



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



"Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos flexibles: convencional y con adición de polímeros reciclados."

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil

AUTORES

Bach. Kellym Ruby Gastelo Fernandez

Bach. Nilton Ray Luis Chavez Penas

ASESOR

Dr. Ing. Rocio del Pilar Blas Rebaza

Lambayeque, Peru
2021



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



"Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos flexibles: convencional y con adición de polímeros reciclados."

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil

Aprobado por los Miembros del jurado

Dr.Ing. Carlos Ernesto Mondragon Castaneda

Presidente

Mg.Ing. Wesley Salazar Bravo

Secretario

Ing. Jorge Luis Martinez Santos

Vocal

Dr.Ing. *Rocio de!* Pilar Blas Rebaza

Asesor

Nilton Ray Luis Chavez Penas

Autor

Kellym Ruby Gastelo Fernandez

Autor

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a Dios por darnos la vida y a nuestras familias, por siempre creer en nosotros y acompañarnos en este hermoso camino.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestra alma máter y a todos los catedráticos por darnos lo mejor de ellos y por la oportunidad de brindarnos sus experiencias y conocimientos en nuestra formación académica asimismo agradecemos especialmente a nuestra asesora Dr.Ing. Rocío del Pilar Blas Rebaza y al apoyo técnico de Edgard Ticse Cárdenas.

INDICE DEL CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	13
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACION - PLANTEAMIENTO.....	13
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	14
1.2.1. Problema General.....	14
1.2.2. Problemas Especificos.....	14
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	14
1.3.1. Objetivo General.....	14
1.3.2. Objetivos Especificos.....	15
1.4. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	15
1.4.1. Hipótesis general.....	15
1.4.2. Hipótesis Especificas.....	15
1.5. VARIABLES E INDICADORES.....	16
1.5.1. Variables.....	16
1.5.2. Operacionalización de Variables	18
1.6. DELIMITACION DE LA INVESTIGACION.....	20
1.6.1. Delimitación Espacial.....	20
1.6.2. Delimitación Temporal.....	20
1.7. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION	20
1.8. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION	21
CAPITULO II: ANTECEDENTES Y MARCO TEORICO	22

	2
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	22
2.1.1. Antecedentes nacionales	22
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	24
2.2. MARCO TEORICO-CONCEPTUAL	26
2.2.1. Mezclas Asfálticas	26
2.2.2. Mezcla asfáltica en caliente (Concreto asfáltico).....	29
2.2.3. Mezclas Asfálticas Modificadas	57
2.2.4. Diseiio de Mezclas Asfálticas Mediante Metodo Marshall.....	61
 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	 73
3.1. TIPO DE INVESTIGACION.....	73
3.2. NIVEL DE INVESTIGACION	73
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACION.....	73
3.4. POBLACION Y MUESTRA.....	73
3.4.1. Población	73
3.4.2. Tamaiio de Muestra.....	73
3.5. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION	75
 4. CAPITULO IV: CARACTERIZACION DE LOS COMPONENTES DE LAS	
MEZCLAS ASFÁLTICAS	84
4.1. AGREGADOS.....	84
4.1.1. Car	84
acterfsticas de la Cantera.....	
4.1.2. Ens	86
ayos Realizados a los Agregados	
4.1.3. Gra	95
dación de los agregados	
4.2. CEMENTO AsFALT1co.....	98

4.3.	POLIMEROS RECICLADOS.....	98
4.3.1.	Obtención de los Polímeros Reciclados.....	98
5.	CAPITULO V: ANALISIS Y DISEÑO DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS	100
5.1.	MEZCLAS ASFALTICAS CONVENCIONAL.....	100
5.1.1.	Elaboración de las Probetas.....	101
5.1.2.	Condiciones de Mezcla Asfáltica Convencional.....	101
5.1.3.	Determinación del contenido óptimo de asfalto.....	102
5.1.4.	Ensayo de Peso Específico Rice-MTC E 508.....	110
5.1.5.	Ensayo de Lottman Modificado (AASHTO T-283).....	111
5.1.6.	Procedimiento.....	112
5.2.	MEZCLAS ASFALTICAS CONVENCIONAL CON ADICIÓN POLÍMERO RECICLADO	113
5.2.1.	Elaboración de las Probetas.....	113
5.2.2.	Condiciones de Mezcla Asfáltica Convencional Con Adición Polímero Reciclado.....	113
5.2.3.	Determinación del contenido óptimo de asfalto.....	115
5.2.4.	Ensayo de Peso Específico Rice-MTC E 508.....	122
5.2.5.	Ensayo de Lottman Modificado (AASHTO T-283).....	123
5.2.6.	Procedimiento.....	124
6.	CAPITULO VI. ANALISIS Y COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS	.126
6.1.	DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS.....	126
6.1.1.	Ensayo Marshall MTC E-504.....	126
6.1.2.	Tracción Indirecta -Lottman Modificado.....	136

6.2.	ANALISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA DE ASFALTO CONVENCIONAL CON LA MEZCLA DE ASFALTO CON POLIMERO RECICLADO.....	137
7.	CAPITULO VII: ANALISIS ECONOMICO	139
7.1.	OBJETIVO GENERAL	139
7.2.	OBJETIVO ESPECIFICO	139
7.3.	DESARROLLO DEL ANALISIS DE COSTO UNITARIO	139
7.3.1.	Porcentajes Optimos.....	139
7.3.2.	Cantidades por m3 (compactos) de mezcla asfaltica.....	140
7.3.3.	Analisis de Costos Unitarios de Partidas.....	141
7.4.	ANALISIS COMPARATIVO ECONOMICO DE LA MEZCLA DE ASFALTO CONVENCIONAL CON LA MEZCLA DE ASFALTO CON POLIMERO RECICLADO.....	144
7.5.	ESTIMACION DE UN TRAMO DE 10KM CON PAVIMENTO EN BASE A UNA MEZCLA ASFALTICA CON POLIMEROS RECICLADOS.....	144
8.	CAPITULO VIII: CONTRASTACION DE HIPOTESIS	146
8.1.	ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA.....	146
8.1.1.	Prueba de Hip6tesis	146
8.2.	FLUJO EN LA MEZCLA ASFALTICO	148
8.2.1.	Prueba de Hip6tesis	148
8.3.	TRACCION INDIRECTA DE LA MEZCLA ASFALTICA.....	150
9.	CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	152
9.1.	CONCLUSIONES.....	152
9.2.	RECOMENDACIONES	153

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....155**ANEXOS.....158****RELACION DE FIGURAS**

<i>Figura 1.</i> Tipos de asfalto que mas se utilizan y su uso segun la altura.....	34
<i>Figura 2.</i> Aplicaciones del plastico PEBD.....	60
<i>Figura 3.</i> Aplicaciones del plastico PEAD.....	60
<i>Figura 4.</i> Propiedades en Peso -Volumen en Mezcla Asfaltica Compactada.....	67
<i>Figura 5.</i> Esquem a de una muestra.....	69
<i>Figura 6.</i> Grafico de ejemplo de una serie de resultados de probetas de ensayo Marshall	71
<i>Figura 7.</i> Curva Granulometrica.....	97
<i>Figura 8.</i> Porcentaje de Cemento Asfaltico vs Peso especifico	104
<i>Figura 9.</i> Porcentajede Cemento asfaltico vs Porcentaje de Vacfos	105
<i>Figura 10.</i> Porcentaje de Cemento asfaltico vs estabilidad	106
<i>Figura 11.</i> Porcentaje de Cemento asfaltico vs Porcentaje de VMA.....	107
<i>Figura 12.</i> Porcentajede Cemento asfaltico vs flujo.....	108
<i>Figura 13.</i> Porcentajede Cemento asfaltico vs Porcentaje de V.LL.C.A.	109
<i>Figura 14.</i> Porcentaje de Polimero Reciclado vs Peso especifico.....	116
<i>Figura 15.</i> Porcentaje de Polimero Reciclado vs Porcentaje de Vacios	117
<i>Figura 16.</i> Porcentajede Polimero Reciclado vs estabilidad.....	118
<i>Figura 17.</i> Porcentaje de Polimero Reciclado vs Porcentaje de VMA.	119
<i>Figura 18.</i> Porcentaje de Polimero Reciclado vs flujo.....	120
<i>Figura 19.</i> Porcentaje de Polimero Reciclado vs Porcentaje de V.LL.C.A.	121
<i>Figura 20.</i> Peso Unitario (g/cm3).....	126

<i>Figura 21.</i> % Vacios de la Mezcla	127
<i>Figura 22.</i> Estabilidad (Kg)	128
<i>Figura 23.</i> % Vacios en el Agregado Mineral.....	129
<i>Figura 24.</i> Flujo (mm)	130
<i>Figura 25.</i> Vacios Llenos con Asfalto (%).....	131
<i>Figura 26.</i> Estabilidad Retenida %	132
<i>Figura 27.</i> Indice de Compatibilidad.....	133
<i>Figura 28.</i> Peso Especifico Maximo.....	134
<i>Figura 29.</i> Tracci6n Indirecta-Lottman Modificado.....	137
<i>Figura 30.</i> Analisis Econ6mico	144
<i>Figura 31.</i> Representaci6n grafica de la distribuci6n t student con cola a la derecha.....	147
<i>Figura 32.</i> Representaci6n grafica de la distribuci6n t student con cola a la derecha.....	149
<i>Figura 33.</i> Representaci6n grafica de la distribuci6n t student con cola a la derecha.....	151

RELACION DE TABLAS

Tabla 1.Matriz de Consistencia.....	17
Tabla 2.Operacionalizaci6n de Variables	18
Tabla 3.Proceso Reciclaje de Plastico.....	19
Tabla 4.Lista de Materiales Plasticos Utilizados para la Construcci6n de Carreteras Con la Temperatura Umbral por Encima del cual se Pueden Liberar Gases T6xicos al Medio Ambiente	20
Tabla 5.Causas y efectos en la inestabilidad del pavimento	47
Tabla 6. Causas y efectos de poca durabilidad.....	49
Tabla 7.Causas y efectos de permeabilidad	50

Tabla 8.Causas y efectos en los problemas de Trabajabilidad	52
Tabla 9.Causas y efectos de mala resistencia a la fatiga.....	54
Tabla 10.Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento	55
Tabla 11.Cuadro de Resumen de la Elaboración de las Probetas	74
Tabla 12.Cuadro de Ensayos para los Agregados	75
Tabla 13.Cuadro de Ensayos para los Agregados	83
Tabla 14.Localización de cantera.....	84
Tabla 15.Resumen - Cantera Tres Tomas.....	84
Tabla 16. Requerimientos para los Agregados Gruesos	86
Tabla 17.Propiedades Ffsico-Mecanicas de los Agregados en la Mezcla ASTM D 3515 D-5.....	89
Tabla 18. Requerimientos para los Agregados Finos	90
Tabla 19.Propiedades Ffsico-Mecanicas de los Agregados en la Mezcla ASTM D 3515 D-5.....	93
Tabla 20.Requerimientos para el Filler Mineral.....	94
Tabla 21.Requerimientos de Calidad del Agregado Global.....	94
Tabla 22.Resultado de Calidad del Agregado Global.	94
Tabla 23.Parametros de Agregados para Mezcla Asfaltica	95
Tabla 24.Combinación ffsica y teórica de agregados para la mezcla asfaltica.....	96
Tabla 25. Selección del tipo cemento asfaltico.....	98
Tabla 26.Proceso Reciclaje de Plastico.....	99
Tabla 27. Requisitos Para Mezcla de Cemento Bituminoso	100
Tabla 28.Materiales de Disefio MAC-2	101
Tabla 29.Dosificación para el Disefio de Marshall	102
Tabla 30.Temperatura de Aplicación.....	102

Tabla 31.Porcentaje Optimo Teórico.....	103
Tabla 32.Porcentaje Optimo del promedio de todos los graficos.....	104
Tabla 33.Requerimientos para el Tamafio de la Muestra	110
Tabla 34.Proporciones de los Componentes de Mezcla Asfaltica convencional para Ensayo de Peso Especffico Maximo Rice.....	110
Tabla 35.Reporte de Resultados del Ensayo de Peso Especffico Maximo Rice.....	111
Tabla 36.Requisitos de Prueba de Tracci6n Indirecta Lottman Modificado	111
Tabla 37.Proporciones de los Componentes de Mezcla Asfaltica para Ensayo de Tracci6n Indirecta	112
Tabla 38.Resultado del Ensayo de Tracci6n Indirecta Lottman Modificado.....	113
Tabla 39.Materiales de Disefio MAC-2	113
Tabla 40.Dosificaci6n para el Disefio de Marshall	114
Tabla 41.Temperatura de Aplicaci6n.....	114
Tabla 42.Porcentaje Optimo Teórico.....	115
Tabla 43.Porcentaje Optimo del promedio de todos los graficos.....	116
Tabla 44.Requerimientos para el Tamafio de la Muestra.....	122
Tabla 45.Proporciones de las Componentes de Mezcla Asfaltica Convencional con Adici6n de Polfmero Reciclado para Ensayo de Peso Especffico Maximo Rice	122
Tabla 46.Reporte de Resultado del Ensayo de Peso Especffico Maximo Rice.....	123
Tabla 47.Requisitos de Prueba de Tracci6n Indirecta Lottman Modificado	123
Tabla 48.Proporciones de los Componentes de Mezcla Asfaltica para Ensayo de Tracci6n Indirecta	124
Tabla 49.Resultado del Ensayo de Tracci6n Indirecta Lottman Modificado.....	125

Tabla 50. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adici3n de Polfmeros Reciclad	
Polfmeros Reciclad	
-Peso Unitario (g/cm ³)	126
Tabla 51. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adici3n de Polfmeros Reciclad	
-Vacios de la Mezcla (%).....	127
Tabla 52. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con adici3n de Polfmeros Reciclad	
-Estabilidad (Kg).....	128
Tabla 53. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adici3n de Polfmeros Reciclad	
-Vacios en el Agregado Mineral (%)	129
Tabla 54. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adici3n de Polfmeros Reciclad	
-Flujo (mm)	130
Tabla 55. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adici3n de Polfmeros Reciclad	
-Vacios Llenos con Asfalto(%).....	131
Tabla 56. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adici3n de Polfmeros Reciclad	
-Estabilidad Retenida (%).....	132
Tabla 57. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adici3n de Polfmeros Reciclad	
-Índice de Compatibilidad.....	133
Tabla 58. Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adici3n de Polfmeros Reciclad	
-Índice de Peso Específico Máximo.....	134
Tabla 59. Análisis de los Resultados del Diseño de Mezclas Asfálticas Convencional.....	135
Tabla 60. Análisis de los Resultados del Diseño de Mezclas Asfálticas Convencional Con Adici3n Polfmeros Reciclad	
.....	136
Tabla 61. Análisis de los Resultados del Diseño de Mezclas Asfálticas Con Adici3n Polfmeros Reciclad	
.....	136

Tabla 62.Comparación de la mezcla de asfalto convencional con las propiedades de la mezcla de asfaltos con polfmero reciclado.....	138
Tabla 63.Fabricación de Mezcla Asfaltica Convencional.....	142
Tabla 64.Fabricación de Mezcla Asfaltica Convencional con Adición de Polfmeros Reciclados	143
Tabla 65.Cuadro comparativo del consumo de las mezclas asfalticas	145
Tabla 66.Cantidad de objetos plasticos reciclados	145
Tabla 67.Diferencia de Resultados de Estabilidad.....	146
Tabla 68.Comprobación con Programa: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.....	147
Tabla 69.Diferencia de Resultados de Flujo.....	148
Tabla 70.Comprobación con Programa: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.....	149
Tabla 71.Diferencia de Resultados de Tracción directa	150
Tabla 72.Comprobación con Programa: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.....	151
Tabla 73.Comparativo en tramo de 10 km con pavimento asfaltico.....	153
Tabla 74.Cantidad de objetos plasticos reciclados.....	153

RESUMEN

El objetivo general fue comparar el comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos flexibles: convencional y con adición de polímeros reciclados. Se utilizaron materiales como bolsas plásticas (polietileno de alta y baja densidad).

Se usó método en el diseño Marshall y comparación de la mezcla asfáltica modificada con la mezcla asfáltica convencional. El método Marshall nos permitió calcular el contenido óptimo del cemento asfáltico que da como resultado una mezcla que satisface las propiedades deseadas de resistencia y durabilidad, para evaluar las mezclas asfálticas modificadas ,primero se identificó el contenido óptimo del ligante de la mezcla asfáltica convencional, luego se desarrolló diferentes porcentajes de polímeros reciclados peletizado por peso de contenido óptimo del ligante .La población y el tamaño de muestra se constituyeron 92 probetas de mezcla asfáltica con adición de polímeros reciclados(plásticos) y convencional.

Se concluyó que la mezcla con 6.73% de polímeros reciclados, mejoró significativamente la estabilidad en 25.38%, flujo en 2.25% y tracción indirecta en 13,6% sobre la mezcla asfáltica del tipo convencional. Además, los resultados de peso unitario de las dos mezclas(asfálticas) son aproximadamente iguales, el porcentaje de vacíos llenos de ligante(asfáltico) aumentó ligeramente en 0.92% y el porcentaje de Vacíos disminuyó en 2.78%. Económicamente es factible incorporar las Mezclas asfálticas con polímeros reciclados en la construcción de carreteras, con una diferencia de costos de producción de 1.40 soles por m³.

Palabras claves: comportamiento a compresión, pavimentos asfálticos, polímeros, asfalto, polietileno, método Marshal, ligante.

ABSTRACT

The general objective was to compare the compressive behavior of flexible asphalt pavements: conventional and with the addition of recycled polymers. Materials such as plastic bags (high- and low-density polyethylene) were used.

The Marshall method design was used to compare the modified asphalt mix with the conventional asphalt mix. The Marshall method allowed us to determine the optimal content of asphalt cement that results in a mixture that satisfies the desired properties of strength and durability, to evaluate modified asphalt mixtures, first the optimal content of the binder of the conventional asphalt mixture was identified, then Different percentages of recycled pelletized polymers were developed by weight of optimal binder content. The population and sample size were made up of 92 specimens of conventional and modified asphalt mix.

The conclusion was that the modified asphalt mix with 6.73% recycled polymers would significantly improve stability by 25.38%, flow by 2.25% and indirect traction by 13.6%. compared to conventional asphalt mix. In addition, the values of the unit weights for the two asphalt mixtures are approximately the same, the percentage of voids filled with asphalt cement (V.L.L.C. A) increased slightly by 0.92% and the percentage of Voids decreased by 2.78%. It is economically feasible to use asphalt mixtures with recycled polymers in the construction of roads, the difference in production costs being 1.40 soles per m³.

Keywords: compression behavior, asphalt pavements, polymers, asphalt, polyethylene, Marshal method, binder.

Capítulo I: Generalidades

1.1. Problema de Investigación - Planteamiento

El plástico es el material más utilizado en el desarrollo de diversas actividades cotidianas por parte de los seres humanos, lo que hace que una gran cantidad de residuos plásticos fluya hacia los vertederos o el océano, tal como es el caso de la denominada “Isla de plástico” en el Océano Pacífico (Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., 2018).

El Gobierno Peruano en un intento de reducir el uso de plásticos, el 19 de diciembre del 2018, promulgó la ley N°30884, la cual prohíbe plásticos de un solo uso y/o descartables; sin embargo, actualmente existen miles de toneladas de plásticos que tardarán cientos de años en descomponerse, como es el caso del departamento de Lambayeque, al no contar con una planta de tratamiento de residuos sólidos, son dispuestos en los botaderos, posteriormente los desechos de cartón, Tecnopor, papel, en mayor cantidad plástico, son quemados causando daños irreparables al medio ambiente y malestar a los pobladores de zonas aledañas por lo tanto es necesario investigar posible forma de reutilizar el plástico (Ley N°30884,2018).

Así mismo en el Perú las carreteras con pavimentos asfálticos de diseño convencional son proyectadas para una vida útil de 10 a 15 años después de unos años se necesita realizar mantenimiento periódicos o reparaciones de la carpeta de rodadura, debido a diversos factores como cambios climáticos, crecimiento exponencial del tráfico, entre otros. En consecuencia, la falta un adecuado mantenimiento en la infraestructura vial eleva los costos, para el administrador de la infraestructura, como para los usuarios. (Cinthya Pastor,2019)

La presente investigación evaluará los efectos que ocasiona la adición de plásticos reciclados(polímeros reciclados) en la mezcla asfáltica del tipo convencional, tomando como referencia a la India que ha investigado desde el año 2002, país que ha encontrado una solución a

la utilización de residuos plásticos en pavimentos flexibles, logrando aumentar la vida útil del pavimento hasta 10 años sin necesidad realizar mantenimiento de fisuras, grietas, peladura y baches en la superficie de rodadura; en el 2014 el gobierno de la india implementó un manual técnico - administrativo para el uso de plástico reciclado en la construcción de carreteras. (Organismo autónomo del gobierno de la India. ,2014)

1.2. Formulación del Problema de Investigación

1.2.1. Problema General

¿Qué efecto tiene la adición de polímero reciclado en la resistencia a compresión del pavimento asfáltico flexible convencional?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿La caracterización de los ensayos de materiales de los agregados: grueso y fino cumplirá con los valores establecidos para mezclas asfálticas caliente?
- b) ¿La mezcla asfáltica convencional cumplirá con los valores establecidos de la norma peruana para mezclas asfálticas en caliente?
- c) ¿La mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado cumplirá con los rangos establecidos de la norma peruana para mezclas asfálticas en caliente?
- d) ¿Cuál es el costo para la producción de la mezcla asfáltica convencional y con adición de polímero reciclado?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Comparar el comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos flexibles: convencional y con adición de polímeros reciclados.oo

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- a) Ejecutar ensayos de materiales en los agregados gruesos y finos.
- b) Evaluar mediante el método Marshall las propiedades físicas de la mezcla asfáltica convencional.
- c) Utilizar el método Marshall para evaluar las propiedades físicas de la mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado.
- d) Comparar el costo para producción de mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado y convencional

1.4. Hipótesis de la Investigación

1.4.1. *Hipótesis general*

La adición de polímero reciclado aumentará la resistencia a compresión del pavimento asfáltico flexible convencional.

