-EST15-201804001
Procedencia GERMANY
Identificación NO INDICA
Instrumento de Medición Termometro con Indicación Digital.
Marca/ Modelo JTD-2000
Alcance de Indicación 50 °C a 300 °C
Div. de escala (Resoluc) 0.1 °C
Identificación No indica
Selector Digital
Marca/ Modelo JTD-2000
Alcance de Indicación 50 °C a 300 °C
Div. de escala (Resoluc) 0.1 °C
Lugar de Calibración Laboratorio Temperatura Calibraciones Peru S.A.C
Fecha de Calibración 1/17/2020

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Metodo de Calibración
La calibración se realizo por comparación según el PC - 18, 2da.Ed., "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como medio Termostatico".

Trazabilidad
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI)

Patrones utilizados : T - 2739 - 2019

Condiciones Ambientales
Temperatura ambiental : Inicial 20.8 °C ; Final : 20.8 °C
Humedad Relativa ambiental : Inicial 68 HR % ; Final : 68 HR %

Sello **Fecha de emisión** **Jefe del laboratorio de calibración**
2020-01-17



KAREN VANESSA IZARRA TUPIA
GERENTE GENERAL
CALIBRACIONES PERU S.A.C.
RUC: 20604149721

CALIBRACIONES PERU S.A.C. - RUC: 20600820959
Jr. Pasco N° 3312 San Martín De Porres, Lima - Perú
Telf.: (01) 397 8754 Cel.: 949 985 016

E-mail: ventas@calibracionesperu.pe
laboratorio@calibracionesperu.pe
www.calibracionesperu.pe