1.4.2. *Hipótesis Específicas*

- a) Los ensayos de materiales aplicados a los agregados gruesos y finos, cumple con los rangos establecidos en la normativa del EG-2013 para mezclas asfálticas caliente.
- b) La mezcla asfáltica convencional cumple con los rangos físicos establecidos en la normativa del EG-2013 para mezclas asfálticas en caliente.
- c) La mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado cumple con los rangos físicos establecidos en la normativa del EG-2013 para mezclas asfálticas en caliente.
- d) El costo para producir mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado es más económico que el costo para producir mezcla asfáltica convencional.

1.5. Variables e indicadores

1.5.1. Variables

Variable Independiente (X) : La adición de polímeros reciclados en pavimentos asfálticos flexibles.

Variable Dependiente (Y) : El comportamiento a compresión del pavimento asfáltico flexible.

Tabla 1
Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
General	General	General	Variable independiente (X)
¿Qué efecto tiene la adición de polímero reciclado en la resistencia a compresión del pavimento asfáltico flexible convencional?	Comparar el comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos flexibles: convencional y con adición de polímeros reciclados.	La adición de polímero reciclado aumentará la resistencia a compresión del pavimento asfáltico flexible convencional.	La adición de polímeros reciclados en Pavimentos Asfálticos flexibles.
Específicos	Específicos	Específicos	Variable Dependiente (Y)
a) ¿La caracterización de los ensayos de materiales de los agregados gruesos y finos, cumplirá con los valores establecidos para mezclas asfálticas caliente?	a) Ejecutar ensayos de materiales en los agregados gruesos y finos.	a) Los ensayos de materiales aplicados a los agregados gruesos y finos, cumple con los rangos establecidos en la normativa del EG-2013 para mezclas asfálticas caliente.	El comportamiento a compresión en pavimentos asfálticos flexibles.
b) ¿La mezcla asfáltica convencional cumplirá con los valores establecidos de la norma peruana para mezclas asfálticas en caliente?	b) Evaluar mediante el método Marshall las propiedades físicas de la mezcla asfáltica convencional.	b) La mezcla asfáltica convencional cumple con los rangos físicos establecidos en la normativa del EG-2013 para mezclas asfálticas en caliente.	
c) ¿La mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado cumplirá con los rangos establecidos de la norma peruana para mezclas asfálticas en caliente?	c) Utilizar el método Marshall para evaluar las propiedades físicas de la mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado.	c) La mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado cumple con los rangos físicos establecidos en la normativa del EG-2013 para mezclas asfálticas en caliente.	
d) ¿Cuál es el costo para la producción de la mezcla asfáltica convencional y con adición de polímero reciclado?	d) Comparar el costo para producción de mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado y convencional.	d) El costo para producir mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado es más económico que el costo para producir mezcla asfáltica convencional	

1.5.2. Operacionalización de Variables

Tabla 2

Operacionalización de Variables

TIPO	VARIABLE	INDICADOR	INSTRUMENTO DE MEDICION	MEDICION	RANGO DE VARIABILIDAD O VALOR FIJO
Variable independiente	(X) La adición de polímeros reciclados en el pavimento asfáltico flexible.	cantidad de polímero reciclado en la mezcla asfáltica	Balanza electrónica	% en peso del ligante	1, 2, 4, 6, 8 y 10
		Temperatura de mezcla con agregados pétreos	Termómetro	°C	150 a 175
		Tamaño máximo de polímero	Malla metálica	pulg	1/4"
		Tipo de polímero	Observación (tabla de clasificación #4)	Item	6 y 7 (Bolsas plásticas de baja y alta densidad)
		Estado del reciclaje	Observación (tabla de clasificación #3)	Item	9 (Polímero peletizado)
Variable dependiente	(Y) El comportamiento a compresión del pavimento asfáltico flexible.	Estabilidad Marshall	Ensayo Marshall	kg	-
		Flujo Marshall	Ensayo Marshall	mm	-
		Tracción Indirecta	Ensayo Lottman Modificado	%	

Tabla 3*Proceso Reciclaje de Plástico*

Ítems	Fases del reciclado	Descripción
1	Recepción de materias primas	Material plástico susceptible de ser reciclado (PEAD, PEBD, PP, PET, PS, ABS, LDPE...)
2	Proceso de selección	Se separan aquellas materias plásticas diferentes a las que en el momento de consumo corresponda a la calidad en proceso, etiquetas, materias férricas, tierras...etc.
3	Triturado	Las piezas se rompen y desmenuzan a través de trituradores de gran capacidad productiva, por medio de un juego de cuchillas giratorio, reduciéndolas a pequeños trozos según el diámetro de la criba.
4	Lavado	El plástico se introduce en unos lavaderos industriales. Unas aspas remueven el agua de manera que el plástico quede mojado totalmente y en el fondo de los lavaderos quedarán depositadas posibles impurezas como tierra, piedras, metales, cartón, PVC y cualquier otro material más denso que el agua.
5	Secado y centrifugado	El material extraído de los lavaderos pasa a las centrifugas donde además de hacer las funciones de secado eliminarán por completo cualquier impureza que aún pudiera escapar de los lavaderos.
6	Homogeneización	Una vez triturado, lavado y secado, el plástico se almacena en un gran silo, donde será mezclado por un proceso mecánico, hasta conseguir un material homogéneo en color, textura y comportamiento, quedando preparado para la extrusión.
7	Extrusionado	Plastificado de todas las partículas antes creadas dando lugar a una masa uniforme. De este modo los polímeros se funden mediante el calor.
8	Filtrado	El plástico pasa aún por un proceso de filtrado -un sistema de mallas muy finas- que retendrán cualquier tipo de impurezas que en los procesos anteriores pudiera haber dejado adheridas al material: restos de cartón, pequeños trozos de madera, tela u otros trozos de materiales incompatibles.
9	Granceado o peletizado	De este proceso obtenemos el grano o granza adecuado.
10	Analítica y control de calidad	La producción de granza lo divide en lotes. Analiza sus características como fluidez, densidad, cenizas.
11	Envasado	El producto es envasado en Big Bags o sacos de 25Kg
12	Almacenamiento	Un buen almacenamiento del producto terminado es fundamental para evitar posibles daños: golpes, inclemencias climáticas, deterioro, etc.
13	Logística	El material queda listo para ser retirado para su entrega en destino.

Fuente. Adaptado de ¿Cómo es el proceso de reciclaje de plástico? (2014, abril 5). Recicladoslared.es. <http://www.recicladoslared.es/proceso-de-reciclaje-de-plasticos/>

Tabla 4

Lista de Materiales Plásticos Utilizados para la Construcción de Carreteras Con la Temperatura Umbral por Encima del cual se Pueden Liberar Gases Tóxicos al Medio Ambiente

Ítems	Plastics	Toxic Gases Released	T(°C)
1	Polyethylene Terephthalate (Pet)	Lighter hydrocarbons (C5-C10)	>200
2	Polypropylene (PP)	C2H6	270-300
3	Poly Vinyl Acetate (PVA)	CH3COOH	>190
4	Poly Vinyl Chloride (PVC)	HCL	250
5	Polystyrene(PS)	C6H6	300-350
6	Low Density Polyethylene (LDPE)	CH4,C2H6	270-350
7	High Density Polyethylene (HDPE)	CH4,C2H6	270-350

Fuente. Tomado de “Organismo autónomo del gobierno de la India. ,2014”

1.6. Delimitación de la Investigación

El presente estudio compara el comportamiento a compresión del pavimento asfáltico flexible convencional y con adición de polímero reciclado a nivel de mezclas asfálticas, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la costa peruana.

1.6.1. Delimitación Espacial

La ubicación seleccionada para el proyecto es la zona costera del Perú, específicamente la región Lambayeque.

1.6.2. Delimitación Temporal

Este trabajo de investigación es realizado entre los años 2020 y 2021, asimismo utiliza el Manual vigente de Carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes.

1.7. Justificación e Importancia de la Investigación

La presente investigación busca fomentar el uso de tecnologías verdes para la construcción de carreteras con pavimentos asfálticos flexibles en nuestro país. La utilización de polímeros reciclados (polietileno HDPE de alta densidad y LDPE de baja densidad) ayuda a reducir el

impacto en el medio ambiente al evitar que estos desechos eventualmente ingresen a los vertederos o al océano sin ningún tratamiento.

Por otro lado, mejora la vida útil del pavimento y es una oportunidad para la sostenibilidad ambiental.

1.8. Alcances y Limitaciones de la Investigación

- a. La presente investigación de la mezcla asfáltica con adición de polímeros reciclados (Plásticos LDPE y HDPE) solo será aplicable en caliente y por la vía seca.
- b. Los diseños de mezclas asfálticas utilizan el método Marshall para determinar el contenido óptimo de asfalto y/o cantidad óptima de polímero reciclado en la mezcla.
- c. Se utilizará polímeros reciclados que para la presente investigación son diez por ciento plásticos de polietileno HDPE de alta densidad y noventa por ciento plásticos LDPE de baja densidad.
- d. Asimismo, se utilizará el laboratorio según su disponibilidad acorde con el cronograma de ejecución de la investigación, ya sea el laboratorio de nuestra universidad o privado (de ser el caso se contratará a técnicos especializados en laboratorio de pavimentos).
- e. Se realizará los ensayos solo a nivel del laboratorio ya que la ejecución del tramo de prueba implicaría un costo adicional en equipos especializados.

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

Corbacho (2019) desarrolló la tesis sobre; Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del Cusco-2018. De la Escuela de ingeniería civil, Facultad de arquitectura e ingeniería civil de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco. Dentro de su investigación propuso el objetivo de la presente tesis es Analizar la estabilidad Marshall y la deformación permanente a través de la prueba de rueda de carga de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente mediante la sustitución parcial de agregados finos con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad de Cusco-2018.

Teniendo como situación problemática que en estos últimos años la cantidad de vehículos se ha incrementado copiosamente, provocando una disminución significativa en la resistencia y durabilidad del pavimento flexible.

La metodología que se usó es el método Marshall para obtener el mejor contenido de asfalto de las mezclas asfálticas convencionales y obtener el mejor contenido de fibra reemplazando el agregado fino por la vía seca y modificando la mezcla asfáltica con fibras de PET. Luego se realizó la prueba de la rueda de carga de Hamburgo para determinar el comportamiento ahuellamiento de las dos mezclas de asfalto y la sensibilidad a la humedad para garantizar el mejor y más duradero nivel de servicio de la carretera. Adicionalmente se realizó el ensayo Lottman modificado para determinar el cambio de comportamiento ante la susceptibilidad a la humedad y tracción inducidas, se evaluó la rigidez bajo cargas cíclicas en

la prueba de Módulo de Resiliencia. Teniendo como finalidad determinar la influencia del polímero en el asfalto.

Llegaron a la siguiente conclusión: la sustitución parcial del agregado fino por fibras PET en el diseño de mezcla asfáltica modificada disminuye un 9.6% en la estabilidad Marshall, mientras el flujo se incrementa en un 6.5%, En comparación con las mezclas asfálticas tradicionales, también aumenta a la susceptibilidad a la deformación permanente en un 24%.

Espinoza (2019) desarrolló la tesis sobre ; “Utilización del plástico PET reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad de Huánuco – 2018”. De la Escuela de ingeniería civil, Facultad de ingeniería civil y arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco. Dentro de su investigación propuso el objetivo de la presente tesis es determinar las características físicas y estructurales de la mezcla de asfalto y utilizando plástico PET reciclado y derretido para fabricar carpetas de bajo tránsito en la ciudad de Huánuco.

Teniendo como situación problemática el manejo inadecuado de los desechos plástico PET buscando incentivar el uso del plástico reciclado de la mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de Huánuco.

La metodología que se realizó en primera instancia es la selección de los agregados que cumpla la norma (EG-2013), posteriormente buscaron la proporción óptima del plástico fundido en la mezcla asfáltica, para garantizar a los requerimientos de carga y tráfico para un tipo de tránsito bajo, representado con 35 golpes de ensayo Marshall cumpliendo con la norma (EG-2013). En la fase experimental elaboraron 15 briquetas con cemento asfáltico $22\%=4*5$, $24\%=4*6.5$, de plástico (PET) con relación al peso total por briqueta tradicional

PEN 60/70 y 45 briquetas con diferentes porcentajes $18\%=4*4.5$, $20\%=4*5$, por lo tanto, el plástico reemplaza al 100% al asfalto tradicional y en varias proporciones a los agregados pétreos según el porcentaje de plástico añadido a la mezcla.

Llegaron a la siguiente conclusión: el diseño de mezcla asfáltica modificada tiene un comportamiento diferente a la mezcla asfáltica tradicional, resultando su comportamiento similar a un concreto hidráulico; en consecuencia: las probetas no permitieron ejecutar el ensayo Rice ASTM D 2041 no se llegó a obtener el óptimo de la mezcla asfáltica modificada con plástico PET y no se cumplió con la norma (EG-2013) correspondiente en mezcla asfáltica caliente.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Aimacaña (2017) desarrolló la tesis sobre: “Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales”. De la escuela ingeniería civil, Facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica De Ambato-Ecuador. Dentro de su investigación propuso el objetivo de la presente tesis es analizar el comportamiento de flujo y estabilidad de los especímenes compactados, con mezcla asfáltica a base de plástico y mezcla asfáltica convencional.

En la presente investigación buscó elaborar una mezcla asfáltica modificada con residuos de plásticos, en este caso tapas de botellas recicladas y trituradas, para que se convierta en una aplicación para obras de pavimentación, resuelve los problemas de la red vial, e incluso aporta soluciones medioambientales para la gestión de residuos como los plásticos.

La metodología que se usó es la elaboración de un total de 60 briquetas asfálticas, Tres briquetas de asfalto tradicionales por cada porcentaje de cemento asfáltico y tres briquetas de asfalto modificado que contienen 1%, 2% y 3% de polímero de polietileno se sometieron a

pruebas de compresión y se agregaron a la mezcla de asfalto como parte de las alternativas de agregado fino por cada porcentaje de cemento asfáltico; Después de obtener los resultados, se ejecutó un comparativo los valores obtenidos entre las dos mezclas; como la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos.

Concluyendo: La estabilidad obtenida con las mezclas tradicionales es de 5500 libras y el contenido ideal de asfalto es de 6.5%, en una mezcla de asfalto modificado que contiene 1% de polietileno pulverizado, su estabilidad es de 4600 libras., con un contenido ideal de asfalto de 6.0% y representa el mejor resultado.

Naghawi, H., Al-Ajarmeh, R., Allouzi, R., AlKlub, A., Masarwah, K., AL-Quraini, A., Abu-Sarhan, M. (2018) desarrollaron la investigación sobre; “Utilización de residuos plásticos como modificador de aglutinante asfáltico en pavimento de hormigón asfáltico” Universidad de Jordania –Jordania. Dentro de su investigación propuso como objetivo es evaluar el uso de residuos plásticos como modificador de aglutinante de asfalto de bajo costo. Para esto se utilizó el procedimiento de diseño de mezcla Marshall. El procedimiento de diseño busca seleccionar el contenido de aglutinante óptimo (OBC) para ser agregado a una mezcla específica que satisface las propiedades deseadas de resistencia y durabilidad. Con el fin de evaluar las mezclas asfálticas variadas con residuos plásticos (PWM), Primero se identificó el contenido óptimo para la mezcla de asfalto convencional, y luego diferentes porcentajes de residuos plásticos triturados por peso del contenido óptimo. Se analizaron mezclas de asfalto para encontrar el PWM contenido óptimo de ligante. Finalmente, se determinó la resistencia a la tracción indirecta estática (IDT) para todas las mezclas utilizando el ensayo de tracción por división.

La metodología se utilizó el procedimiento para evaluar el uso de residuos plásticos como modificador aglutinante de mezcla de asfalto.

La selección de contenido óptimo en pavimento de hormigón asfáltico (AC) es importante en lo que respecta al rendimiento. Afecta la rigidez, resistencia y durabilidad de los pavimentos de CA; también es responsable de diferentes tipos de daños en el pavimento como agrietamiento por fatiga, desmoronamiento y deformación permanente.

El procedimiento de diseño de mezcla Marshall se utilizó de acuerdo con ASTM D 1559, cinco porcentajes de contenido de asfalto tienen examinado para obtener el mejor contenido de asfalto en la mezcla de asfalto convencional, que incluye 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6,5% en peso de partículas de áridos. 85/100 grado de penetración se utilizó cemento asfáltico.

Se prepararon tres muestras por cada contenido de asfalto para obtener un valor promedio de estabilidad Marshall, densidad aparente y flujo.

Llegando a la conclusión: Se encontró que PWM se recomienda un contenido de 7,43% en peso de OBC como el óptimo Contenido de PWM necesario para mejorar el rendimiento del asfalto mezclas. Mejoró la estabilidad en un 42,56%, el flujo en un 89,91% y fuerza de tracción en un 13,54%. Esto conduciría a un pavimento más duradero al mejorando la resistencia del pavimento al agrietamiento por fatiga y la formación de surcos.

2.2. Marco Teórico-Conceptual

2.2.1. Mezclas Asfálticas

"Las mezclas asfálticas llamadas también aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, que aquellos quedan cubiertos por una película continua. La producción inicia en las centrales fijas o móviles, para luego ser transportado a la obra y luego se extienden y se compactan" (Kraemer, y otros, 2004, p. 313).

"Las Carreteras, aeropuertos, aceras industriales, entre otras infraestructuras utilizan las mezclas asfálticas. Para tráfico pesado se utilizan capas inferiores firmes. La mezcla asfáltica está compuesta por aproximadamente un 90% de áridos de piedra (gruesos y finos), un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de aglutinante asfáltico. Los componentes anteriores están estrechamente relacionados con el funcionamiento óptimo de la carretera y para que funcione correctamente en conjunto tiene que tener buena calidad en la cual tiene que funcionar el ligante asfáltico y el polvo mineral" (Padilla,2004, p.45).

Según (Padilla,2004, p.45) Hay varios parámetros de clasificación que pueden determinar la diferencia entre diferentes mezclas, y la clasificación se puede variar en:

a) Según el agregado pétreo (fracciones) utilizado:

- Pasta asfáltica(PA): Combinación de ligante y Polvo del mineral.
- Mortero asfáltico(MA): Combinación de pasta y Agregado fino.
- Concreto asfáltico(CA): Combinación de mortero y agregado grueso.
- Macadam de asfalto: Combinación de ligante y agregado grueso.

b) Según temperatura de colocación en obra.

-Mezclas Asfáltica en Caliente (MAC): Están hechos de asfalto a una temperatura alta de 150 grados °C. Dependiendo de la viscosidad del aglomerante, el agregado también se calienta para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La instalación se realiza a una temperatura muy superior a la temperatura ambiente, de lo contrario estos materiales no pueden extenderse ni compactarse por completo.

- Mezcla asfáltica en Frío(MAF): El aglutinante suele ser una emulsión asfáltica (porque todavía se utiliza asfalto fluidizado en algunos lugares) y la instalación se realiza a temperatura ambiente.

c) Según los Vacíos en proporción a la mezcla asfáltica

Este parámetro suele ser indispensable, por lo que no habrá deformación plástica por transferencia de carga y cambios térmicos, se tiene las siguientes mezclas.

- Cerradas o Densas: proporción de vacíos menor o igual a 6%.
- Semicerradas (Semi-denso): relación de vacíos oscila desde 6 % hasta 10 %.
- Abiertas: Su proporción de vacíos es superior al 12%.
- Poroso o drenante: Su relación de vacíos es superior al 20%.

d) Según Tamaño máximo de agregado.

Las mezclas son:

- Gruesas: se caracteriza por tener un tamaño máximo del agregado mayor a 10 mm.
- Finas o microaglomerados: podrían también denominarse como morteros asfálticos, porque son básicamente una mezcla de áridos finos, entre los que se encuentran el polvo mineral y los aglutinantes asfálticos. El tamaño máximo de la piedra determina el espesor mínimo que debe esparcirse la mezcla, que será de dos a tres veces el tamaño máximo.

e) Según Estructuras del agregado pétreo.

Las mezclas que:

- Con esqueleto pétreo: Tienen un esqueleto mineral resistente al desgaste, y su componente de resistencia es muy importante debido a la fricción interna del

agregado. Por ejemplo, las mezclas abiertas y las comúnmente denominadas mezclas de hormigón asfáltico, aunque parte de la resistencia de estas últimas también se debe a la pasta.

-Sin esqueleto pétreo: No tienen un esqueleto mineral fuerte y la fuerza se debe enteramente a la cohesión de la pasta. Por ejemplo, diferentes tipos de pasta o masilla asfáltica.

f) Según Granulometría.

Las mezclas son:

- Continuas: Los agregados están bien distribuidos por tamaño, es decir tiene diversos tamaños de acuerdo al huso granulométrico.
- Discontinuas: Los agregados están limitadamente distribuidos en tamaño, es decir no hay variedad en los tamaños de acuerdo al huso granulométrico.