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LMT-017-2020

Laboratorio de Temperatura

Pág. 2 de 3

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo (min)	T _{ind} (°C) (Termómetro del equipo)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN										T _{prom} °C	T _{max} -T _{min} C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110.0	110.0	109.0	110.0	109.0	110.0	109.9	108.9	110.0	110.0	109.0	109.6	3.0
2	110.0	109.0	110.0	110.4	110.2	110.8	110.6	109.0	110.0	110.9	110.8	110.2	4.5
4	110.0	110.0	109.2	110.0	110.3	110.0	110.1	110.6	109.0	109.5	109.8	109.9	2.0
6	110.0	110.6	109.0	109.8	110.0	110.0	110.0	109.9	109.9	109.9	110.0	109.9	3.4
8	110.0	110.0	109.5	110.2	109.0	110.1	110.2	109.0	110.2	110.2	109.1	109.8	3.4
10	110.0	110.6	109.5	110.6	110.6	109.9	109.5	110.3	109.8	109.9	110.0	109.8	2.3
12	110.0	110.5	109.0	110.4	109.9	110.0	110.2	111.6	110.9	110.8	110.5	110.4	3.2
14	110.0	109.5	110.6	110.5	109.0	110.0	110.2	110.2	110.2	109.9	110.0	110.0	3.4
16	110.0	110.0	109.9	109.0	109.0	109.9	109.8	109.2	110.0	110.5	110.0	109.7	3.7
18	110.0	110.0	109.0	110.0	109.0	110.0	109.9	108.9	110.0	110.0	109.0	109.6	4.3
20	110.0	109.0	110.0	110.4	110.2	110.8	110.6	109.0	110.0	110.9	110.8	110.2	3.6
22	110.0	109.9	110.9	110.0	109.7	109.8	109.9	110.6	110.0	109.9	110.0	110.1	3.4
24	110.0	110.6	109.9	110.5	109.9	110.6	109.5	109.6	109.7	109.8	110.0	110.0	2.2
26	110.0	110.4	109.9	109.9	109.9	110.1	110.1	109.9	109.9	110.7	110.7	110.0	3.4
28	110.0	110.0	110.0	111.2	110.2	110.2	110.4	109.9	109.9	109.8	109.8	110.1	3.0
30	110.0	110.0	110.5	110.1	110.6	110.5	113.9	113.1	109.9	110.0	109.8	110.8	3.8
32	110.0	110.2	110.6	110.3	109.9	109.9	110.7	109.9	110.1	109.7	109.8	110.1	3.7
34	110.0	109.9	109.8	111.0	110.1	109.9	109.9	110.0	110.0	110.2	110.1	110.1	3.7
36	110.0	109.9	109.9	110.0	109.9	109.8	109.8	109.9	110.2	109.9	110.0	110.0	3.7
38	110.0	110.4	109.9	109.9	109.9	110.1	110.1	109.9	109.9	110.7	110.7	110.2	3.5
40	110.0	110.0	110.0	111.2	110.2	110.2	110.4	109.9	109.9	109.8	109.8	110.1	3.8
42	110.0	110.0	110.5	110.1	110.6	110.5	113.9	113.1	109.9	110.0	109.8	110.0	3.6
44	110.0	109.9	110.9	110.0	109.7	109.8	109.9	110.6	110.0	109.9	110.0	109.9	3.6
46	110.0	110.6	109.9	110.5	109.9	110.6	109.5	109.6	109.7	109.8	110.0	110.0	3.7
48	110.0	110.4	109.9	109.9	109.9	110.1	110.1	109.9	109.9	110.7	110.7	110.0	3.0
50	110.0	105.3	110.2	109.3	109.7	108.5	110.2	110.1	109.7	107.2	109.0	109.5	3.4
52	110.0	110.0	110.6	110.5	109.0	110.0	110.2	110.2	110.2	109.9	110.0	110.0	3.6
54	111.0	110.0	111.6	109.0	109.0	112.9	114.8	111.2	110.0	110.5	110.0	109.0	3.6
56	110.0	109.5	109.0	110.0	109.0	110.0	109.9	108.9	110.0	110.0	109.0	110.0	2.9
58	110.0	109.5	110.0	111.2	110.2	110.2	110.4	109.9	109.9	109.8	109.8	109.9	2.6
60	110.0	109.5	110.5	110.1	110.6	110.5	113.9	113.1	109.9	110.0	109.8	110.0	3.7
T.PRON	110.0	109.5	110.1	101.1	109.2	110.2	109.5	105.3	109.7	110.1	110.2	110.3	
T.MAX	110.0	109.2	110.1	101.1	109.2	110.2	109.5	105.3	109.7	110.1	110.2		
T.MIN	110.0	110.2	109.4	110.1	110.0	110.2	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.1	
DTT	0.0	3.6	4.5	3.0	3.6	3.7	3.7	3.1	3.9	3.6	3.7		



Parámetro	Valor (° C)	Incertidumbre expandida (° C)
Máxima temperatura Medida	111.0	0.5
Mínima Temperatura Medida	109.9	0.5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	4.5	0.2
Desviación de Temperatura en el Espacio	3.4	0.2
Estabilidad Medida (±)	0.2	0.1
Uniformidad Medida	4.5	0.1

CALIBRACIONES PERU S.A.C. - RUC: 20600820959
 Jr. Pasco N° 3312 San Martín De Porres, Lima - Perú
 Telf.: (01) 397 8754 Cel.: 949 985 016

E-mail: ventas@calibracionesperu.pe
 laboratorio@calibracionesperu.pe
 www.calibracionesperu.pe