2.2.2. Mezcla asfáltica en caliente (Concreto asfáltico)

Según (Padilla, 2004, p.45), definió la combinación de aglutinante (hidrocarburo), agregado (incluido el polvo mineral) y si aplica como mezcla asfáltica caliente y, de ser el caso, aditivos, de tal forma que una película homogénea de ligante cubra totalmente a las partículas del agregado. La producción comprende, calentar el ligante y los agregados, (a excepción de polvo aportación) la colocación en obra debe ser a una temperatura mucho más altas de ambiente. Comúnmente utilizada en la construcción de carreteras de vías, aeropuertos, calles urbanas; capa de rodadura, capas inferiores asimismo se usa tanto como en de las bases. Hay subtipos con diferentes características en esta familia de mezclas. Están hechos de asfaltos convencionales, aunque a veces se usa asfalto modificado, la proporción puede variar del 3% al 6% de betún en función del volumen de agregado de piedra.

2.2.2.1. Componentes de mezcla asfáltica en caliente

a) Asfalto

(Redacción, 2019) El asfalto se llamó originalmente bitumen. Es un mineral compuesto por varios materiales, en su mayoría naturales. Tiene variedad de características y se puede utilizar para fabricar muchos productos para la construcción de carretera para automóviles y peatones.

Este material es mezclado con gravilla (algunas veces arena natural de buena calidad) para pavimentar las vías terrestres; Además, con el asfalto se puede recubrir techos, paredes y tuberías. Entre los tipos de vías que usan asfalto, los siguientes son los más destacados: carreteras de primer orden (rápidas), carreteras interprovinciales, calles locales, callejones y aceras.

En la antigüedad, se utilizaba como asfalto natural para la producción de petróleo de forma primitiva y natural. Comúnmente se utiliza tanto impermeable y adhesivo.

El asfalto es naturalmente coloidal. La composición química tiene en cuenta varias cadenas moleculares. Se componen principalmente de carbono, azufre, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y compuestos de vanadio, níquel, hierro, calcio y magnesio.

➤ Características del Asfalto

Es líquido, viscoso, negro o gris oscuro. Los compuestos básicos son hidrocarburos y derivados. También es un material súper impermeable con adherencia, que es una opción ideal para la construcción de pavimentos. Su consistencia depende de la temperatura.

En términos de durabilidad, su característica principal se sostiene sin cambios aun así de la influencia del tiempo y los elementos del envejecimiento.

Otra característica es la viscosidad, cuanto se incrementa la temperatura, disminuirá su viscosidad. Se utiliza un viscosímetro capilar para su medición. Tiene una gran elasticidad, por lo que cuando se elimina la deformación volverá a su forma. Resistencia a altas temperaturas.

➤ **Usos**

El asfalto tiene muchas aplicaciones, los usos más comunes son los siguientes:

Pavimentación: Uno de los usos más importantes es la construcción de carretera. Constituye el material aglutinante de asfalto necesario para la producción de dichos pavimentos flexibles.

Revestimientos: Es adecuado para revestimientos en techos y otras superficies. Además, en revestimientos de canales y presas como capa impermeable se pueden realizar sin una gran inversión económica para el uso de asfalto.

Impermeabilización: En caminos terrestres como carreteras, el asfalto es muy útil para impermeabilizar estructura y rellenar pavimentos de hormigón. Asimismo, se utiliza habitualmente para estructuras impermeables en distintas obras civiles, terraplenes y canales. Es la materia prima de la emulsión asfáltica.

Estructuras hidráulicas: En estos proyectos, se utiliza principalmente para rellenar las juntas en la construcción del canal. Además, el uso de asfalto puede prevenir la pérdida de humedad, reducir la fricción estructural y prevenir la erosión.

➤ **Tipos de Asfalto**

El asfalto se puede hallar en muchas formas, lo que resulta en diferentes clasificaciones. Algunos de los más famosos son los siguientes:

Se relaciona con minerales y rocas bituminosas duras. Se utiliza para producir asfalto emulsionado en carreteras y calles. Se utiliza como adhesivo, impermeabilizante y material de pavimento. Se considera un subproducto sólido en las refinerías de petróleo. Puede refinarse con vapor y es fácil de industrializar.

Asfalto relacionado con minerales: Puede adaptarse bien a mezclas que contengan alquitrán, reduciendo así su volatilidad. Puede permanecer constante cuando aumenta la temperatura, por lo que debe operarse en un lugar de alta temperatura. Su principal finalidad es la pavimentación y fabricación de materiales asfálticos para cubiertas, productos impermeables, revestimiento de tuberías, tuberías, etc.

Asfaltenos Duro: es un asfalto natural muy puro, sus características son fáciles de identificar, incluyendo color, peso ligero, bajo contenido en carbono y bajo contenido en azufre. Se puede combinar con cera para producir compuestos estables, mientras que otros asfaltos naturales no. Úselos para producir laca para madera, barniz negro y resina.

➤ **De mayor flexibilidad**

Asfalto líquido: asfalto viscoso, se recomienda su uso en: recubrimiento de superficies dañadas y porosas, impermeabilización de superficies o como protección de metales ante la corrosión, sellado de bases de carreteras con pavimentos asfálticos. Tiene disolventes(orgánicos) y buena flexibilidad y adherencia.

Para la aplicación del asfalto se debe limpiar a fondo la superficie para que esté libre de polvo u otras sustancias e impurezas, como grasas que impiden una adecuada adherencia.

Asfalto Plástico: Es un producto de consistencia pastosa y mucha elasticidad porque está formulado a base de asfalto, minerales y fibra. Tiene alta viscosidad y excelente elasticidad. Con él, la superficie horizontal es impermeable.

Adecuado para empalmar velo de fibra de vidrio, como material aglutinante, superficie plana o relleno irregular. Antes de usar, verifique si la superficie está completamente limpia y seca.

➤ **Procesos de asfalto**

Este compuesto consta de varios procesos de mejora. Son: procesos químicos que involucran polimerización, es decir, formación y oxidación de macromoléculas. Procesos físicos y químicos en los que rescata la volatilización o vaporización de componentes más ligeros.

Finalmente, el proceso físico de endurecimiento térmico y endurecimiento ocurre cerca del agregado.

Cemento Asfáltico

Son asfaltos que se utilizan en mezclas calientes para estructuras de pavimentos asfálticos debido a sus propiedades adhesivas e impermeables, flexibilidad, durabilidad y alta resistencia a la mayoría de los ácidos, sales y álcalis. Se clasifican según la consistencia de las mediciones de las pruebas de penetración (ensayo normalizado).

(Otorola, 2019) Entre las opciones de cemento asfáltico, tenemos los siguientes tipos: 40/50, 60/70, 85/100, 120/150 y 200/300. Determinemos en qué se diferencian y cuándo conviene utilizar uno de ellos.

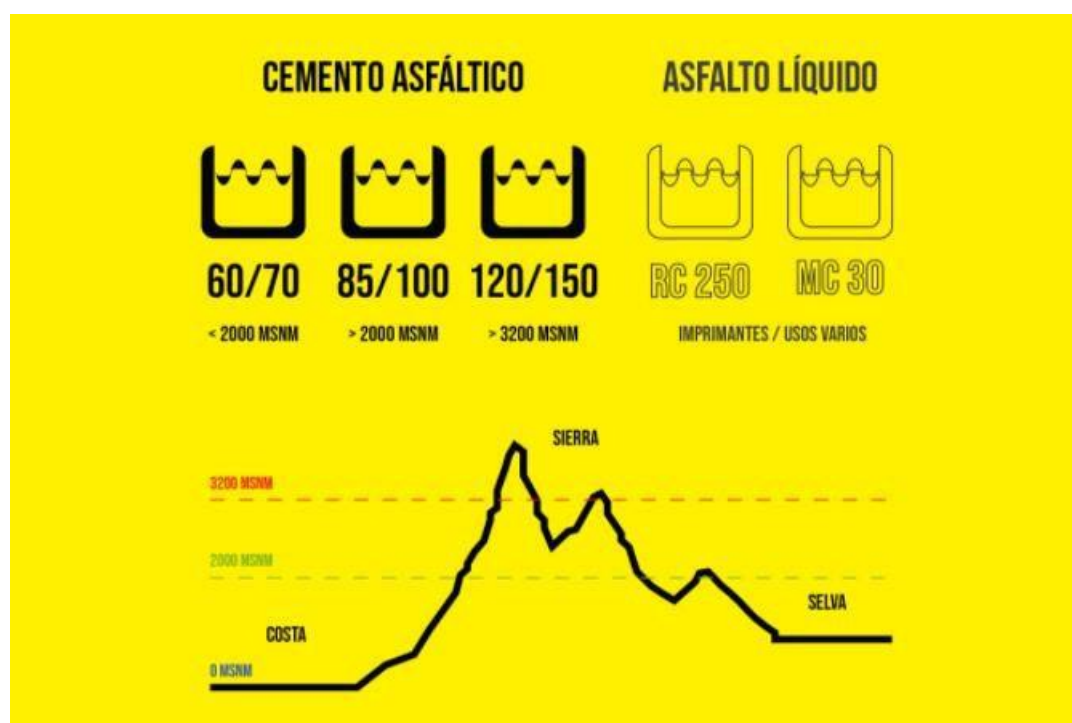
La nomenclatura de cada producto se refiere a su penetración y viscosidad. Por ejemplo: PEN 40/50 cuya penetración es de 40 a 50 décimas de milímetro, y su consistencia (a temperatura ambiente), si ponemos los dedos sobre él, solo producirá una ligera huella superficial.

A mayor grado de penetración, más blando será el producto. Es decir, si ponemos los dedos sobre asfalto 200/300 a una temperatura cálida, estos penetrarán más fácilmente en la superficie.

En la siguiente tabla, interpretaremos mejor los tipos de asfalto más utilizados y su uso según la altitud.

Figura 1

Tipos de asfalto que más se utilizan y su uso según la altura



Nota. Tomado de Otorola,2019.

Agregados pétreos

Son materiales granulares sólidos inertes, utilizados para pavimento, con o sin elementos activos y con tamaño de partícula adecuado; mezclándolos con ligantes activados hidráulicamente (cemento, cal, etc.) o ligantes asfálticos, se utilizan en la fabricación de productos sintéticos resistentes. (Smith M. R. and L. Collins, 1994).

➤ **Tipos de agregados.**

Los tipos de agregados pétreos se pueden determinar de acuerdo a su procedencia y por su forma de extracción, se clasifican en agregados:

- a) Naturales. Son aquellos que se utilizan solo después de modificar una vez su distribución de tamaño para adecuarse a los requisitos de acuerdo con su disposición final.
- b) Triturados. Se obtienen triturando rocas de distintas canteras o del material rechazado como agregado natural. Incluidos todos los materiales móviles con suficientes propiedades físicas.
- c) Artificiales. Son subproductos de procesos industriales, como determinadas escorias o materiales de demolición, que son utilizables y reciclables.
- d) Marginales. incluyen todos los materiales que no cumplen con las especificaciones vigentes.

Agregado grueso

De acuerdo al Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, el agregado grueso se define como la parte de material que queda retenido en el tamiz #4, a la parte del agregado de piedra total retenido en el tamiz #4.

- **Características y propiedades deseables de los agregados gruesos para su utilización en las mezclas asfálticas.**

- Granulometría.

Tamaño de partícula, propiedades físicas principales y básicas de todos los agregados, debido a la influencia relativa en la resistencia mecánica de la estructura mineral. Generalmente, se usa un tamaño de partícula sustancialmente continuo para lograr la máxima compacidad del

conjunto, aunque en el caso de ciertas mezclas asfálticas, también se usan tamaños de partícula discontinuos. Para ajustar el tamaño de partícula (granulometría) en el huso estandarizado, se realiza a partir de una mezclada en una proporción adecuada. El análisis del tamaño de las partículas se realiza tamizado; el procedimiento es mediante similar al que se utiliza para los suelos. El tamaño máximo del agregado suele estar limitado por factores relacionados con el espesor de la capa de esparcimiento, la trabajabilidad, segregación, etc. Por otro lado, la influencia de las partículas finas suele exigir limitar su porcentaje y plasticidad.

En mezclas asfálticas, la parte menor de 63 μm (como se muestra) llamada polvo mineral o relleno es particularmente importante porque algunas de las propiedades relevantes de la mezcla dependen del cemento formado por la combinación de polvo mineral y aglutinante asfáltico.

- Rozamiento interno.

La resistencia a la deformación o capacidad portante de la capa de pavimento depende principalmente del rozamiento interno del esqueleto mineral y, en su caso, de la fuerza de cohesión proporcionada por el adhesivo o adhesivo final. La fricción interna aumenta con partículas afiladas de textura gruesa (como agregados rotos). El tamaño de partícula del agregado y el porcentaje de huecos en el material compactado también tienen una influencia importante. Una mayor densidad generalmente corresponde a una mayor resistencia mecánica, por lo que la compactación es un factor de primer orden.

La cohesión debe confiarse completamente al ligante o ligante asfáltico. La cohesión entre partículas suele ser insignificante, cuando existe se debe enteramente a la plasticidad de las partículas finas, en general, hace más daño que bien. Cuando se trata de capas granulares sin

recubrimiento en carreteras con baja intensidad de tráfico, solo un cierto grado de plasticidad del polvo fino es significativo y, en cualquier caso, muy bajo.

- Angulosidad del agregado grueso.

Debido a la fricción interna generada entre las partículas, los bordes y las esquinas del agregado grueso son beneficiosos para el esqueleto mineral, lo que ayuda a que las partículas gruesas permanezcan en su lugar cuando la superficie de la carretera comienza a trabajar y no se desplaza. El uso de áridos triturados provoca un aumento de los bordes y esquinas de las partículas. La mayoría de las regulaciones especifican el ángulo mínimo de agregado grueso, que depende de las condiciones del tráfico que enfrentará la carretera.

- Forma del agregado grueso.

Para mezclas de asfalto, bajo el mismo flujo de tráfico, los requisitos para la forma de los agregados gruesos son ligeramente diferentes. Idealmente, las partículas deben tener una forma de paralelepípedo rectangular para evitar o limitar formas planas, alargadas y en forma de placa, porque como antes, este tipo de forma es muy fácil de romper en condiciones de carga de tráfico, lo que cambiará el tamaño de la partícula y mezcla inicial. Existen restricciones en la normativa de material de pavimento en las que el uso de partículas con estas formas no deseadas está restringido por el índice de las lajas con diferentes partes del agregado grueso.

- Resistencia a la fragmentación de los agregados gruesos.

Resistencia a la división de áridos gruesos. El agregado pétreo debe reunir una cierta resistencia mínima al desconchado o abrasión, lo que da la dirección de comportamiento del agregado en la mezcla asfáltica cuando se pone en uso el pavimento.

- Resistencia al pulido del agregado grueso en capas de rodadura.

En la prueba de pulido acelerado, utiliza el mismo péndulo de fricción que el coeficiente de fricción de la superficie rodante para determinar de el grado de pulido del agregado o el coeficiente de pulido acelerado. El coeficiente de pulido acelerado depende fundamentalmente las propiedades petrográficas de la roca madre y está diseñado como un medio para predecir la sensibilidad de la piedra al pulido durante su uso, rodante como ya hemos dicho en la capa del pavimento flexible.

- Limpieza del agregado grueso.

El agregado grueso debe estar libre de bloques de arcilla, materia vegetal, margas u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la capa. Según normativa, el contenido de impurezas en el árido grueso debe ser como mínimo, muy cercano a las cinco milésimas (0,5%) en masa. Aunque es posible que deba limpiarse mediante lavado, aspiración u otros medios, y una nueva inspección. Teniendo en cuenta que las plantas de asfalto modernas cuentan con potentes sistemas para extraer el polvo y las impurezas de los áridos, los requisitos anteriores pueden ser cuestionados. Sin embargo, de acuerdo con la secuencia lógica de los requisitos de calidad y las medidas preventivas, la limpieza inicial de los agregados es completamente razonable.

- Adhesión del agregado grueso.

Los agregados gruesos tienen comportamientos específicos con respecto a la adherencia y la resistencia al desplazamiento. Se recomienda verificar la adherencia árido-ligante mediante una valoración global de la resistencia a la conservación en el ensayo de inmersión-compresión o de la pérdida por desgaste en el ensayo de Cántabro. Estos estándares obviamente se refieren a las características de la mezcla final, no a las características iniciales de materiales simples: agregados y aglutinantes. En cualquier caso, se comprobará la adherencia del árido y del adhesivo caracterizando el efecto del agua. Según el tipo de mezcla

el parámetro mínimo se establece en el valor de inmersión-compresión. Se puede usar un activador o cualquier otro producto aprobado empíricamente para mejorar la adhesión entre el y el aglutinante asfáltico. Se determinarán las especificaciones que deben cumplir estos aditivos y la mezcla resultante.
agregado

Agregado fino

De acuerdo a la Clasificación de Suelos SUCS, un agregado fino es fracción de agregado que queda retenido en la malla #200. pasa la malla#4 (tamiz) y asfáltica a utilizar,

- **Características y propiedades deseables de los Agregados Finos para su utilización en las mezclas asfálticas.**

- Procedencia de agregado fino.

El agregado fino debe provenir total o parcialmente de la extracción de depósitos minerales naturales o de la trituración de grava natural. Existe un límite para la proporción de finos intactos utilizados en la mezcla. Generalmente se utiliza arena natural para formular mezclas asfálticas, estas mezclas asfálticas se utilizarán en carreteras con poca intensidad de tráfico y poca carga, se debe especificar la proporción máxima de arena natural sin comprimir en la mezcla. Normalmente, no excederá el 10% de la masa total del agregado combinado, y en el caso de no exceder el porcentaje de agregado finamente dividido utilizado en la mezcla, la cantidad de arena laminada o no triturada que se puede agregar a la mezcla es limitada por miedo una eventualidad como reducción de la rigidez. Algunos autores y autoridades competentes creen que una proporción de aproximadamente el 10% puede mejorar la procesabilidad, la compactación e incluso la estabilidad de la mezcla al mismo tiempo.

- Limpieza del agregado fino.

El agregado fino debe estar libre de materias extrañas como bloques de arcilla, materia vegetal, margas, etc., para evitar fenómenos anormales como reacciones químicas en la mezcla, pérdida de estabilidad y abundancia de la mezcla.

- Resistencia a la división del agregado fino.

El material obtenido triturando el agregado fino debe cumplir con los requisitos del agregado grueso para el coeficiente de desgaste de Los Ángeles. Se recomienda utilizar otro tipo de agregado fino, que mejorará algunas propiedades, primordialmente la adherencia, pero en cualquier caso vendrá de la capa resistente al desgaste con un coeficiente de Pérdida de desgaste inferior a 25 y la capa media y la gruesa, agregado de la capa base de 30.

- Adhesión del agregado fino.

En cuanto al fenómeno de la fina adhesión agregado-aglutinante, se debe considerar que los efectos químicos o químico-físicos sobre partículas más pequeñas son más complicados. Su mayor superficie específica, la fácil acumulación de humedad y la enorme heterogeneidad de sus propiedades determinan la mayor sensibilidad a diversas transformaciones químicas, fenómenos polares y adherencias, absorción, etc.

Polvo mineral (filler)

De acuerdo con el sistema de clasificación de suelos SUCS, el polvo mineral se define como la fracción del agregado de piedra total que pasa el tamiz # 200. La masilla o masilla mineral en polvo es un producto comercial en forma de polvo (generalmente cemento o cenizas volantes de centrales térmicas) o polvo en general caliza, especialmente su preparado para uso en morteros de cemento para mezclas asfálticas. Para los productos comerciales, su control está perfectamente garantizado, se conocen sus propiedades físicas y químicas y su comportamiento futuro en mezclas. Cuando utilizo otro tipo de relleno (reciclaje),

es decir, relleno obtenido de una planta de asfalto, no se sabe cuál es su composición. A veces, su composición cambiará con el tiempo y puede estar o no dentro del rango especificado. es un desperdicio.

- **Las propiedades requeridas o más interesantes de los polvos minerales (filler).**

Las propiedades más interesantes del polvo mineral son:

- Finura.

Al ocupar parcialmente el espacio libre dejado por la estructura de partículas compactadas y formado por partículas más grandes, reduce el volumen de huecos en la mezcla y evita un aumento significativo en la cantidad de ligante asfáltico. El polvo mineral logra su cometido de llenado, que depende del volumen del vacío y del tamaño de las partículas más grandes que existen después de que se compacta la estructura de las partículas. La densidad aparente del polvo mineral en el tolueno es una medida relativa de la finura del polvo y es una cualidad muy importante de las propiedades finales de la mezcla. En algunos estándares, la densidad aparente del polvo mineral parece estar entre 5 y 8 decigramos por centímetro cúbico (0,5 a 0,8 gramos por centímetro cúbico).

- Cambios en el comportamiento reológico.

El uso de polvo mineral aumenta resistencia a la deformación de la mezcla sin la cambiar la viscosidad del adhesivo, aumentando así la resistencia al corte de la mezcla asfáltica.

-Efecto estabilizador sobre el agua

Como la porosidad de la estructura granular se reduce parcialmente, se evita que el agua ingrese al interior. Por otro lado, ciertos polvos minerales tienen una mayor afinidad con el ligante asfáltico, lo que mejora la resistencia a la acción de desplazamiento que ejerce el agua sobre el asfalto. Las características de finura y comportamiento reológico están relacionadas con el tamaño y la forma de las partículas. El efecto estabilizador del agua también depende del tamaño y la forma de las partículas, así como de la composición química del relleno mineral. La función del polvo mineral no puede desviarse del contenido y la consistencia del aglutinante asfáltico en la mezcla.