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMT-017-2020

Laboratorio de Temperatura

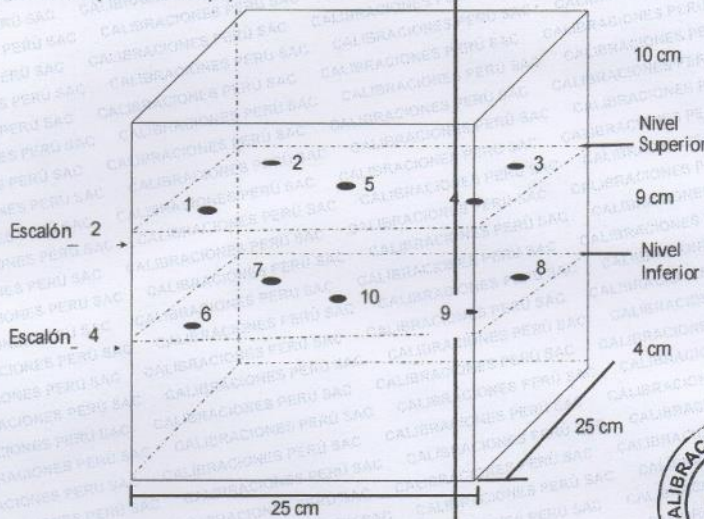
Pág. 3 de 3

- T.PROM : Promedio de la temperatura una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T.PROM : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
- T.MAX : Temperatura Máxima.
- T.MIN : Temperatura Mínima.
- DTT : desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Distribución de termopares en el equipo



- Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos parrillas.
- Los termopares 1 a 5 están ubicados a 2 cm por encima de la parrilla superior.
- Los termopares 6 a 10 están ubicados a 2 cm por encima de la parrilla inferior.
- Los termopares 1 y 4 y del 6 al 9 están ubicados a 4.5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo de la estufa.
- Los escalones indican las posiciones de las parrillas.

Observaciones:

- * Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- * La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por





**CALIBRACIONES
PERU S.A.C.**

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de
Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LMM-O60-2020

Laboratorio de Masa

Pág. 1 de 3

Expediente 2059
Solicitante CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SOCIEDAD COMERCIAL
DE RESPONSABILIDAD LIMI SOC.COM.RESPONS.
LTDA

Dirección AV. ORIENTE NRO. 772 (FRENTE A FABRICA DE
EMBUTIDOS HUAYCHULO) JUNIN - CONCEPCION -
CONCEPCION

Instrumento de Medición BALANZA NO AUTOMATICA

Marca (o Fabricante) OHAUS

Modelo R31P30

Numero de Serie 8335440482

Procedencia USA

Tipo Electronica

Identificación No indica

Alcance de Indicación 0 gr a 30000 gr

**Division de escala (d)
o resolución** 1 gr

Div.verifc. De escala (e) 10 gr (**)

Capacidad Minima 20 gr (**)

Clase de exactitud III (***)

Lugar de Calibracion Laboratorio de Masa de CALIBRACIONES PERU

Fecha de Calibración 2020-01-17

La calibracion se realizo según el metodo descrito en el PC-001, "Procedimiento de calibracion de
Balanzas de Funcionamiento no Automatico Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Edicion tercera Enero 2009.

Trazabilidad

Los resultados de la calibracion realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en
concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI)

Patrones utilizados :

M-0984-2019, M-0982-2019, M-0982-2019, M-0981-2019

Este certificado de calibración
documenta la trazabilidad a los
patrones nacionales o
internacionales, que realizan las
unidades de la medición de
acuerdo con el Sistema
Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el
momento de la calibración. Al
solicitante le corresponde disponer
en su momento la ejecución de
una recalibración.

Este certificado de calibración no
podrá ser reproducido
parcialmente sin la aprobación por
escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin
firma y sello no son válidos.

Sello



Fecha de emisión

2020-01-17

Jefe del laboratorio de calibración

Karen Vanessa Izarra Tupiza

KAREN VANESSA IZARRA TUPIZA
GERENTE GENERAL
CALIBRACIONES PERU S.A.C.
RUC: 20604149721

CALIBRACIONES PERU S.A.C. - RUC: 20600820959
Jr. Pasco N° 3312 San Martín De Porres, Lima - Perú
Telf.: (01) 397 8754 Cel.: 949 985 016

E-mail: ventas@calibracionesperu.pe
laboratorio@calibracionesperu.pe
www.calibracionesperu.pe



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LMM-O60-2020

Laboratorio de Masa

Pág. 2 de 3

Resultados de Medicion

INSPECCION VISUAL

AJUSTES DE ACERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACION LIBRE	TIENE	CURSOS	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACION	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE RETABILIDAD

Temperatura	Inicial 25.4 °C	Final 25.4 °C
-------------	-----------------	---------------

Medicion N°	Carga L1= 15000 g			Carga L2= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15001	0.4	4.6	30001	0.6	3.4
2	15001	0.4	4.6	30001	0.6	3.4
3	15001	0.4	4.6	30001	0.6	3.4
4	15001	0.4	4.6	30001	0.6	3.4
5	15001	0.4	4.6	30001	0.6	3.4
6	15001	0.4	4.6	30001	0.6	3.4
7	15001	0.4	4.6	30001	0.7	3.3
8	15001	0.4	4.6	30001	0.6	3.4
9	15001	0.4	4.6	30001	0.7	3.3
10	15001	0.4	4.6	30001	0.6	3.4

Carga (gr)	Emax-Emin (gr)	e.m.p (gr)
15000	0.000	20
30000	0.100	30

2	5	Posicion de las Cargas	Ensayo de Excentricidad
1			
3	4		

Temperatura	Inicial 25.4 °C	Final 25.4 °C
-------------	-----------------	---------------



Posicion de la Carga	Carga min (g)	Carga			Carga L (g)	Carga				e.m.p ± gr
		I (g)	ΔL (g)	E0 (g)		I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	10	10	0.3	4.7	10000	0.5	3.5	-1.2	20	
2	10	10	0.3	4.7	10000	0.4	3.6	-1.1	20	
3	10	10	0.2	4.8	10000	0.4	3.6	-1.2	20	
4	10	10	0.2	4.8	10000	0.3	4.7	-0.1	20	
5	10	10	0.2	4.8	10000	0.4	4.6	-0.2	20	



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MM-O60-202

Laboratorio de Masa

Pág. 3 de 3

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	25.4 °C	Final	25.4 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga L (g)	L (g)				L (g)				e.m.p ± g
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
Eo 10	10	0.4	4.6						
20	20	0.4	4.6	0.0	20	0.3	4.7	0.1	10
500	500	0.3	4.7	0.1	500	0.3	4.7	0.1	10
1000	1000	0.3	4.7	0.1	1000	0.4	4.6	0.0	10
5000	5001	0.4	4.6	0.0	5001	0.3	4.7	0.1	10
8000	8001	0.4	4.6	0.0	8001	0.4	4.6	0.0	20
10000	10001	0.5	4.5	-0.1	10001	0.4	4.6	0.0	20
15000	15001	0.5	4.5	-0.1	15001	0.5	4.5	-0.1	20
20000	20001	0.5	4.5	-0.1	20001	0.5	3.5	-1.1	20
25000	25001	0.5	3.5	-1.1	25001	0.6	3.4	-1.2	30
30000	30001	0.6	3.4	-1.2	30001	0.6	3.4	-1.2	30

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. E: Error encontrado
 l: Indicaciones de la balanza. E_o: Error en cero
 ΔL: Carga adicional. E_c: Error corregido

Incertidumbre expandida de medicion $U = 2x \sqrt{0.16928 + 0.000000 100932} R^2$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = 0.0000239780 R$

Observaciones

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva color verde con indicaciones "CALIBRADO"

La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95%

(*) Se determinó utilizando la consideración 10.1 del PC-001.

(**) Se determinó utilizando la consideración 10.1 del PC-001.

(***) Se determinó utilizando la consideración 10.1 del PC-001.

Fin del documento





CALIBRACIONES PERU S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LMM-061-2020

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 3

Expediente 2060
Solicitante CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ SOCIDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIM I SOC.COM .RESPONS.LTDA

Dirección AV. ORIENTE NRO 772(FRENTE A FABRICA DE EMBUTIDOS HUAYCHULO)JUNIN-CONCEPCION-CO NCEPCION

Instrumento de Medición BALANZA NO AUTOMATICA

Marca (o Fabricante) OHAUS

Modelo SE402F

Numero de Serie B145294233

Procedencia USA

Tipo Electronica

Identificación NO INDICA

Alcance de Indicación 0 gr a 400 gr

Division de escala (d) o resolución 0.1 gr

Div.verific. De escala (e) 0,01 gr (*)