- Fuente de polvo mineral

El polvo mineral puede provenir y separarse de ellos mediante un separador ciclónico en una planta de fabricación, o puede agregarse a la mezcla por separado de ellos como un producto comercial o especialmente preparado. La proporción de polvo de aporte mineral utilizada en la mezcla debe cumplir con los requisitos estándar, porque es un material y debe usarse en una proporción adecuada bajo cada tipo y condición de mezcla para obtener el mejor efecto.

El polvo mineral que inevitablemente se adhiere al agregado después de pasar por el secador del equipo de asfalto no debe exceder ciertos límites contenidos en ciertas normas bajo ninguna circunstancia, y este valor está alrededor dentro del dos por ciento (2%) de la masa de la mezcla. Si se asegura que el polvo mineral en el agregado cumple las condiciones de contribución, se puede reducir la proporción mínima.

- **Propiedades del polvo mineral como componente de las mezclas bituminosas.**

En el comportamiento de la interfaz relleno-asfalto y la mezcla asfáltica, las propiedades físicas y químicas, las características geométricas, las propiedades de la superficie, la adsorción, la adhesión, etc., deben jugar un papel. Las irregularidades geométricas (formas, esquinas y texturas superficiales) son uno de los aspectos más importantes de la acción del relleno en las mezclas. Las irregularidades geométricas afectan directamente el contenido óptimo de asfalto en la mezcla, las propiedades de interfaz del cemento y su comportamiento reológico. Todos estos aspectos inciden directamente en la estructura y propiedades mecánicas de la mezcla. Las irregularidades geométricas se pueden evaluar cualitativa y cuantitativamente mediante microscopía electrónica y pueden caracterizar la forma, los bordes y esquinas, la textura de la superficie y la porosidad accesible de las partículas. Por las propiedades físicas y químicas del relleno (filler) y su influencia en el comportamiento y durabilidad de la mezcla asfáltica, el factor más importante es la fuerza de adsorción. En el sistema filler-asfalto, existe adsorción entre la fase sólida y la fase viscosa. Los factores que más influyen en el mecanismo de adsorción son la composición del asfalto y las propiedades del filler, es decir, su composición mineral, Características estructurales, estructura superficial y área superficial específica. El tipo depende principalmente del tipo de filler. Todos los procesos de adsorción son exotérmicos y la cantidad de calor liberado

de la naturaleza de la y la superficie sólida. El efecto logrado en el pavimento mediante el uso de fillers activos en la dosificación de la mezcla durabilidad.

fillers activos, como la cal hidratada asfáltica es un aumento significativo de su Los y la dolomita, tienden a mantener su resistencia durante mucho tiempo en condiciones óptimas de contenido de asfalto, mientras que los fillers no activos, como el basalto y la arenisca, tienden a deteriorarse rápidamente en condiciones óptimas de contenido de asfalto. El contenido de asfalto tiene un impacto en la durabilidad de la mezcla. Como todos sabemos, el aumento en el contenido de asfalto tiene un impacto beneficioso sobre la durabilidad del pavimento. Este efecto se debe principalmente a que la capa de asfalto se cubre con una capa más gruesa agregados y huecos. El volumen se que el contenido de asfalto aumenta, reduce, reduciendo así la penetración de agua en las capas. A medida la mejora de la durabilidad no es constante, porque depende del tipo de filler en la mezcla.

Las características del filler tienen un impacto muy importante en la durabilidad potencial de la mezcla asfáltica, el papel del filler suele manifestarse, si está activo suele durar más que el inactivo. La durabilidad potencial de la mezcla asfáltica generalmente aumenta a medida que el contenido de asfalto aumenta por encima del valor básico óptimo, es decir, la condición de durabilidad óptima se obtiene cuando el contenido de asfalto es superior al valor óptimo interacción entre los átomos y moléculas adsorbidos convencional, en este caso la muestra tiene Filler inactivos. Resulta que son más sensibles al contenido de asfalto que los que contienen Filler activos.

2.2.2.2. Criterios utilizados en el diseño de mezclas asfálticas en caliente (MAC)

Como todos sabemos, las principales razones de la degradación de las carreteras y los daños posteriores en estas áreas son:

a) Temperatura

Un factor muy importante porque provocará un endurecimiento en el rango inferior, y se endurecerá cuando el asfalto experimente una alta sensibilidad al calor, lo que hará que la mezcla se vuelva quebradiza.

b) Radiación Solar

Los rayos ultravioletas promueven la evaporación del aceite asfáltico y determinan la oxidación y envejecimiento de la estructura del asfalto. El óxido es un fenómeno que endurece el asfalto y facilita su agrietamiento.

b) Agua

El agua tiende a promover la oxidación del asfalto y su efecto destructivo se refleja principalmente en la carga de tráfico precisa combinada con los neumáticos, que destruye gradualmente la superficie de la carretera, por lo que se debe determinar el efecto negativo del agua sobre la mezcla asfáltica caliente.

2.2.2.3. Propiedades consideradas en el diseño de mezclas asfálticas

(Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992, pag60). "El buen asfalto de mezcla en caliente funciona bien porque sus métodos de diseño, producción y colocación pueden lograr las características requeridas. Hay varias características que contribuyen a la formación de un piso de mezcla en caliente de alta calidad. Estos incluyen

estabilidad, durabilidad, impermeabilidad, trabajabilidad, resistencia a la fatiga y flexibilidad, resistencia al deslizamiento”

La finalidad del programa de diseño de mezcla es asegurar que la mezcla de pavimentación cada una de estas características.

a) Estabilidad

La estabilidad del asfalto es su capacidad para resistir el desplazamiento y la deformación bajo cargas de tráfico. Un pavimento estable puede sostener su forma y planitud bajo cargas repetidas; un pavimento inestable mostrará surcos (zanjas), ondulaciones (corrugaciones) y otras señales que indican cambios en la mezcla.

Los requerimientos de estabilidad solo se pueden determinar luego de un análisis de tráfico total, porque la especificación de estabilidad de la superficie de la carretera depende del tráfico esperado. La especificación de estabilidad debe ser lo suficientemente alta para adaptarse adecuadamente al tráfico previsto, pero no superior a los requisitos de las condiciones del tráfico. Los valores de estabilidad muy altos harán que la carretera sea demasiado dura y, por lo consiguiente, menos duradera de lo esperado.

La estabilidad de la mezcla depende de la fricción y la cohesión. La fricción interna (fricción entre partículas) de las partículas agregadas está relacionada con las propiedades de los agregados, como la forma y la textura de la superficie. La cohesión proviene de la capacidad aglutinante del asfalto. El grado adecuado de fricción y cohesión en la mezcla evita que las partículas agregadas se muevan entre sí debido a las fuerzas ejercidas por el tráfico.

En general, cuanto más angular sea la forma de las partículas del agregado y más rugosa sea la textura de la superficie, mayor será la estabilidad de la mezcla. Cuando no se dispone de agregados con propiedades de alta fricción interna, se pueden utilizar mezclas más baratas, en el caso de un volumen de tráfico reducido, se pueden utilizar con valores de fricción interna áridos más bajos.

La fuerza de unión cohesiva aumenta a medida que aumenta la frecuencia de carga (tráfico).

La cohesión también aumentará a medida que aumente la viscosidad del asfalto o disminuya la temperatura de la superficie de la carretera. Además, al alcanzar cierto punto, la cohesión aumenta al aumentar el contenido de asfalto. Cuando se excede este grado, el aumento en el contenido de betún producirá una película excesivamente gruesa en las partículas agregadas, lo que provocará pérdidas por fricción entre las partículas. Hay abundante razones y consecuencia de una estabilidad insuficiente del vial.

Tabla 5

Causas y efectos en la inestabilidad del pavimento

Estabilidad Baja	
Causas	Efectos
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones, ahuellamiento, y afloramiento o exudación
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente durante un cierto tiempo; dificultad para la compactación.
Agregado redondeado sin, o con pocas, superficies trituradas	Ahuellamiento y canalización.

Fuente. Tomado de “Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica caliente”.

b) Durabilidad

La durabilidad del pavimento asfáltico es su capacidad Resistente a factores como la desintegración de agregados, cambios en las propiedades del betún (polimerización y oxidación) y separación de membranas de betún.

Estas circunstancias puede ser producto del clima, el tráfico o una unión de ambos.

Generalmente, hay tres formas de mejorar la durabilidad de la mezcla. Estos son: usar la mayor cantidad de betún posible, usar agregados de grado denso que resistan la separación, diseñar y compactar la mezcla para una máxima impermeabilidad.

Tanto asfalto como sea posible puede mejorar la durabilidad, porque las películas de asfalto gruesas no envejecen ni se endurecen como las películas delgadas.

Por lo tanto, el bitumen puede mantener sus características originales durante un período de tiempo más prolongado. Además, el contenido de asfalto más alto posible sella de manera efectiva la mayoría de los vacíos interconectados en la acera, lo que dificulta la filtración del aire y el agua. Desde luego, se debe reservar un cierto porcentaje de huecos que

en el pavimento para dejar el asfalto se expanda en climas cálidos. Los grados densos de agregados fuertes, duros y difícilmente

separables, mejoran la durabilidad de la carretera de varias maneras. La capa

densa asegura contacto más cercano entre las partículas un agregadas, y así mejora la impermeabilidad de la mezcla.

El agregado fuerte y duro resiste la descomposición bajo carga de tráfico. Los agregados anti-separación pueden resistir los efectos del agua y el tráfico, que a menudo separa la película de asfalto de las partículas de agregados, lo que puede provocar la desintegración de la carretera.

En determinadas condiciones, la resistencia a la separación de la mezcla se puede mejorar utilizando compuestos aglutinantes o cargas minerales (como cal apagada).

Al diseñar y compactar la mezcla, se puede minimizar la intrusión de aire y agua en el pavimento, de modo que el pavimento tenga la mayor resistencia al agua posible (ver impermeabilización en la siguiente sección). Hay muchas razones y efectos relacionados con la mala durabilidad de las carreteras.

Tabla 6

Causas y efectos de poca durabilidad

Poca Durabilidad	
Causas	Efectos
Bajo contenido de asfaltos	Endurecimiento rápido de asfalto y desintegración por pérdida de agregado
Alto contenido de vacíos debido al diseño o a la falta de compactación	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por agrietamiento o desintegración
Agregados susceptibles al agua(hidrofílicos)	Películas de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado, o desintegrado.

Fuente. Tomado de “Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica caliente”.

c) Impermeabilidad

La impermeabilidad del pavimento asfáltico es la resistencia para evitar que el aire y el agua entren o pasen por él. Esta propiedad está enlazada con el contenido de huecos de la mezcla compactada, que es cuánto de la discusión de huecos en la parte de diseño de la mezcla está relacionada con la impermeabilidad. Aunque el contenido de huecos indica que el aire y el agua pueden pasar a través del pavimento, la naturaleza de estos huecos es más significativo que su número. El grado de impermeabilidad viene determinado por el tamaño de los huecos, estén conectados o no, y su contacto con la carretera.

Si bien la impermeabilidad en una mezcla compactada es importante para la durabilidad, prácticamente todas las mezclas asfálticas utilizadas en la construcción de pavimentos tienen un cierto grado de permeabilidad. Siempre que la permeabilidad esté dentro del rango especificado, esto es aceptable.

Tabla 7

Causas y efectos de permeabilidad

Mezcla Demasiado Permeable	
Causas	Efectos
Bajo contenido de asfalto	Las películas delgadas de asfalto causarán, tempranamente, un envejecimiento y una desintegración de la mezcla.
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento, causando oxidación y desintegración de la mezcla
Compactación inadecuada	Resultará en vacíos altos en el pavimento, lo cual conducirá a infiltración de agua y baja estabilidad.

Fuente. Tomado de “Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica caliente”.

d) Trabajabilidad

La trabajabilidad se describe por la simplicidad con la que se coloca y compacta la mezcla de pavimentación. Las mezclas con fáciles de poner y compactadas, las que tienen poca trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar. La trabajabilidad se puede mejorar modificando los parámetros de diseño la mezcla, el tipo de agregado de y / o el tamaño de las partículas.

Las mezclas gruesas (mezclas que contienen una alta proporción de agregados gruesos) son propensas a la segregación durante el procesamiento y también son difícil de comprimir. A través de la prueba de mezcla en el laboratorio, se puede agregar agregado mezcla gruesa para fino, y quizás asfalto, a la facilitar su uso. En este proceso, se debe tener mezcla modificada cautela para asegurar que la cumpla con otros requisitos de diseño, como el contenido de vacíos y la estabilidad. También afectara la procesabilidad un contenido alto de relleno mineral.

Un contenido demasiado alto de relleno mineral también afectará la trabajabilidad.

Hace que la mezcla sea muy viscosa, dificulta la compactación.

La maquinabilidad es especialmente importante en lugares donde es necesario colocar e inclinar manualmente una gran cantidad de mezcla, como tapas de alcantarilla, curvas cerradas y otras dificultades similares. Es de gran importancia utilizar mezclas viables en estos lugares.

Las mezclas que son fáciles de procesar o deformar se denominan mezclas blandas.

La mezcla tierna es demasiado inestable para colocarla y compactarla correctamente. Suelen ser producto de la falta de cargas minerales, exceso de de arena de tamaño mediano, partículas agregado lisas y redondas y / o exceso de humedad en la mezcla.

Aunque el betún no es la principal causa de problemas de trabajabilidad, tiene un impacto en esta característica. Debido a que la temperatura de la mezcla afectará la viscosidad del asfalto, una temperatura demasiado baja hará que la mezcla sea deficiente en operabilidad, y una temperatura demasiado alta hará que la mezcla sea blanda. El grado y el porcentaje de asfalto también afectarán la trabajabilidad de la mezcla.

Tabla 8

Causas y efectos en los problemas de Trabajabilidad.

Mala Trabajabilidad	
Causas	Efectos
Tamaño máximo de partícula: grande	Superficie áspera, difícil de colocar
Demasiado agregado grueso	Puede ser difícil de compactar
temperatura muy baja de mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable; superficie áspera, difícil de compactar
Demasiada arena de tamaño medio	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierna, altamente permeable
Alto contenido de relleno mineral	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar; poco durable

Fuente. Tomado de “Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica caliente”.

e) Flexibilidad

La flexibilidad es la capacidad de un pavimento de asfalto para adaptarse al movimiento gradual y asentamiento de la calzada sin agrietarse. La flexibilidad es una característica ideal de todos los pavimentos de asfalto, porque casi todos los lechos de las carreteras se asentarán (bajo carga) o se hincharán (se expandirán a través del suelo).

Las mezclas de grado abierto con alto contenido de asfalto son generalmente más flexibles que las mezclas de bajo contenido de asfalto denso. A veces, los requisitos de flexibilidad y los de estabilidad entran en conflicto, por lo que se debe encontrar un equilibrio entre ellos.

f) Resistencia a la fatiga

La resistencia a la fatiga de un pavimento es la capacidad de resistir flexiones repetidas bajo cargas de tráfico. Los estudios han demostrado que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tienen una influencia considerable en la resistencia a la fatiga. A medida que aumenta el porcentaje de huecos del pavimento, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento (el período de tiempo que disminuye la resistencia a la fatiga de los pavimentos asfálticos que contienen envejecimiento y endurecimiento significativo).

Las características de resistencia y espesor del pavimento, así como la capacidad portante del lecho de la calzada, tienen mucho que ver con la vida útil del pavimento y la prevención de grietas relacionadas con las cargas del tráfico. Un pavimento grueso sobre una calzada firme no se doblará como una carretera sobre un pavimento delgado o una calzada débil bajo carga.

Tabla 9

Causas y efectos de mala resistencia a la fatiga.

Mala Resistencia a la Fatiga	
Causas	Efectos
Bajo contenido de asfalto	Agrietamiento por fatiga
Vacíos altos de diseño	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga
Falta de compactación	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga
Espesor inadecuado de pavimento	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga

Fuente. Tomado de “Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica caliente”.

g) Resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento es la capacidad de la superficie de la carretera para hacer que las ruedas de un vehículo patinen, especialmente cuando la superficie está mojada. Para obtener una buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe poder sostener el contacto con las partículas añadidas, en lugar de hacer rodar el agua por la carretera sobre la película (esquí acuático). En condiciones de humedad controlada en la carretera, use ruedas estándar para medir la resistencia al deslizamiento en el terreno a una velocidad de 65 km / h (40 mph).

Los caminos accidentados tienen mayor resistencia al deslizamiento que caminos lisos. La mejor resistencia al deslizamiento es el uso de áridos de grano grueso. En la gradación abierta, el tamaño máximo es de 9,5 mm (3/8 de pulgada) a 12,5 mm. Además de tener una superficie rugosa, el

agregado también debe ser resistente al pulido (alisado) bajo tráfico. Los áridos calcáreos son más fáciles de pulir que los silíceos. Mezclas inestables, fácil de deformar o separar (el betún fluye hacia la superficie) pueden causar serios problemas de resistencia al deslizamiento.

Tabla 10

Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento

Poca Resistencia al Deslizamiento	
Causas	Efectos
Exceso de asfalto	Exudación, poca resistencia al deslizamiento
Agregado mal graduado o con mala textura	Pavimento liso, posibilidad de hidropilado
Agregado pulido en la mezcla	Poca resistencia al deslizamiento

Nota. Tomado de “Principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica caliente”.

2.2.2.4. Evaluación y ajuste en el diseño de la mezcla

(Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente,1992, pag.66) En proceso de evaluación de diseños híbridos, es necesario preparar múltiple prueba de mezcla para encontrar una mezcla que cumpla con todos los estándares de métodos de diseño utilizado. El análisis de cada combinación de pruebas se puede utilizar como guía para realizar ajustes en otras combinaciones de pruebas.

Las siguientes son pautas generales para ajustar la mezcla de prueba para cumplir con los estándares de diseño. El título de cada subsección describe lo que debe corregirse en la mezcla. Es posible que las recomendaciones no se apliquen en todas las situaciones.

- a) Bajo Contenido de Vacíos, Baja Estabilidad

La porosidad se puede incrementar de varias formas. Uno de ellos es aumentar el AMV agregando los agregados grueso o fino. El aumento de VMA proporciona más espacio para mezclar y puede acomodar más huecos.

Otra forma de aumentar el número de huecos es reducir el contenido de asfalto. Esto solo se puede hacer si hay un exceso de betún en la mezcla y el contenido de betún no se ha reducido al límite del espesor de la película de pintura y la durabilidad final del pavimento a un nivel aceptable.

Al aumentar la cantidad de material abrasivo en la mezcla puede proporcionar texturas superficiales rugosas y formas de partículas angulares, lo que mejora el VMA y la fricción de las partículas. Sin embargo, sucede que en algunos agregados (cuarzo y tipos de rocas similares), la superficie de fractura es muy lisa, por lo que la estabilidad no mejora significativamente.

b) Bajo contenido de Vacíos, Estabilidad Satisfactoria

Después de que el pavimento está expuesto al tráfico durante un cierto período de tiempo, la baja porosidad puede provocar filtraciones de agua. Cuando el agregado se degrada, una porosidad insuficiente también puede provocar inestabilidad y sangrado. Por estas razones, incluso si la estabilidad es satisfactoria, se debe utilizar uno de los métodos anteriores para modificar la mezcla de bajo vacío.

c) Contenido Satisfactorio de Vacíos, Baja Estabilidad

Cuando los vacíos y la gradación del agregado son efectivos, hay baja estabilidad puede indicar defectos en el agregado.

d) Contenido Altos de Vacíos, Estabilidad Satisfactoria

El alto contenido de huecos a menudo, pero no siempre, se asocia con una alta permeabilidad. De modo que, si la estabilidad de la mezcla es efectiva, debe reducirse el exceso de contenido de huecos. Por lo general, esto se puede lograr aumentar el contenido de

polvo mineral en la mezcla. Sin embargo, en algunos casos, la gradación del agregado debe modificarse para aumentar la densidad (reducir los vacíos).

e) Contenido Alto de Vacíos, Bajo Estabilidad

Cuando la porosidad es alta y la estabilidad es baja, se debe utilizar el método anterior para reducir la porosidad.

2.2.3. Mezclas Asfálticas Modificadas

Según (Rondón & Reyes, 2015) Existen en el mundo dos técnicas de utilización de polímero o aditivos para modificar las propiedades de mezclas asfálticas. A estas técnicas de modificación se les denomina vía húmeda y seca. Por vía húmeda, el polímero o aditivo es agregado al asfalto a alta temperatura y, luego, este ligante ya modificado es adicionado al agregado pétreo para conformar la mezcla asfáltica. Por vía seca, el aditivo es mezclado con el agregado pétreo y se adiciona a este a alta temperatura para luego recibir el asfalto y formar la mezcla asfáltica.

2.2.3.1 Mezclas Asfálticas Modificadas con Polímeros

(Organismo autónomo del gobierno de la India. ,2014), Los residuos plásticos se pueden utilizar en mezcla caliente para mejorar las propiedades físicas de la mezcla de agregado bituminoso mediante 'Proceso seco' o 'Proceso húmedo'. La tecnología desarrollada y explicada por el Dr. Vasudevan, un Profesor de Química en la Facultad de Ingeniería Thiyagaraja, Madurai. El agregado se convierte a prueba de agua después de ser recubierto con plástico fundido. Este paso es seguido por la adición de mezcla de plástico-agregado con betún caliente mientras se mantiene la temperatura del proceso. Este enfoque es conocido como 'Proceso seco'. El 'proceso húmedo' implica la mezcla de plástico con betún caliente seguido de Mezclar con

agregado caliente. Ambos procesos conducen a la formación de plástico bituminoso modificado.