Capacidad Mínima 2 gr (**)

Clase de exactitud III

Ubic. Del Instrumento Instalaciones del solicitante CALIBRACIONES PE

Lugar de Calibración Laboratorio de Masa CALIBRACIONES PERU S.A

Fecha de Calibración 2020-01-17

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001,"Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Edición tercera Enero 2009.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales de METROIL, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI)

Patrones utilizados : M-0984-2019

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello



Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración

KAREN VANESSA IZARRA TUPIA
 GERENTE GENERAL
 CALIBRACIONES PERU S.A.C.
 RUC: 20004149721

CALIBRACIONES PERU S.A.C. - RUC: 20600820959
 Jr. Pasco N° 3312 San Martín De Porres, Lima - Perú
 Telf.: (01) 397 8754 Cel.: 949 985 016

E-mail: ventas@calibracionesperu.pe
 laboratorio@calibracionesperu.pe
 www.calibracionesperu.pe



2020-01-17

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LMM-061-2020

Laboratorio de Masa

Pág. 2 de 3

Resultados de Medicion

INSPECCION VISUAL

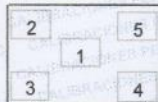
AJUSTES DE ACERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACION LIBRE	TIENE	CURSOS	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACION	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE RETABILIDAD

Temperatura	Inicial 25.1 °C	Final 25.1 °C
-------------	-----------------	---------------

Medicion N°	Carga L1= 300,00 g			Carga L2= 400,00 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300.00	0.1	0.00	400.00	0.06	0.09
2	300.00	0.0	0.01	400.00	0.06	0.09
3	300.00	0.0	0.01	400.00	0.06	0.09
4	300.00	0.1	0.00	400.00	0.07	0.09
5	300.00	0.0	0.01	400.00	0.06	0.08
6	300.00	0.0	0.01	400.00	0.06	0.09
7	300.00	0.1	0.00	400.00	0.06	0.09
8	300.00	0.0	0.01	400.00	0.07	0.08
9	300.00	0.0	0.01	400.00	0.06	0.09
10	300.00	0.1	0.00	400.00	0.06	0.09

Carga (gr)	Emax-Emin (gr)	e.m.p (gr)
300.00	0.01	0.3
400.00	0.01	0.3



Ensayo de Excentricidad

Posicion de las Cargas

Temperatura	Inicial 25.1 °C	Final 25.71 °C
-------------	-----------------	----------------



Posicion de la Carga	Carga min (g)	Carga			Carga L (g)	Carga			e.m.p ± gr
		I (g)	ΔL (g)	E0 (g)		I (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	1.00	1.00	0.04	0.01	200.00	0.04	0.01	0.00	0.1
2	1.00	1.00	0.03	0.02	200.00	0.04	0.01	-0.01	0.1
3	1.00	1.00	0.04	0.01	200.00	0.04	0.01	0.00	0.1
4	1.00	1.00	0.03	0.02	200.00	0.04	0.01	-0.01	0.1



5	1.00	0.03	0.02	200.00	0.04	0.01	-0.01	0.1
---	------	------	------	--------	------	------	-------	-----

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMM-061-2020

Laboratorio de Masa

Pág. 3 de 3

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	25.1	°C	Final	25.1	°C
-------------	---------	------	----	-------	------	----

Carga L (g)									e.m.p
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	± g
1	1.00	0.04	0.46						
2	2.00	0.05	-0.09	-0.10	2.00	0.04	-0.09	0.00	1
5	5.00	0.05	-0.09	-0.08	5.00	0.04	-0.10	-0.10	1
90	100.00	0.05	-0.09	-0.09	90.00	0.05	-0.09	-0.09	1
100	150.00	0.05	-0.09	-0.10	100.00	0.05	-0.11	-0.1	1
150	250.00	0.06	-0.11	-0.11	150.00	0.05	-0.09	-0.09	2
200	400.00	0.06	-0.09	-0.13	200.00	0.06	-0.10	-0.11	2
250	250.00	0.06	-0.10	-0.12	250.00	0.06	-0.09	-0.12	2
300	530.00	0.05	-0.10	-0.12	300.00	0.05	-0.10	-0.12	3
350	350.00	0.06	-0.11	-0.13	350.00	0.05	-0.11	-0.13	3
400	400.00	0.06	-0.11	-0.13	400.00	0.06	-0.11	-0.13	3

Legenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicaciones de la balanza.
ΔL: Carga adicional.

E: Error encontrado
E₀: Error en cero
E_c: Error corregido

Incertidumbre expandida de medicion

$$U = 2x \sqrt{0.00169 + 0.00000013463} R^2$$

Lectura corregida

R CORREGIDA

$$= R + 0.0004016071 R$$

Observaciones

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva color verde con indicaciones "CALIBRADO"

La incertidumbre de medicion se ha obtenido multiplicandola incertidumbre estandar de la medicion por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95%

(*) Se determino utilizando la consideracion 10.1 del PC-001.

(**) Se determino utilizando la consideracion 10.1 del PC-001.

(***) Se determino utilizando la consideracion 10.1 del PC-001.

Fin del documento



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 332 - 2020***Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 5

1. Expediente	16663
2. Solicitante	CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ S.C.R.L.
3. Dirección	Av. Oriente Nº 772 Concepción - Concepción - JUNIN.
4. Equipo	BAÑO MARÍA
Alcance Máximo	90 °C
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	STSY-2
Número de Serie	121114 (*)
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Instrumento de medición	Controlador / Selector
Alcance	-100 °C a 300 °C	-100 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	TERMÓMETRO DIGITAL	CONTROLADOR ELECTRÓNICO

5. Fecha de Calibración 2020-11-25

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2020-01-25


JUAN C. QUISPE MORALES


Metrología & Técnicas S.A.C.
 Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
 Telf.: (511) 540-0642
 Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
 RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
 WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 332 - 2020**Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	16663
2. Solicitante	CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ S.C.R.L.
3. Dirección	Av. Oriente Nº 772 Concepción - Concepción - JUNIN.
4. Equipo	BAÑO MARÍA
Alcance Máximo	90 °C
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	STSY-2
Número de Serie	121114 (*)
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Instrumento de medición	Controlador / Selector
Alcance	-100 °C a 300 °C	-100 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	TERMÓMETRO DIGITAL	CONTROLADOR ELECTRÓNICO