Polímero

(Bradford, 2017), Los polímeros son materiales hechos de cadenas de moléculas largas y repetidas. Los materiales tienen propiedades únicas, según el tipo de moléculas que se unen y cómo se unen. Algunos polímeros se doblan y estiran, como el caucho y el poliéster. Otros son duros y resistentes, como epoxis y vidrio.

Los polímeros tocan casi todos los aspectos de la vida moderna. Es probable que la mayoría de las personas hayan estado en contacto con al menos un producto que contenga polímero, desde botellas de agua hasta dispositivos y neumáticos, en los últimos cinco minutos.

El término polímero se usa a menudo para describir plásticos, que son polímeros sintéticos. (Rondón & Reyes, 2015), los polímeros se pueden clasificar en dos grandes grupos: termoendurecibles y termoplásticos. Los primeros no se utilizan para modificar asfaltos porque son materiales que a altas temperaturas se descomponen o degradan sus propiedades.

Por otro lado, los termoplásticos son los que se utilizan para modificar el asfalto porque pueden soportar altas temperaturas sin degradar demasiado el rendimiento. Los termoplásticos se dividen en dos categorías: elastómeros y plastómeros. El tipo de elastómero más comúnmente utilizado para modificar el asfalto es el caucho natural, como el estireno-butadieno-estireno (SBS), el caucho sintético derivado del petróleo (estireno-butadieno-caucho, SBR) y las partículas de neumáticos recicladas y trituradas (GCR). La gama de plastómeros incluye: polietileno de alta y baja densidad (HDPE, LDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y cloruro de polivinilo (PVC). La mayor parte de la investigación realizada en el campo del asfalto modificado utiliza modificadores de elastómeros poliméricos.

Polietileno

("Plástico Polietileno (PE): "Qué es, características y cuáles son sus usos", 2021). Desde el punto de vista químico, el polietileno (PE) es el plástico más simple, por lo que su costo de fabricación es muy bajo, alrededor de 65 millones de toneladas de este plástico se producen en todo el mundo cada año.

Es un polímero termoplástico y tiene muchas aplicaciones en productos cotidianos.

-Características y propiedades del polietileno

Algunas características del polietileno son las siguientes:

- El polietileno es químicamente inerte y casi no reactivo.
- Tiene un aspecto blanco y translúcido.
- Resistente y flexible a temperatura ambiente.
- En estado líquido, se comporta como un fluido no newtoniano, es decir, su viscosidad cambia con la temperatura y el esfuerzo cortante que se le aplica, por lo que puede resistir fuerzas de alta potencia a bajas temperaturas.
- No es un buen conductor de calor o electricidad, por lo que es muy adecuado para cables y otros aislantes

-Tipos de polietileno

La densidad del polietileno es variable, por lo tanto, podemos encontrar dos tipos de polietileno, sus características con la densidad y dureza.

a) PEBD (Polietileno de Baja Densidad):

Este tipo de polietileno se utiliza en una variedad de productos, como bolsas de plástico, envases de alimentos y productos industriales, pomos, tuberías de riego, etc.

Figura 2

Aplicaciones del plástico PEBD



Nota. Tomado de Ecoplast,2020.

b) PEAD (Polietileno de Alta Densidad)

Este tipo de polietileno es conocido por su alta densidad y dureza. Sus principales usos son envases pesados, bolsas de alimentos, aceite, barriles, tuberías de gas, teléfonos, guías de cadena y piezas mecánicas.

Figura 3

Aplicaciones del plástico PEAD



Nota. Tomado de Ecoplast,2020.

Bolsas de plásticas

Las bolsas de plástico son artículos de primera necesidad que se utilizan para transportar pequeñas cantidades de mercancías. Las bolsas de plástico se introdujeron en la década de 1970 y rápidamente se hicieron muy populares, especialmente a través de la distribución gratuita en

supermercados y otras tiendas. También son uno de los envases más habituales para los residuos domésticos, y decorados con los símbolos de su marca, constituyen una forma de publicidad barata para las tiendas que los distribuyen. ("Bolsa de plástico - Wikipedia, la enciclopedia libre", 2018)

("El impacto de los residuos que generamos - Pilas", 2021). Son uno de los residuos cotidianos más contaminantes y de los que menos se reciclan, solamente alrededor de un 11%. Además, hay que tener en cuenta que el plástico es un derivado del petróleo, por lo que para su creación se necesita mucha energía. Otro hincapié es su lentísima degradación: tardan más de 150 años en descomponerse, y mientras tanto contaminan enormemente, sobre todo el mar, donde van a parar la mayoría. Muchísimas aves y animales marinos, como tortugas o delfines, mueren cada año al quedar atrapados en ellas.

2.2.4. Diseño de Mezclas Asfálticas Mediante Método Marshall

2.2.4.1. Antecedentes

"Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992, pag 70". La concepción del "Método Marshall" para diseñar las "mezclas de pavimentación", fue elaborada por el ingeniero "Bruce Marshall", quien tuvo a su cargo un Departamento de Carreteras (Mississippi, EEUU). El actual "ensayo Marshall", fue originado a partir de las indagaciones del ejército de los Estados Unidos por los años 1943, en las cuales se compararon y evaluaron diversos métodos de control y diseño de "mezclas asfálticas", resultando en el desarrollo de un método simple. Los ingenieros militares decidieron acoplar el "Método Marshall" en campo para los diseños y controles de mezclas con asfalto en la conformación de pavimentos, puesto que dicho método permitía el uso de equipos portátiles. Posteriormente los ingenieros militares de Estados Unidos realizaron extensivas pruebas de desempeño con el

tránsito y obtener las correlaciones estudiadas en el laboratorio, luego lograron mejorar el ensayo e incorporaron detalles sustanciales para establecer el procedimiento del “ensayo Marshall”, y posteriormente elaboraron los criterios para el “diseño de mezclas”.

2.2.4.2. Propósito

Según "Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente,1992, pag71". El “Método Marshall” tiene como principal objetivo, obtener un resultado del “contenido óptimo de asfalto” en la mezcla con determinados agregados. Asimismo, facilita data acerca de las características de dicho asfalto en la mezcla en caliente, cantidad de vacíos, entre otros; lo cual es información útil para la construcción del pavimento.

2.2.4.3. Descripción General

Según "Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente,1992, pag71". El “Método Marshall” estandariza las pruebas con probetas de medidas predeterminadas: altura 64 mm (2.5 pulgadas), diámetro 102 mm (4 pulgadas). Este método implica utilizar un conjunto de probetas, donde cada una de ellas contiene igual cantidad de agregados y estos a su vez combinados de la misma forma, pero la variación entre cada probeta es la variación en la cantidad de asfalto. Su preparación es de acuerdo a un proceso específico para llegar a una temperatura de mezcla determinada, mezclar y posteriormente compactar en el cada molde. La relación entre estabilidad y flujo, constituye el dato más importante para el diseño, así como, la relación entre vacíos y densidad, ambos resultados facilitas el diseño de una mezcla asfáltica.

La siguiente es una descripción general del procedimiento seguido en Marshall Mix Design. El procedimiento a seguir es completo y esta detallado, además se puede encontrar en la norma “AASHTO T 245”.

2.2.4.4. Procedimiento del Ensayo Marshall

Según "Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992, pag71". Los procesos para desarrollar el método son: primeramente, obtener la gravedad específica total, luego medir la fluencia y estabilidad Marshall, posteriormente realizar el análisis de la densidad de la muestra y el contenido de vacíos.

“Determinación del Peso Específico Total” - Según "Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992, pag71". Cuando las muestras compactadas han bajado su temperatura a la de ambiente se determinará el “peso específico total” de cada una de las muestras. Dicha medición es vital para tener un preciso análisis de la densidad y vacíos.

“Ensayos de Estabilidad y Fluencia” - Según "Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992, pag71". El ensayo de estabilidad mide la resistencia que tiene la mezcla a la deformación, por otro lado, la fluencia se encarga de medir bajo una carga la deformación que presenta la mezcla asfáltica, cuyo procedimiento es:

1) “Las probetas son calentadas en un baño de agua a 60°C (140°F). Esta temperatura representa, normalmente, la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar”.

2) “La probeta es retirada del baño, secada, y colocada lo antes posible en el aparato Marshall. El aparato está conformado por un dispositivo que aplica una carga a la probeta, y además tiene medidores de carga y deformación (fluencia)”.

3) “En la prueba la carga es aplicada a la probeta, con una velocidad constante de 2 pulgadas (51 mm) por minuto hasta que la probeta falle. Se define como falla a la carga máxima que probeta alcanza a resistir”.

4) “La estabilidad Marshall es la carga máxima de registro de la falla y al mismo tiempo se toma la lectura del medidor de deformación que representa a la fluencia Marshall”.

“Valor de Estabilidad Marshall” - Según "Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992, pag71". En la prueba la carga es aplicada lentamente tanto inferior como superior, Cuando la muestra llega al punto máximo de carga y falla, entonces dicho valor máximo representa la estabilidad Marshall.

Los valores altos de la estabilidad Marshall, no son necesariamente los mejores, debido a que el tener una resistencia extremadamente alta implicaría tener baja durabilidad de pavimento asfáltico.

Valor de Fluencia Marshall - Según "Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992, pag71." Cuando el diámetro vertical de la probeta se reduce, significa que existe una deformación, la cual se mide en centésima de pulgada, representado dicho valor a la “Fluencia Marshall”.

Cuando el valor de la fluencia es bajo y el valor de estabilidad es extremadamente elevado, implica que mezcla asfáltica será demasiado frágil y muy dura para un pavimento asfáltico flexible; sin embargo, cuando la fluencia tiene un valor alto, se obtendrá un pavimento asfáltico extremadamente plástico y susceptible a deformarse fácilmente ante las cargas de tráfico.

Análisis de Densidad y Vacíos- Según "Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992, pag71." Una vez que se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se realizó un análisis de densidad y vacíos para cada serie de probetas de prueba. El propósito del análisis es el de determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada.

• Análisis de Vacíos

Los vacíos son las pequeñas burbujas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. El porcentaje de vacíos se calcula a partir del peso específico total de cada probeta compactada y del peso específico teórico de la mezcla de pavimentación (sin vacíos). Este último puede ser calculado a partir de los pesos específicos del asfalto y el agregado de la mezcla, con un margen apropiado para tener en cuenta la cantidad de asfalto absorbido por el agregado; de o directamente mediante un ensayo normalizado (AASHTO T 209) efectuado sobre la muestra de mezcla sin compactar. El peso específico total de las probetas compactadas se determina pesando las probetas en aire y en agua.

• Análisis de Peso Unitario

El peso unitario promedio para cada muestra se determina multiplicando la gravedad específica total de la mezcla por 1000 kg/m³ (62.4 lb/ft³).

• Análisis de VMA

Los huecos en el agregado mineral, VMA, se definen por el espacio vacío intergranular que se encuentra entre las partículas agregadas de la mezcla de pavimentación compactada, incluidos los huecos y el efectivo, y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla. El VMA se calcula en base a la gravedad agregado y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla compactada. lo tanto, el AMV se puede calcular restando el volumen agregado (determinado por la gravedad específica agregada) del volumen total de la mezcla compactada.

específica total del Por

• Análisis de VFA

Los vacíos llenos de asfalto, VFA,

son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire, y, por lo tanto, el VFA se calcula al restar los vacíos de aire del VMA, y luego dividiendo por el

2.2.4.5. *Propiedades Volumétricas*

(Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006), " Un factor importante que debe tenerse en cuenta en el comportamiento del asfalto es la relación volumétrica entre el ligante bituminoso y el árido."

a) Gravedad Especifica Bulk, (Gsb)

(Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006). "A una temperatura establecida, la relación entre el peso del material permeable (incluidos los vacíos permeables e impermeables el material) en el aire y el volumen del agregado que incluye los huecos permeables."

$$G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp})Y_w}$$

Donde:

G_{sb} : Gravedad especifica bulk del agregado

W_s : Peso del agregado seco

V_s : Volumen del agregado con los vacíos impermeables

V_{pp} : Volumen de vacíos permeables

Y_w : peso especifica del agua, 1 gr/cm³

b) Gravedad Especifica Aparente, (Gsa)

(Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006)." Es la relación entre el peso del material impermeable en el aire y el volumen del agregado, incluidos los vacíos impermeables. "

$$G_{sa} = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$$

Donde:

G_{sa} :Gravedad especifica aparente

W_s :Peso del agregado seco

V_s :Volumen del agregado con los vacíos impermeables

γ_w :Peso especifica del agua, 1 gr/cm³

c) Especifica Efectiva, (G_{se})

(Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006). "La relación entre el peso del material permeable (sin incluir los vacíos permeables al asfalto) y el volumen de agregados con vacíos impermeables y vacíos permeables que no absorben el asfalto."

$$G_{se} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp} - V_{ap})\gamma_w}$$

Donde:

G_{se} : Gravedad especifica efectiva

W_s : Peso del agregado seco

V_s : Volumen del agregado con los vacíos impermeables

γ_w : peso especifica del agua, 1 gr/cm³

Figura 4

Propiedades en Peso –Volumen en Mezcla Asfáltica Compactada



Nota. Tomado de Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006.

Definición de vacíos en agregado mineral (VMA), contenido efectivo de asfalto (Pbe), vacío de aire (Va) y vacío lleno de asfalto (VFA) son:

d) Vacíos en el agregado mineral (VMA)

Según (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006). El volumen de vacíos entre los agregados de la mezcla compactada, incluidos los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto, se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla.

e) Contenido de asfalto efectivo (Pbe)

(Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006). El contenido total de asfalto de la mezcla menos la porción de asfalto absorbida por el agregado.

f) Vacíos de aire (Va)

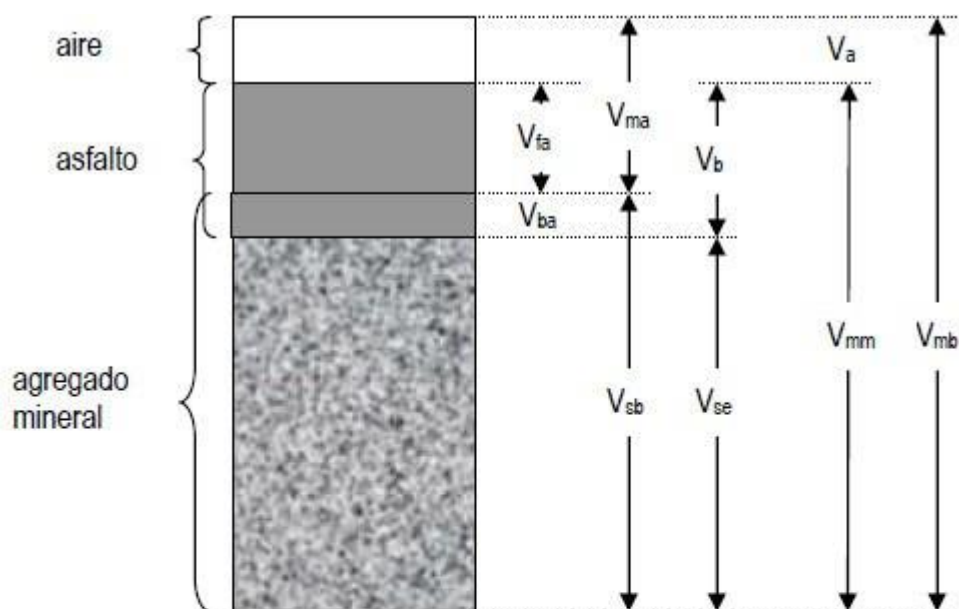
(Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006). El volumen total de las pequeñas cavidades de aire entre las partículas de cubiertas en toda la mezcla se expresa como un porcentaje del volumen bulk de la mezcla compactada.

g) Vacíos llenos con asfalto (VFA)

(Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006). La porción del volumen vacío entre partículas agregadas (VMA) ocupada por asfalto efectivo.

Figura 5

Esquema de una muestra.



V_{ma}	volumen de vacíos en agregado mineral
V_{mb}	volumen bulk de la mezcla compactada
V_{mm}	volumen de vacíos de la mezcla de pavimentación
V_{fa}	volumen de vacíos llenos con asfalto
V_a	volumen de vacíos de aire
V_b	volumen de asfalto
V_{ba}	volumen de asfalto absorbido
V_{sb}	volumen del agregado mineral (gravedad específica bulk)
V_{se}	volumen del agregado mineral (gravedad específica efectiva)

Nota. Tomado de Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006.

2.2.4.6. Analizando los Resultados del Ensayo Marshall

2.2.4.6.1. Graficando los Resultados

(Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992),

Al estudiar los gráficos, es posible determinar qué muestra de la serie cumple mejor con los estándares establecidos para el pavimento terminado. La proporción de asfalto a agregado en esta muestra se convierte en la proporción utilizada en la mezcla final. La Figura 6 muestra seis gráficos de resultados del ensayo de Marshall. Cada gráfico muestra los resultados de diferentes pruebas. Los valores de estos resultados se expresan en puntos. El primer gráfico muestra el porcentaje de vacíos; el segundo es porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA), el tercero es el porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA); el cuarto es la unidad de peso (densidad); el quinto es Marshall Valor de estabilidad; sexto, valor de fluencia de Marshall. En cada gráfico. Los puntos que representan diferentes valores están conectados por líneas para formar una curva suave.

2.2.4.6.2. Relaciones y Observaciones de los Resultados de los Ensayos

"Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992."

Cuando se grafican los resultados de la prueba, como se muestra en la Figura 6, a menudo revelan ciertas tendencias en la relación entre el contenido de betún y las propiedades de la mezcla. A continuación, se muestran algunas tendencias que se pueden observar al estudiar los gráficos de la Figura 6:

- El porcentaje de vacíos disminuye al aumentar el contenido de asfalto. (Gráfica 1).

- El porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA) generalmente disminuye hasta un valor mínimo, y luego aumenta con aumentos en el contenido de asfalto (Gráfica 2)

- El porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA) aumenta con aumentos en el contenido de asfalto (Gráfica 3).

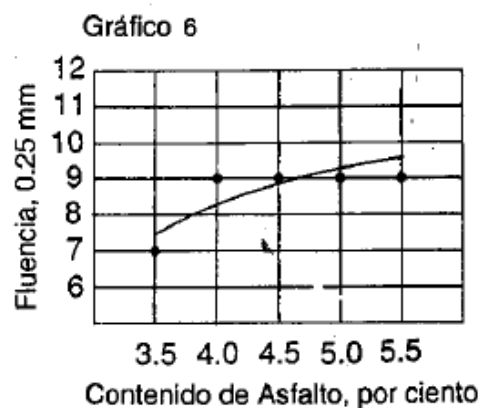
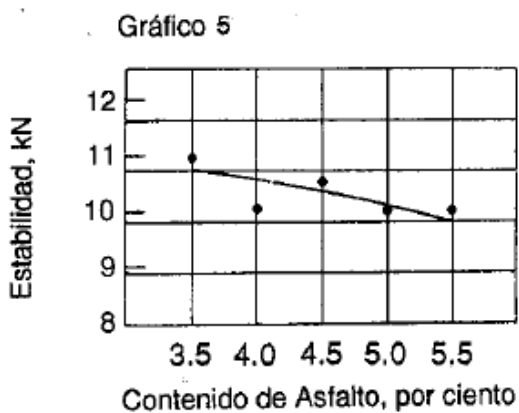
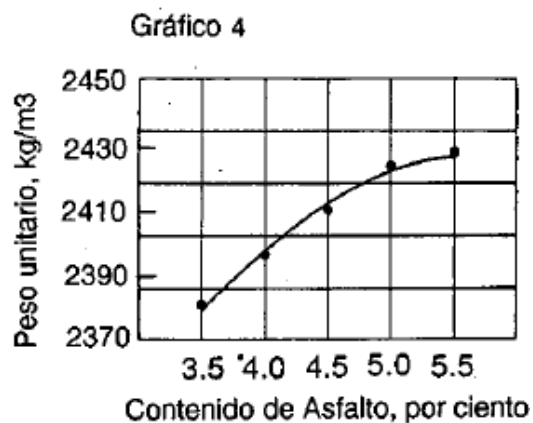
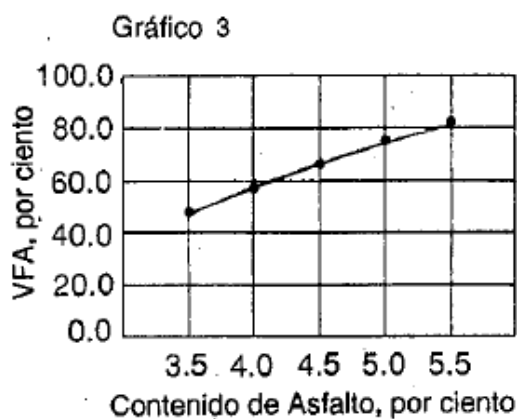
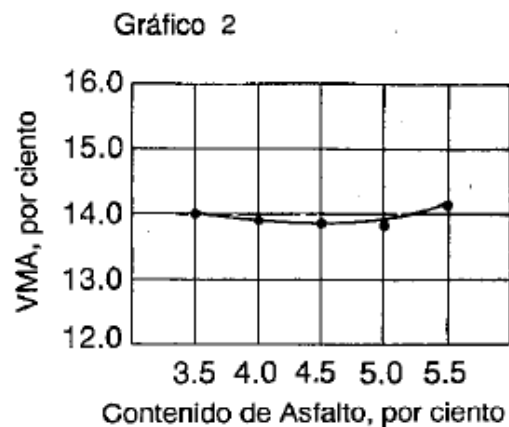
- La curva para el peso unitario (densidad) de la mezcla es similar a la curva de estabilidad, excepto que el peso unitario máximo se presenta a un contenido de asfalto ligeramente mayor que el que determina la máxima estabilidad (Gráfica 4).