5. Fecha de Calibración 2020-11-25

Fecha de Emisión

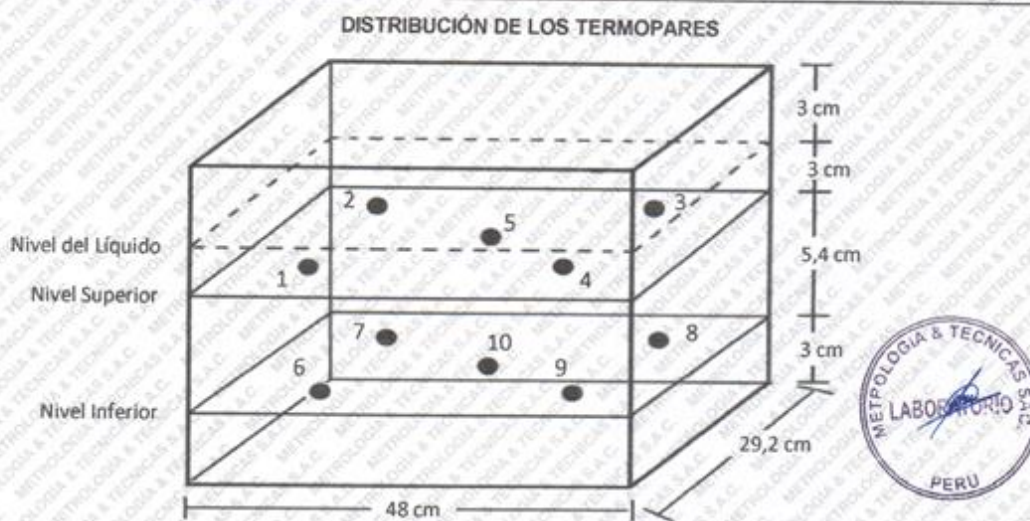
Jefe del Laboratorio de Metrología

2020-01-25


 JUAN C. QUISPE MORALES


Metrología & Técnicas S.A.C.
 Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
 Telf.: (511) 540-0642
 Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
 RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
 ventas@metrologiatecnicas.com
 WEB: www.metrologiatecnicas.com



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 7 cm de las paredes laterales y a 5 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “ANÁLISIS DE NUEVAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE UTILIZANDO MATERIAL ASFÁLTICO RECICLADO DE LA AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES – PROVINCIA DE CONCEPCIÓN 2020”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>¿En qué medida es viable generar nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuál es el comportamiento de los parámetros Marshall para generar nuevas mezclas asfálticas en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020?</p> <p>¿Cuál es el porcentaje de resistencia retenida al daño inducido por humedad en la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente agregando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020?</p> <p>¿Cómo afecta la resistencia a la compresión en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020?</p>	<p>Analizar la viabilidad de generar nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.</p> <p>Determinar el comportamiento de los parámetros Marshall en la generación de nuevas mezclas asfálticas en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.</p>	<p>Es viable generar nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020</p> <p>El comportamiento de los parámetros Marshall en la generación de nuevas mezclas asfálticas en caliente mejoran al incorporar material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>MATERIAL ASFÁLTICO RECICLADO</p>	<p>Mezcla asfáltica en caliente</p>	Contenido de líquido asfáltico de aporte del RAP	%	<p>DISEÑO: Experimental puro, según (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018. p.163) refieren que la esencia de esta concepción de experimento es la manipulación de la variable independiente, siendo la posprueba necesaria para determinar los efectos de las condiciones experimentales.</p> <p>NIVEL: El presente estudio, se observa el comportamiento de las variables que se respaldan en los ensayos realizados en laboratorio y corresponden al nivel explicativo porque son causales es decir según los conceptos se presenta cuando tienen efectos una variable sobre otra según (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018. p.52).</p> <p>POBLACIÓN:</p> <p>El material asfáltico reciclado obtenido de la Av. Andrés Avelino Cáceres ubicado en el Distrito nueve de julio de la Provincia de Concepción servirá para conformar la población.</p> <p>MUESTRA:</p> <p>El tipo de muestreo es no probabilístico o dirigida. En donde, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador, según (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018. p.176).</p> <p>Se conforman cuatro grupos de 70 briquetas, haciendo un total de 293 briquetas producidas en el laboratorio de pavimentos para la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente.</p> <p>INSTRUMENTOS:</p> <p>Fichas técnicas de recolección de datos, software Excel y SPSS Statistics. Según (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018. p.228) refieren como recurso que utiliza el investigador para registrar información sobre las variables.</p>
					Tamaño de molienda	19 mm	
					Proporción de RAP	0%	
						20%	
						40%	
	60%						
	Parámetros Marshall	Estabilidad (kg)					
		Flujo (mm)					
		Rigidez (kg/cm)					
	Resistencia retenida al daño inducido por humedad	%					
Resistencia a la compresión	Mpa						
<p>Calcular el porcentaje de resistencia retenida al daño inducido por humedad en la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente agregando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.</p> <p>Evaluar la resistencia a la compresión en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.</p>	<p>El porcentaje de resistencia retenida al daño inducido por humedad en la producción de nuevas mezclas asfálticas en caliente disminuye al agregar material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.</p> <p>La resistencia a la compresión en la elaboración de nuevas mezclas asfálticas en caliente aumenta al utilizar material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>NUEVAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE</p>	<p>Comportamiento Mecánico</p>				