- Hasta cierto punto, los valores de medida que aumenta el contenido de asfalto estabilidad aumentan a medida que aumenta el contenido de asfalto. Más allá de este punto, la estabilidad disminuye a medida que aumenta el contenido de asfalto (Gráfico 5).

- El valor de la fluencia aumenta el contenido de asfalto (Gráfica 6).

Figura 6

Gráfico de ejemplo de una serie de resultados de probetas de ensayo Marshall



Nota. Tomado de Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfáltica en Caliente, 1992.

2.2.4.6.3. *Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto*

Según (Manual Completo Diseño de Pavimentos - UMSS, nd), Considere los resultados de la curva correspondientes a la estabilidad, el peso unitario y la relación de vacíos, y determine el contenido óptimo de asfalto con base en los datos obtenidos previamente, donde se determina que el contenido de asfalto logre:

- a. Estabilidad máxima.
- b. Peso unitario máximo.
- c. El valor medio del porcentaje de vacíos

El contenido óptimo de asfalto será el promedio numérico de los contenidos de asfalto indicados anteriormente.

Capítulo III: Marco Metodológico

3.1. Tipo de Investigación

- De acuerdo con el propósito perseguido, la investigación es **aplicada** porque nuestro estudio busca aumentar la resistencia a compresión del pavimento y fomentar la tecnología verde a través del uso de plástico reciclado en la construcción de carreteras.
- De acuerdo a los tipos de datos analizados, la investigación es **cuantitativa** porque nuestro estudio se basa en la observación y recolección de datos de las pruebas realizadas en cada una de las muestras para posteriormente verificar la hipótesis.

3.2. Nivel de investigación

Esta investigación es explicativa, se centra en por qué ocurre el fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.

3.3. Diseño de Investigación

De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis es **experimental** porque en nuestro estudio se establece en una relación causa-efecto entre la cantidad de polímero reciclado añadido a la mezcla y el cambio de la resistencia a compresión de la mezcla asfáltica.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

Está determinada por la cantidad de total de probetas, tanto de mezcla asfáltica con adición de polímeros reciclados y convencional.

3.4.2. Tamaño de Muestra

Está determinado por el grupo de probetas con mezcla asfáltica convencional y otro grupo de probetas para el diseño de mezcla modificada con polímero reciclado, en ambos casos se aplicó el método Marshall de acuerdo a la normativa vigente peruana vigente a la fecha (EG-2013).

3.4.2.1. *Procedimiento para el muestreo*

El procedimiento de muestreo es: No probabilístico, porque se estudia a todos los elementos de la población los cuales fueron controlados y elegidos por el investigador.

3.4.2.2. *Tipo (muestreo)*

Es **discrecional**, porque el investigador recurre a conocimientos y experiencias anteriores para seleccionar a su propio juicio las muestras.

3.4.2.3. *Cuantificación*

El tamaño total de la muestra es de 92 probetas de mezcla asfáltica con adición de polímeros reciclado y sin adición (convencional), que cubren toda la población, y la distribución es la siguiente.

Tabla 11

Cuadro de Resumen de la Elaboración de las Probetas

Diseños de Mezcla Asfálticas	
Diseño MAC 1 (Asfalto PEN 60/70)	N° Probetas
Ensayo Marshall	15
RICE	5
Óptimo de Asfalto (grupo control)	
Ensayo Marshall	3
RICE	1
Estabilidad Retenida	6
Índice de Compactibilidad	6
Tracción Indirecta (Lottman Modificado)	8
DISEÑO MAC 2 (Asfalto Modificado con Polímero)	
Ensayo Marshall	18
RICE	6
Óptimo de Plástico (grupo experimental)	
Ensayo Marshall	3
RICE	1
Estabilidad Retenida	6
Índice de Compactibilidad	6
Tracción Indirecta (Lottman Modificado)	8
TOTAL, Probetas	92

Nota. Elaboración propia.

3.5. Procedimiento de la Investigación

- **Diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y grupo control**
- o **Caracterización De Los Agregados**

Para la caracterización de los agregados finos y gruesos se debe tener en cuenta el cumplimiento de los siguientes ensayos de acuerdo a las normas del MTC.

Tabla 12

Cuadro de Ensayos para los Agregados.

Descripción del Ensayo	Norma de Ensayo MTC
Agregado Fino en Mezcla	
Índice de plasticidad malla N° 40	E 111
Índice de plasticidad malla N° 200	E 111
Durabilidad Sulfato de Magnesio	E 209
Índice de Durabilidad	E 214
Equivalente de Arena	E 114
Sales solubles de arena	E 219
Azul metileno	AASHTO TP 57
Angularidad de la arena	E 222
Gravedad Específica y Absorción	E 205
Agregado Grueso en Mezcla	
Durabilidad al sulfato de Magnesio	E 209
Índice de durabilidad	E 214
Abrasión Los Ángeles	E 207
Partículas chatas y largadas	ASTM 4791 / MTC E 223
Caras de fracturas	E 210
Sales solubles totales grava	E 219
Gravedad Específica y Absorción	E 206

Fuente: EG-2013 Manual de Carreteras.

- o **Granulometría De Los Agregados Combinados**

La granulometría de los agregados combinados cumplirá:

- HUSO MAC-2 normativa peruana vigente para Carreteras EG-2013 (MTC).

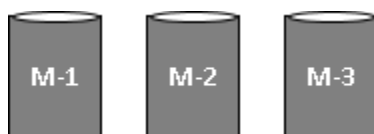
- **Contenido Óptimo De Cemento Asfáltico En La Mezcla**

Se procederá de acuerdo a la normativa del EG-2013 (Manual Vigente De Carreteras del MTC), la temperatura de mezcla será de acuerdo a la cartilla de viscosidad del ligante asfáltico.

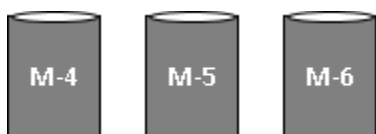
Así mismo se tendrá en cuenta el siguiente proceso:

- **Ensayo Marshall**

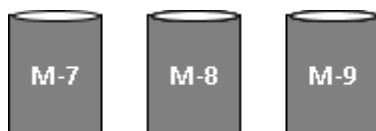
Probetas al 4.5 % de ligante asfáltico



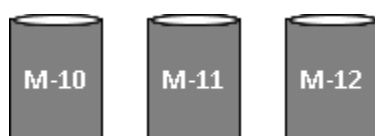
Probetas al 5 % de ligante asfáltico



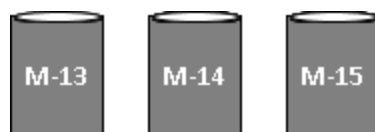
Probetas al 5.5% de ligante asfáltico



Probetas al 6.0% de ligante asfáltico



Probetas al 6.5% de ligante asfáltico



- **Ensayo RICE**

Una Probeta por cada porcentaje de ligante asfáltico: 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 %.



- **Cálculo del contenido óptimo de ligante asfáltico**

El contenido óptimo de ligante asfáltico en la mezcla (**D** %), se determinará en gabinete en función a los resultados de:

- Estabilidad Marshall.
- Flujo Marshall.
- Porcentajes de Vacíos en la mezcla asfáltica.
- Porcentaje de Vacíos en el agregado

- **Grupo control**

Para la elaboración de probetas del grupo control se utilizará el diseño de mezcla anteriormente determinado, es decir, se mantendrá la granulometría combinada de los agregados y el porcentaje óptimo de ligante asfáltico en la mezcla (**D** %)

- **Ensayo Marshall**

Tres probetas con **D** % de ligante asfáltico



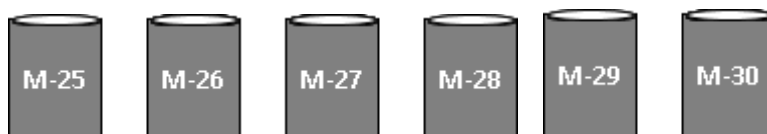
- **Ensayo RICE**

Una Probeta con D % de ligante asfáltico:



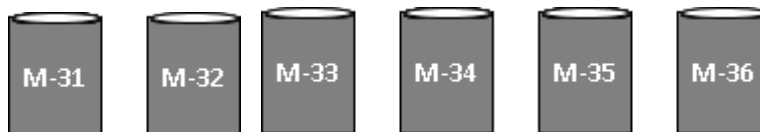
- **Ensayo de estabilidad retenida**

Seis probetas con D % de ligante asfáltico:



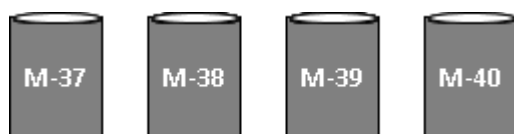
- **Ensayo para la obtención del Índice de Compatibilidad**

Seis probetas con D % de ligante asfáltico:

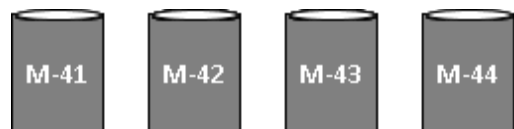


- **Ensayo Lottman Modificado (susceptibilidad a la humedad)**

Cuatro Probetas saturadas en agua con D % de ligante asfáltico:



Cuatro Probetas secas con D % de ligante asfáltico:



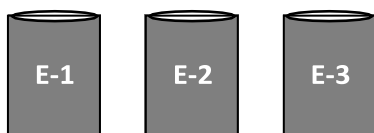
- **Resultados de Grupo Control**

Los resultados necesarios para el grupo control son:

- Estabilidad Marshall.
 - Flujo Marshall.
 - Porcentaje de Vacíos en la mezcla asfáltica.
 - Porcentaje de Vacíos en el agregado.
 - Susceptibilidad a la humedad.
 - Índice de compactibilidad
- **Diseño de mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado (plástico LDPE y PEBD)**
- Para la elaboración de probetas se tendrán las siguientes consideraciones:
- Se mantendrá la granulometría combinada y agregados del diseño con mezcla asfáltica sin adición (convencional), anteriormente definida.
 - Se calentará los agregados hasta una temperatura de 165°C, luego se mezclará con el plástico y se mantendrá dicha temperatura hasta que el plástico se disperse uniformemente en la mezcla; Finalmente cuando el cemento asfáltico llegue a la temperatura de mezcla según su cartilla viscosidad y temperatura, se combinará con los con los agregados pétreos y el plástico.
 - Las cantidades de plástico son 1%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% **del peso óptimo del ligante asfáltico** (anteriormente determinado D%)
- **Contenido Óptimo De Plástico Reciclado LDPE YPEBD**
- **Ensayo Marshall**

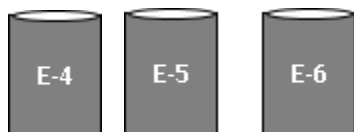
Probetas 1% de plástico reciclado:

($D-0.01*D$) % de ligante asfáltico y $0.01*D$ % Plástico Reciclado



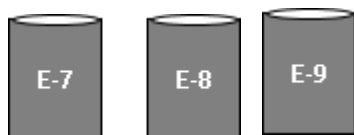
Probetas 2% de plástico reciclado:

($D-0.02*D$) % de ligante asfáltico y $0.02*D$ % Plástico Reciclado



Probetas 4% de plástico reciclado:

($D-0.04*D$) % de ligante asfáltico y $0.04*D$ % Plástico Reciclado



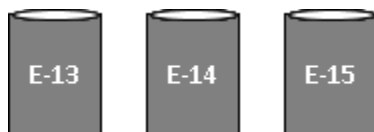
Probetas 6% de plástico reciclado:

($D-0.06*D$) % de ligante asfáltico y $0.06*D$ % Plástico Reciclado



Probetas 8% de plástico reciclado:

($D-0.08*D$) % de ligante asfáltico y $0.08*D$ % Plástico Reciclado



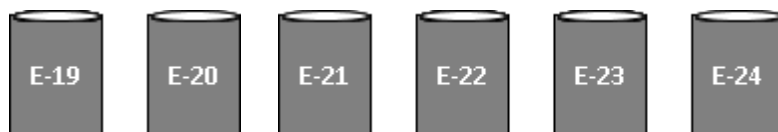
Probetas 10% de plástico reciclado:

$(D-0.10*D)$ % de ligante asfáltico y $0.10*D$ % Plástico Reciclado



▪ **Ensayo RICE**

Una Probeta por cada porcentaje de polímero reciclado



▪ **Obtención de contenido óptimo de plástico reciclado LDPE y HDPE**

El contenido óptimo (P%) de plástico en la mezcla se determinará en gabinete en función a los resultados de:

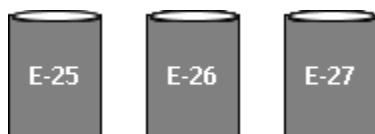
- Estabilidad Marshall.
- Flujo Marshall.
- Porcentajes de Vacíos en la mezcla asfáltica.
- Porcentaje de Vacíos en el agregado.

○ **Comprobación del contenido Óptimo de Plástico-Grupo Experimental**

Para la comprobación del contenido óptimo de plástico se utilizará los mismos agregados y combinaciones del diseño de mezcla del tipo tradicional con el porcentaje obtenido P% de plástico reciclado.

- **Ensayo Marshall**

Tres probetas con P % de Plástico reciclado



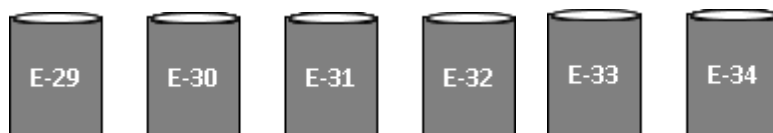
- **Ensayo RICE**

Una Probeta con P % de Plástico reciclado



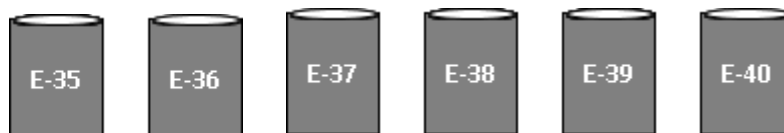
- **Ensayo de estabilidad retenida**

Seis probetas con P % de Plástico reciclado



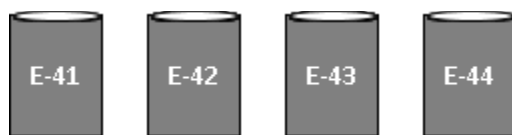
- **Ensayo para la obtención del Índice de Compatibilidad**

Seis probetas con P % de Plástico reciclado

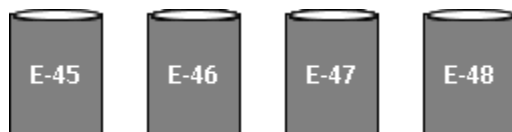


- **Ensayo Lottman Modificado (susceptibilidad a la humedad)**

Cuatro Probetas saturadas en agua con P % de Plástico reciclado



Cuatro Probetas secas con P % de Plástico reciclado



▪ Resultados

Los resultados necesarios para el grupo Experimental son:

- Estabilidad Marshall.
- Flujo Marshall.
- Porcentaje de Vacíos en la mezcla asfáltica.
- Porcentaje de vacíos en el agregado.
- Susceptibilidad a la humedad.
- Índice de compactibilidad

Tabla 13

Cuadro de Ensayos para los Agregados.

Diseños de 02 Mezclas Asfálticas	
Diseño MAC (Asfalto PEN 60/70)	N° Briquetas
Ensayo Marshall	39
RICE	13
Estabilidad Retenida	12
Índice de Compactibilidad	12
Tracción Indirecta (Lottman Modificado)	16
Total, Briquetas	92

Nota. Elaboración propia.

Capítulo IV: Caracterización de los Componentes de las Mezclas Asfálticas

4.1. Agregados

4.1.1. Características de la Cantera

Nombre de Cantera: Tres Tomas

Localización o Ubicación:

Partiendo desde Chiclayo hacia Ferreñafe son 20 Km; de Ferreñafe hacia el Canal Taymi son 9 km asfaltado; Canal Taymi a Cantera 6 Km de afirmado en buen estado de conservación y hasta el lugar de explotación son 1.5 Km de trocha carrozable (estado de conservación es regular).

Tabla 14

Localización de cantera

Cantera Tres Tomas	
Departamento	Lambayeque
Provincia	Ferreñafe
Distrito	Manuel Mesones Muro

Nota. Ver plano de ubicación en Anexos. Elaboración propia.

Tabla 15

Resumen - Cantera Tres Tomas

Ubicación	A 20 Km de la ciudad de Chiclayo
Acceso	Ferreñafe a Canal Taymi :9Km asfaltado; Canal Taymi a Cantera :6Km afirmado en buen estado de conservación y hacia lugar de explotación son 1.5 Km de trocha carrozable en regular estado
Periodo de explotación	Todo el año
Propietario	Asoc.de Trabajadores 4 de mayo
Área de cantera (Ha)	2.13
Potencia Bruta	49,265.52 m ³
Potencia Neta	45,472.08 m ³
Potencia Utilizable	45,472.08 m ³
Volumen Desechable	4,702.89 m ³
Equipo de explotación	Tractor y cargador frontal

Nota. Tomado de Gobierno Regional Lambayeque –“Estudio Definitivo para la Culminación de la Construcción de la Autopista Pimentel-Chiclayo”.

Esta cantera ha sido seleccionada, se extrae agregados para emplearse en mezcla de asfalto caliente. Propiedades físicas y mecánicas esta cantera, satisfacen los requerimientos especificados para grava, arena natural y arena triturada. Los cuales son obtenidos como producto del chancado de piedras OVER ($>$ de 1 1/2”), la arena natural zarandeada es el sub producto que está considerada en el presente diseño, ya que la utilización de la arena natural es indispensable para la mezcla asfáltica (en caliente).

Estos materiales pasan por un proceso de chancado (trituración) y se realiza en el lugar denominado Tres Tomas, el proceso incluye un conjunto de clasificadoras, fajas y chancadoras; por lo que se obtienen agregados con características acorde a los requerimientos de especificaciones técnicas y/o Normativas; Procedente de las instalaciones de chancado de la empresa, “Corporación Asfalpaca S.AC”.

Esta cantera es un depósito aluvial de canto sub redondeado graduado compuesto de varios materiales, la naturaleza del material es de procedencia de bancos naturales donde predomina los materiales semi seco por su naturaleza.

La grava se obtiene por trituración por la piedra over, y el porcentaje de partículas chatas y alargadas y caras fracturadas se encuentra dentro del rango de valores permisibles especificado por la normatividad peruana.

Los agregados presentan los siguientes diámetros máximos:

- | | | |
|----------------|---|------------------------------------|
| Grava Chancada | - | \varnothing máx $<$ 3/4” – 1/4”. |
| Arena Chancada | - | \varnothing máx $<$ 1/4” – 0”. |
| Arena Natural | - | \varnothing máx $<$ 3/8” – 0”. |

4.1.2. Ensayos Realizados a los Agregados

En esta Especificación se indica lo siguiente respecto a las características de que deben cumplir los agregados, para la mezcla asfáltica en caliente.

El agregado debe provenir de triturado. Sus partículas individuales deben estar compuestas por fragmentos secos y duraderos, libres de terrones de arcilla y sustancias nocivas. El agregado consistirá en una mezcla de agregado grueso, agregado fino y filler mineral. Los agregados gruesos serán los retenidos en la malla No. 4, mientras que los agregados finos pasarán por la misma malla. El filler mineral constituye un material comercial y puede ser cal hidratada o cualquier otro material con propiedades físicas y químicas similares.

4.1.2.1. Agregados Minerales Gruesos

En las Especificaciones Técnicas Generales se indica lo siguiente:

El agregado grueso también debe cumplir con los requerimientos especificados de la Tabla

N ° 16:

Tabla 16

Requerimientos para los Agregados Gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤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 206	1.0% máx.	1.0% máx.

Fuente. Tomado de "Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG,2013, p.560."

4.1.2.1.1. *Ensayo de Durabilidad (al sulfato de magnesio)- MTC E 209*

Esta prueba tiene como objetivo obtener la resistencia de los agregados a la división por medio de soluciones saturada de sulfato de magnesio. "Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.329."

Se puede observar en la Tabla N ° 17 que el agregado que usaremos tiene una durabilidad de 7.36%, que cumple con los estándares especificados en la norma MTC, y para una altitud \leq 3000 msnm, el cual el valor máximo 18%.

4.1.2.1.2. *Ensayo de Abrasión Los Ángeles-MTC E 207*

"Esta prueba mide básicamente la resistencia de los puntos contacto de un agregado al desgaste y/o a la abrasión." (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006, p.42).

En la Tabla N ° 17, el índice de desgaste agregado de la mezcla asfáltica utilizada es 14.7%, que es menor al 40%, que es el valor máximo, que cumple con los requisitos de la norma.

4.1.2.1.3. *Ensayo Adherencia –MTC E 517*

Este ensayo tiene como objetivo determinar la retención de una película bituminosa en una superficie de agregado en presencia de agua. "Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.649."

En la Tabla N ° 17, la adherencia de los agregados de la mezcla asfáltica utilizada es del 98%, la cual es mayor al 95%, lo que cumple con los requisitos de la norma.

4.1.2.1.4. *Ensayo índice de durabilidad –MTC E214*

Esta prueba muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos como la arcilla, cuando se somete de degradación mecánicos. "Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.351."

En la Tabla N ° 17, el índice agregado de la mezcla asfáltica usada es 75%, que es mayor al 35%, que es el valor mínimo y se ajusta a la norma.

4.1.2.1.5. *Ensayo Partículas chatas y alargadas-ASTM 4791*

Este ensayo es para obtener el número de partículas alargadas y delgadas en nuestro agregado grueso no puede comprimir muy bien nuestra mezcla debido a cantidades excesivas. (ASTM D4791-19), Método de prueba estándar para partículas planas, partículas alargadas o partículas planas y alargadas en agregado grueso, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019)

En la Tabla N ° 17, el agregado de la mezcla asfáltica usada tiene 7.10% de partículas planas y delgadas, con un máximo de 10%. Si cumple con la especificación de la norma.

4.1.2.1.6. *Ensayo Caras Fracturadas –MTC E 210*

Esta es esencial, porque a través de esta prueba se determina la superficie de fractura del agregado grueso. Cuanto más cara sea la fractura, mejor será la adherencia de nuestra mezcla, porque la superficie de la fractura es más rugosa, lo cual es bueno para la adherencia. (Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.337).

Los resultados del laboratorio se muestran en la Tabla N ° 17, una superficie tiene una superficie de fractura del 97,3% y las otras dos superficies tienen una cara de fractura del 95,2%, en comparación con la especificación mínima de 85 / 50, cumple con los requisitos.

4.1.2.1.7. *Ensayo Sales solubles totales – MTC E 219*

Este ensayo es para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases estabilizadas y mezclas asfálticas. "Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.378."

En la Tabla N ° 17, el agregado de la mezcla asfáltica utilizada contiene 0.043% de sales, con un máximo de 0.5%. Si cumple con la especificación.

4.1.2.1.8. Ensayo Absorción-MTC E 206

Este ensayo tiene como objetivo determinar el peso específico saturada con superficie seca y la absorción están basados en agregados remojados en agua después de 24 horas. (Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.312).

La Tabla N ° 17 muestra que el dato de absorción de los agregados es 0.893% y la norma indica que el máximo es 1%. Observe este último.

Tabla 17

Propiedades Físico-Mecánicas de los Agregados en la Mezcla ASTM D 3515 D-5

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	NORMA DE ENSAYO MTC	REQUERIMIENTO ALTITUD(MSNM) ≤3000	RESULTADO DE LOS ENSAYOS	OBSERV.
AGREGADO GRUESO EN MEZCLA				
Durabilidad al sulfato de Magnesio	E 209	18% máx.	7.36%	Conforme
Índice de durabilidad	E 214	35% min.	75%	Conforme
Abrasión Los Ángeles	E 207	40% máx.	14.70%	Conforme
Partículas chatas y largadas (*)	ASTM 4791	10% máx.	7.10%	Conforme
Partículas con una cara de fractura	E 210	85% min.	97.3%	Conforme
Partículas con dos caras de fractura	E 210	50% min.	95.2%	Conforme
Sales solubles totales	E 219	0.5% máx.	0.043%	Conforme
Adherencia	E 517	+95 min.	98 %	Conforme
Absorción	E 206	1.0% máx.	0.893%	Conforme

Nota. Elaboración propia.

4.1.2.2. *Agregados Minerales Finos*

En las Especificaciones Técnicas Generales se indica lo siguiente:

Se aplica en lo que corresponda, lo especificado en la Subsección 415.02(a).

Adicionalmente deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla N°18.

Tabla 18

Requerimientos para los Agregados Finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Equivalente de arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	ASTHO 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.

Tomado de "Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG", 2013, p.560"

4.1.2.2.1. Ensayo de equivalente de arena –MTC E 114

La prueba está diseñada para mostrar las proporciones relativas de arcilla o suelo plástico fino y polvo en suelo granular y agregado fino que pasan a través del tamiz No. 4 (4,75 mm). (Manual de Ensayos de Materiales, 2016, p.91).

La Tabla N ° 19 muestra que el dato de equivalente de arena es 66% y el estándar indica que es al menos 60%. Si cumple con la especificación.

4.1.2.2.2. *Ensayo de Angularidad del agregado fino – MTC E 222*

Este ensayo tiene como objetivo determinar mediante el cálculo de vacíos de aire y la Angularidad de los agregados finos, la cual se correlaciona con la resistencia al ahuellamiento. (Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.389).

La Tabla N ° 19 muestra que la Angularidad de agregado fino es 54.7% y la norma estipula que es al menos 30%. Si cumple con la especificación.

4.1.2.2.3. *Ensayo de Azul de metileno -ASTHO TP 57*

Esta prueba tiene como objetivo determinar la cantidad de sustancia potencialmente nocivas (incluidas arcilla y materia orgánica) presentes en las partículas finas agregadas midiendo el valor del azul de metileno. (ASHTO TP 57, edición de 2006)

La Tabla N ° 19 muestra que los datos de prueba del azul de metileno son 1,16%, y la norma indica como máximo 8 %. El cual si cumple con la norma.

4.1.2.2.4. *Ensayo índice de durabilidad-MTC E214*

Este ensayo muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos como la arcilla, cuando se somete de degradación mecánicos. "Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.351"

En la Tabla N ° 19, el índice agregado de la mezcla asfáltica usada es 58.9, el cual es mayor a 35, que es el valor mínimo y cumple con los requisitos de la norma.

4.1.2.2.5. *Ensayo de Índice de plasticidad (malla N°200)-MTC E111*

El propósito de esta prueba es determinar el límite plástico del suelo y calcular el índice de plasticidad (IP) cuando se conoce el límite líquido (LL) del mismo suelo. "Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.72."

En la Tabla N ° 19, el contenido agregado de la mezcla asfáltica usada es 1.91% siendo menor al 4% max. Si cumple con la especificación.

4.1.2.2.6. Ensayo Sales solubles totales – MTC E 219

Este ensayo es para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases estabilizadas y mezclas asfálticas. "Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.378."

En la Tabla N ° 19, el agregado de la mezcla asfáltica utilizada contiene 0.073% de sales, con un máximo de 0.5%. Si cumple con la especificación.

4.1.2.2.7. Ensayo Absorción-MTC E 205

Este ensayo tiene como objetivo determinar el peso específico saturada con superficie seca y la absorción están basados en agregados remojados en agua después de 24 horas. (Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.309).

La Tabla N ° 19 muestra que el dato de absorción de los agregados es 0.722% y la norma indica que el valor máximo es 0.5%. cumpliendo con este último.

4.1.2.2.8. Ensayo de Índice de Adhesividad Arena –MTC E 220

Describe el procedimiento que debe seguirse determinar la adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos, arenas naturales o chancadas, de empleo en construcción de carreteras. (Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.380).

La Tabla N ° 19 muestra que los datos del índice de adhesión de la arena son 6 y el estándar mínimo es 4. Cumpliendo con este último.

4.1.2.2.9. Ensayo de Durabilidad (al sulfato de magnesio)-MTC E 209

"Este ensayo tiene como objetivo obtener la resistencia de los agregados a la división por medio de soluciones saturada de sulfato de magnesio." (Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.329).

Como se puede apreciar en la Tabla N ° 19, el agregado que usaremos tiene una durabilidad de 5.33%, lo que cumple con los requisitos de la norma MTC

Tabla 19

Propiedades Físico-Mecánicas de los Agregados en la Mezcla ASTM D 3515 D-5

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	NORMA DE ENSAYO MTC	REQUERIMIENTO ALTITUD(MSNM) ≤3000	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	OBSERV.
AGREGADO FINO EN MEZCLA				
Índice de plasticidad malla N° 40	E 111	NP	NP	Conforme
Índice de plasticidad malla N° 200	E 111	4% máx.	1.91%	Conforme
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	E 209	-	5.33	Conforme
Índice de Durabilidad	E 214	35 mín.	58.90	Conforme
Equivalente de Arena	E 114	60% mín.	66%	Conforme
Sales solubles de arena	E 219	0.5% máx.	0.073%	Conforme
Azul metileno	AASHTO TP 57	8 %máx	1.16%	Conforme
Índice de adhesividad arena	E 220	4 mín.	6	Conforme
Angularidad de la arena	E 222	30 % mín.	54.7%	Conforme
Absorción**	E 205	0.5% máx.	0.722%	Conforme

Nota. Elaboración propia.

4.1.2.3. Agregados Mineral (Filler)

De acuerdo a las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras se consideran que el relleno mineral deba tener las siguientes características que se presentan:

El material de relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto, se compondrá de materiales tales como polvo calcáreo, polvo de roca, polvo de escoria y/o Cal Hidratada no plástica, y debe cumplir con la siguiente granulometría:

Tabla 20

Requerimientos para el Filler Mineral

Malla	% pasa. Mínimo
#40	100
#80	95 - 100
#200	65 - 100

Nota. Tomado de "Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG,2013, p.645"

4.1.2.4. Agregados Global (Mezcla de Agregados)

La mezcla de agregados deberá cumplir los siguientes requisitos:

Tabla 21

Requerimientos de Calidad del Agregado Global.

Ensayos	Norma	Requerimiento
Terrones de arcilla y partículas deleznable	MTC E 212	1% máx.

Nota. Tomado de "Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG,2013, p.561."

4.1.2.4.1. Ensayos Terrones de Arcilla y Partículas Deleznales –MTC E 212

Este ensayo es para determinar de manera aproximada el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados. (Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.346).

En la tabla N° 22 son los datos del contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales siendo 0.08%, y la norma requiere como máximo 1%. Cumpliendo con este último.

Tabla 22*Resultado de Calidad del Agregado Global*

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultados	Observaciones
Terrones de arcilla y partículas deleznales	MTC E 212	1% máx.	0.08%	Cumple

Nota. Elaboración propia.

4.1.3. Gradación de los agregados

Manual de Carreteras: "Especificación General de Construcción de MTC DG_2013, que brinda información detallada acerca de los husos granulométricos para una carpeta asfáltica correspondiente a una mezcla asfáltica en caliente, dependiendo del tamaño máximo nominal de la mezcla de asfalto ordinario" MAC. En este estudio se obtuvo un tamaño nominal máximo de 3/4 de pulgada en el análisis de tamaño de partícula correspondiente, por lo que se seleccionó MAC-2, como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23*Parámetros de Agregados para Mezcla Asfáltica*

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

Fuente. Tomado de Manual de Carretera "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG", 2013, p.561.

Tabla 24

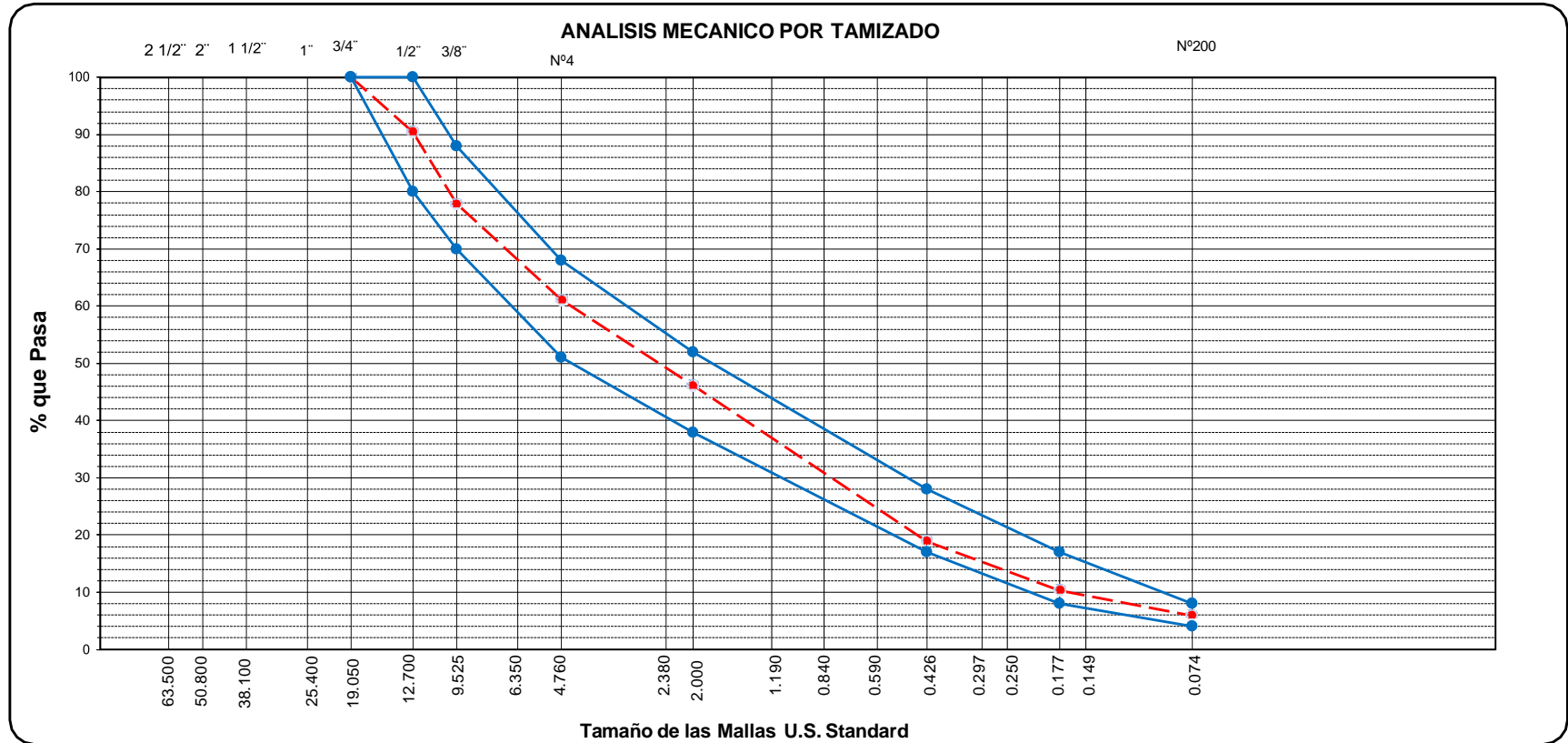
Combinación física y teórica de agregados para la mezcla asfáltica.

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Peso que Pasa				Especif. MAC - 2		
		Grava Trit. 3/4"-1/4"	Arena Trit. 1/4"- 0	Arena Nat. 3/8"-0"	Mezcla Final.			
		38	33	29	100			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100	-	100
1/2"	12.700	74.8	100.0	100.0	90.4	80	-	100
3/8"	9.525	41.8	100.0	100.0	77.9	70	-	88
N°4	4.760	2.7	96.6	97.1	61.1	51	-	68
N°10	2.000	0.0	69.9	79.5	46.1	38	-	52
N°40	0.426		30.4	30.6	18.9	17	-	28
N°80	0.177		16.3	17.0	10.3	8	-	17
N°200	0.074		8.3	10.9	5.9	4	-	8

Nota. Elaboración propia, ver detalle de cálculo de mezcla final en el Anexo.

Figura 7

Curva Granulométrica



Nota. Elaboración Propia.

4.2. Cemento Asfáltico

El cemento bituminoso utilizado en mezclas bituminosas calientes debe clasificarse en función de la viscosidad absoluta y la penetración. Su uso dependerá de las condiciones climáticas de la zona, de la respectiva CARTA de viscosidades del cemento bituminoso y como se indica en la tabla N ° 25.

Tabla 25

Selección del tipo cemento asfáltico

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

Nota. Tomado de Manual de Carretera “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG”, 2013, p.471.

En la presente investigación se diseñó para la región Lambayeque que presenta como temperatura media anual de 22.1°C (Climograma, temperatura, Chiclayo & Chiclayo, 2021), por lo tanto, el tipo cemento asfáltico de acuerdo al clima es PEN 60/70.

4.3. Polímeros Reciclados

4.3.1. Obtención de los Polímeros Reciclados

Para la obtención de polímeros reciclados (polietileno de alta densidad de HDPE y baja densidad de LDPE), en este caso, las bolsas de plástico sustituirán parcialmente al aglutinante asfáltico en la fabricación de briquetas asfálticas.

Los polímeros reciclados se obtuvieron de los procesos: Recepción de materias primas, Proceso de Selección, Triturado, Lavado, secado y centrifugado, homogenización, Extrusionado, filtrado y Granceado o peletizado.

Tabla 26*Proceso Reciclaje de Plástico*

Ítems	Fases del reciclado	Descripción
1	Recepción de materias primas	Material plástico susceptible de ser reciclado (PEAD, PEBD, PP, PET, PS, ABS, LDPE...)
2	Proceso de selección	Se separan aquellas materias plásticas diferentes a las que en el momento de consumo corresponda a la calidad en proceso, etiquetas, materias férricas, tierras...etc.
3	Triturado	Las piezas se rompen y desmenuzan a través de trituradores de gran capacidad productiva, por medio de un juego de cuchillas giratorio, reduciéndolas a pequeños trozos según el diámetro de la criba.
4	Lavado	El plástico se introduce en unos lavaderos industriales. Unas aspas remueven el agua de manera que el plástico quede mojado totalmente y en el fondo de los lavaderos quedarán depositadas posibles impurezas como tierra, piedras, metales, cartón, PVC y cualquier otro material más denso que el agua.
5	Secado y centrifugado	El material extraído de los lavaderos pasa a las centrifugas donde además de hacer las funciones de secado eliminarán por completo cualquier impureza que aún pudiera escapar de los lavaderos.
6	Homogeneización	Una vez triturado, lavado y secado, el plástico se almacena en un gran silo, donde será mezclado por un proceso mecánico, hasta conseguir un material homogéneo en color, textura y comportamiento, quedando preparado para la extrusión.
7	Extrusionado	Plastificado de todas las partículas antes creadas dando lugar a una masa uniforme. De este modo los polímeros se funden mediante el calor.
8	Filtrado	El plástico pasa aún por un proceso de filtrado -un sistema de mallas muy finas- que retendrán cualquier tipo de impurezas que en los procesos anteriores pudiera haber dejado adheridas al material: restos de cartón, pequeños trozos de madera, tela u otros trozos de materiales incompatibles.
9	Granceado o peletizado	De este proceso obtenemos el grano o granza adecuado.
10	Análítica y control de calidad	La producción de granza lo divide en lotes. Analiza sus características como fluidez, densidad, cenizas.
11	Envasado	El producto es envasado en Big Bags o sacos de 25Kg
12	Almacenamiento	Un buen almacenamiento del producto terminado es fundamental para evitar posibles daños: golpes, inclemencias climáticas, deterioro, etc.
13	Logística	El material queda listo para ser retirado para su entrega en destino.

Fuente. Adaptado de ¿Cómo es el proceso de reciclaje de plástico? (2014, abril 5). Recicladoslared.es. <http://www.recicladoslared.es/proceso-de-reciclaje-de-plasticos/>

Capítulo V: Análisis y Diseño de las Mezclas Asfálticas

5.1. Mezclas Asfálticas Convencional

El Manual de Carreteras: "Especificaciones Generales para la Construcción DG 2013 del MTC, " proporciona información detallada sobre los requisitos definidos para el diseño Marshall. El objetivo del método Marshall es determinar el tamaño de la mezcla y calcular sus diversos parámetros de rendimiento mediante la preparación y compactación de la mezcla con una altura nominal de 64 mm y un diámetro de 102 mm para muestras de pavimentación." (Manual de Ensayos de Materiales, 2016, p.583).

La presente investigación desarrolló un diseño de mezcla de clase tipo A para un tráfico de volumen alto como se indica en la tabla 27.

Se ha realizado el diseño de mezcla asfáltica en la planta de asfalto de la Empresa "Corporación Asfalpaca S.AC".

Tabla 27

Requisitos Para Mezcla de Cemento 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	<u>ver tabla 423-10</u>		
Inmersión-Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	2,1
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)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 mín.		

Tomado de Manual de Carretera “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG”,2013, p.570.

5.1.1. Elaboración de las Probetas

Para obtener el contenido óptimo de asfalto se realizaron 5 grupos de probetas para la mezcla agregada, por lo que la curva que representa los resultados de los ensayos muestren un valor óptimo claro.

Con base en la experiencia previa, comienza con un 4.5% o 5% de cemento asfáltico en relación con la mezcla total y aumenta el porcentaje de probetas en grupos en un 0.5%.

Los porcentajes de cemento asfáltico con los que se trabajaron para los diferentes grupos de probetas son:4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%.

Para obtener buenos resultados, se realizaron tres especímenes por cada contenido de cemento asfáltico.

Finalmente se elaboraron tres probetas con el porcentaje óptimo para confirmar los resultados del teórico y así obtener el grupo control.

5.1.2. Condiciones de Mezcla Asfáltica Convencional

Se ha utilizado la arena natural zarandeado de la cantera Tres Tomas, además las gravas y arena chancadas provenientes de la cantera en mención. El material resultante está constituido por el aporte en mezcla del siguiente modo:

5.1.2.1 Proporciones de Componentes

Tabla 28

Materiales de Diseño MAC-2

Materiales	Características	Procedencia
Agregados Pétreos	Grava Chancada (<3/4" -1/4")	Cantera Tres Tomas
	Arena Chancada (<1/4" -0)	Cantera Tres Tomas
	Arena zarandeada (<3/8" -0)	Cantera Tres Tomas
Cemento Asfáltico	PEN 60/70	Refinería Conchán

Nota. Elaboración Propia

Tabla 29

Dosificación para el Diseño de Marshall

Componentes	Porcentajes
Grava Chancada	38.00%
Arena Chancada	33.00%
Arena Zarandeada	29.00%
Cemento Asfáltico	5.75%

Nota. Elaboración Propia

5.1.2.2 Temperatura de Aplicación

Las temperaturas de trabajo para las diversas etapas del procedimiento Marshall, fueron basadas en las recomendaciones del "Asphalt Institute".

Tabla 30

Temperatura de Aplicación

Actividad	Temperatura
Calentamiento Agregados	150°C a 160 °C
Asfalto para Mezcla	135°C a 152°C
Compactación	130°C a 138 °C

Nota. Elaboración Propia

5.1.2.3 Humedad de los agregados

Deben estar en +/- 2.0 % min.

5.1.2.4 Energía de compactación.

La energía de compactación fue realizada con 75 golpes del martillo Marshall por fase en las probetas.

5.1.3. Determinación del contenido óptimo de asfalto

Para tomar esta determinación, se deben considerar las tres curvas que se muestran en los gráficos y el contenido de asfalto se debe obtener de ellas en base a la siguiente información detallada:

a. En la curva descendente de Vacíos totales (Vv) –vs- % C.A. se elige el porcentaje de cemento asfáltico con respecto al punto medio de los requisitos de la norma (3-5), dando el valor de 4%.

Por ello el valor es 5.75 % de ligante asfáltico.

b. En la curva de Estabilidad –vs-% C.A., se elige el porcentaje de cemento asfáltico con respecto al máximo valor de Estabilidad, dando el valor de 5.71 % Cemento asfáltico.

c. En la curva de Peso Específico –vs- %C.A., se elige el porcentaje de cemento asfáltico con respecto al máximo valor de densidad, dando el valor de 5.80 % cemento asfáltico.

Finalmente, tome el promedio aritmético de los tres valores obtenidos, es decir, el "mejor porcentaje posible". Para este valor, lea el valor correspondiente de cada uno de los seis atributos evaluados en el diseño de Marshall. Estos valores deben cumplir el mínimo y si el valor máximo no está disponible, se realizarán ajustes o cambios en todo el diseño.

Tabla 31*Porcentaje Óptimo Teórico*

Parámetro	Valor Obtenido	Promedio
Vacíos totales (Vv %)	5.75	
Estabilidad (Kg)	5.71	5.75
Peso específico(gr/cm ³)	5.80	

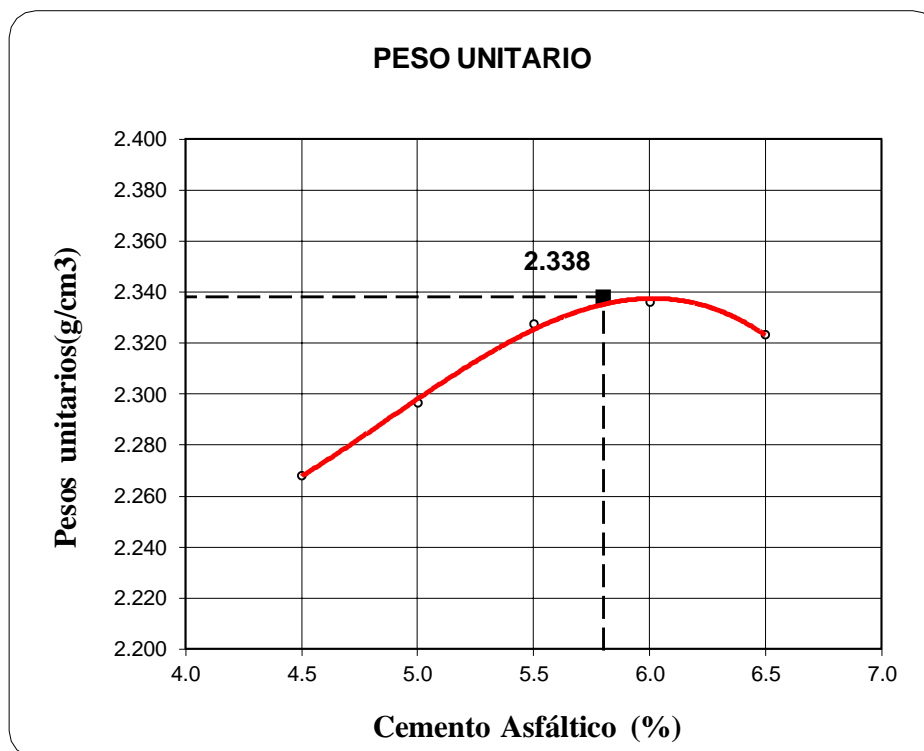
Nota. Elaboración Propia.

Después de que C.A verificó el valor óptimo de 5.75%, se trazó el contenido óptimo de cemento asfáltico.

Tabla 32*Porcentaje Óptimo del promedio de todos los gráficos*

Parámetro	Valor Obtenido	Promedio
Vacíos totales (Vv %)	5.75	
Estabilidad (Kg)	5.71	
Peso específico(gr/cm ³)	5.80	5.75
V.M.A (%)	5.75	
Flujo (mm)	5.75	
V.LL.C.A (%)	5.75	

Nota. Elaboración Propia.

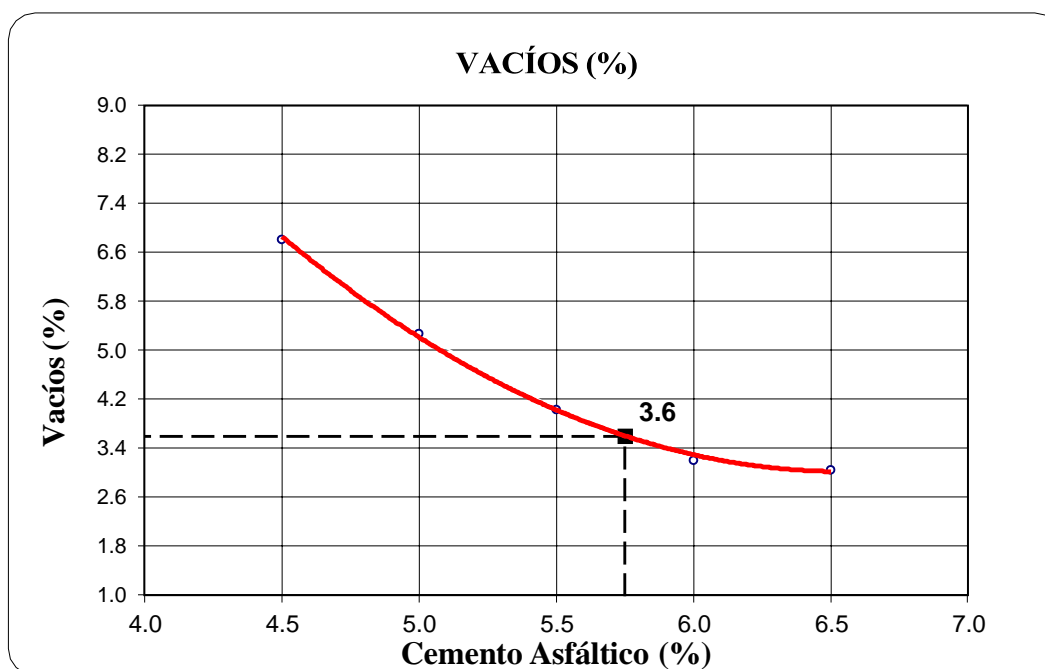
Figura 8*Porcentaje de Cemento Asfáltico vs Peso específico*

% C.A	P.U (g/cm3)
4.50	2.268
5.00	2.297
5.50	2.327
6.00	2.336
6.50	2.323

En la figura N° 8 se muestra para el contenido óptimo de cemento asfáltico 5.80% el peso específico es 2.338 g/cm³.

Figura 9

Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de Vacíos.



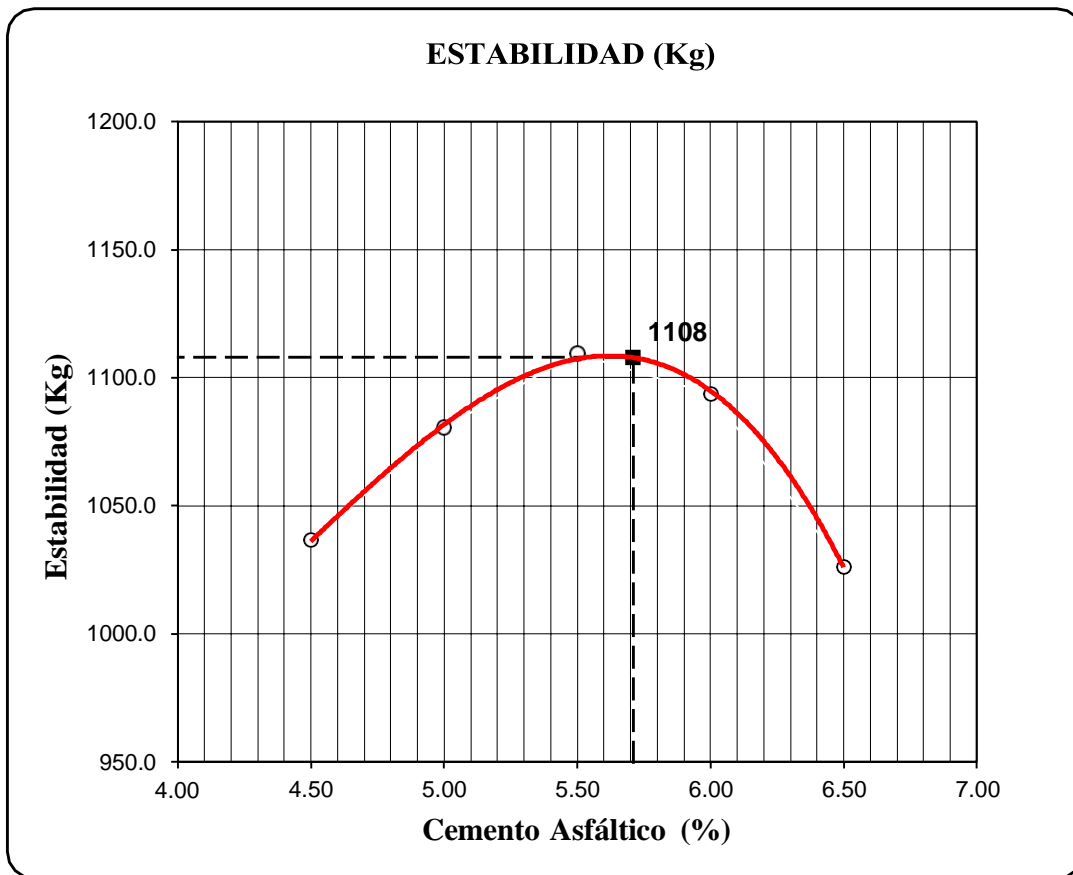
% C.A	% de Vacíos
4.50	6.821
5.00	5.285
5.50	4.033
6.00	3.209
6.50	3.057

Nota. Elaboración Propia.

En la figura N°9 se muestra para el contenido óptimo de cemento asfáltico 5.75% el porcentaje de vacíos es 3.6%.

Figura 10

Porcentaje de Cemento asfáltico vs estabilidad.



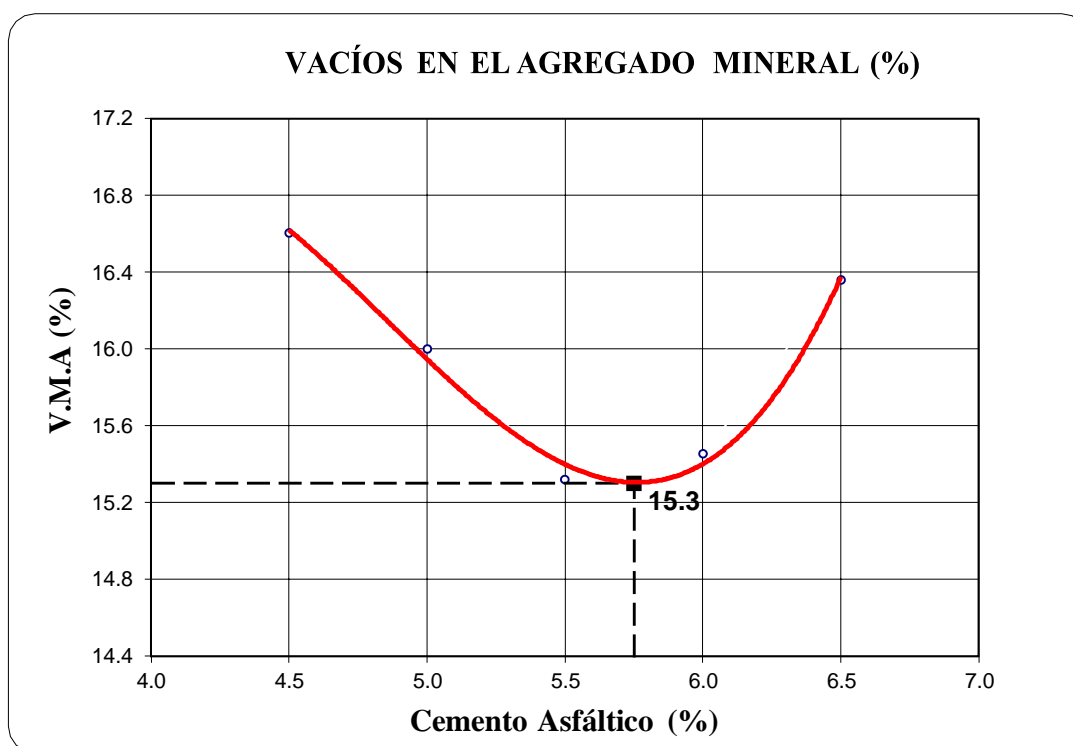
% C.A	Estabilidad
4.50	1036.480
5.00	1080.320
5.50	1109.333
6.00	1093.667
6.50	1026.200

Nota. Elaboración Propia.

En la figura N° 10 se muestra para el contenido óptimo de cemento asfáltico 5.71 % la Estabilidad es 1108 kg.

Figura 11

Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de VMA.



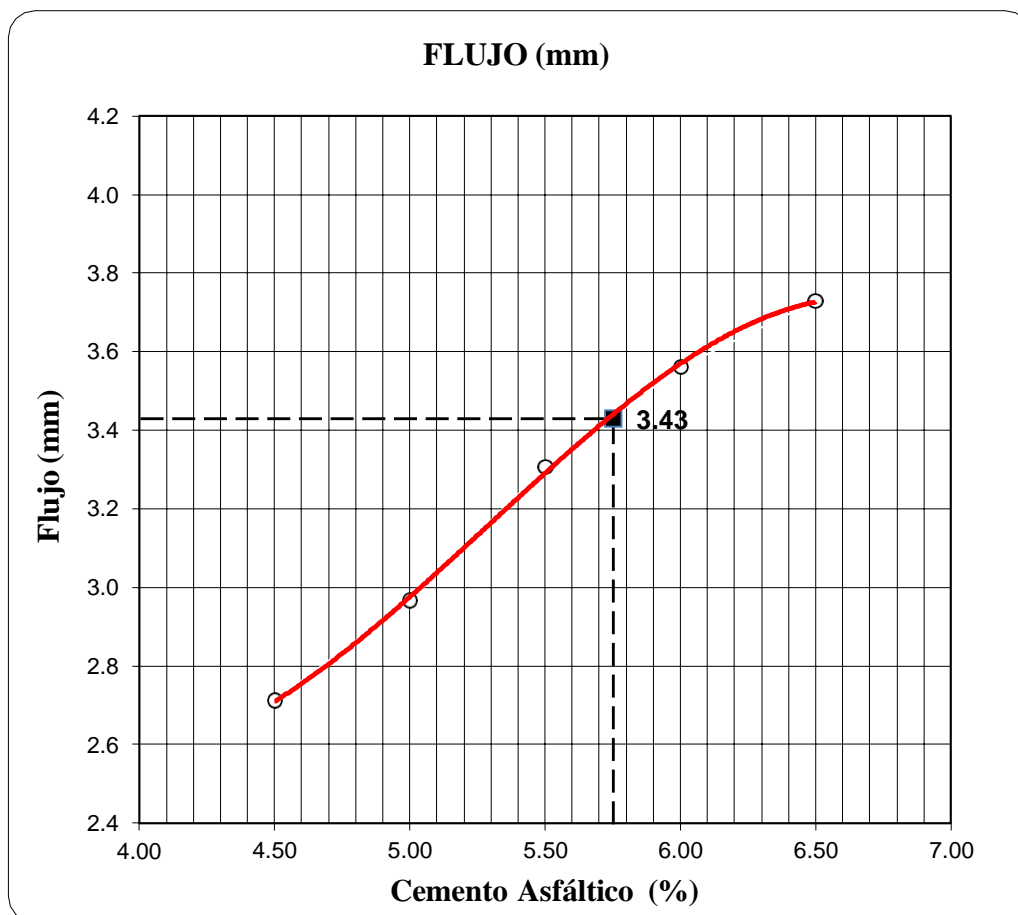
% C.A	V.M.A
4.50	16.606
5.00	15.999
5.50	15.319
6.00	15.454
6.50	16.361

Nota. Elaboración Propia.

En la figura N°11 se muestra para el contenido óptimo de cemento asfáltico 5.75 % el VMA es 15.30%.

Figura 12

Porcentaje de Cemento asfáltico vs flujo.



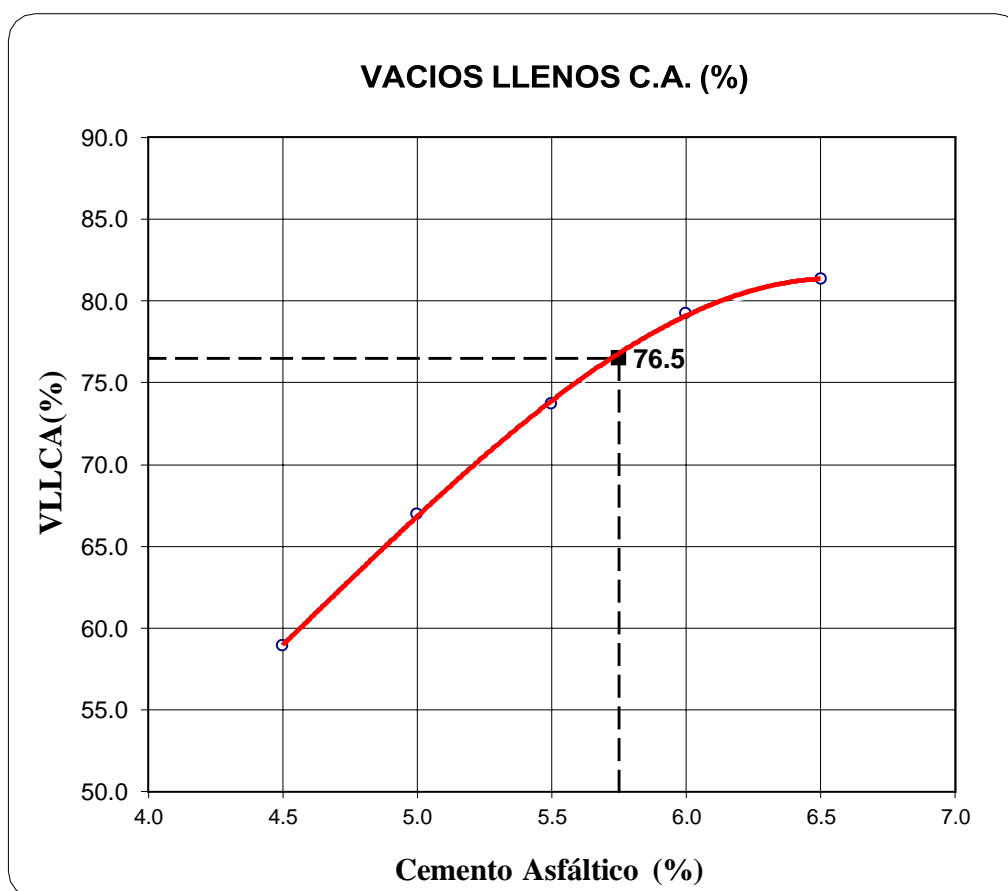
% C.A	Flujo
4.50	2.713
5.00	2.967
5.50	3.306
6.00	3.560
6.50	3.730

Nota. Elaboración Propia.

En la figura N° 12 se muestra para el contenido óptimo de cemento asfáltico 5.75% la fluencia es 3.43 mm.

Figura 13

Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de V.LL.C.A.



% C.A	V.LL.C.A
4.50	58.925
5.00	66.967
5.50	73.676
6.00	79.241
6.50	81.315

Nota. Elaboración Propia.

En el grafico N°13 se muestra para el contenido óptimo de cemento asfáltico 5.75%, un 76.50% de V.LL.C.A.

5.1.4. Ensayo de Peso Específico Rice-MTC E 508

"Este ensayo tiene como objetivo determinar el peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas para pavimento sin compactar" (Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.604).

Ya determinadas las proporciones de la mezcla asfáltica convencional, se va a mezclar una cantidad de 1500 gramos de acuerdo como indica en la tabla N°33.

Tabla 33

Requerimientos para el Tamaño de la Muestra.

Tamaño de la partícula de mayor tamaño en la Muestra M_m (pulg)	Muestra mínima (g)
50,0 (2)	6000
37,5(1 1/2)	4000
25,0 (1)	2500
19,0 (3/4)	2000
12,5 (1/2)	1500
9,5 (3/8)	1000
4,75 N°4	500

Nota. Tomado de Manual de Ensayos de Materiales,2016, p.604

Tabla 34

Proporciones de los Componentes de Mezcla Asfáltica convencional para Ensayo de Peso Específico Máximo Rice

Componentes		Mezcla asfáltica convencional
Grava Chancada (<3/4" -1/4")	(%)	38.0
Arena Chancada (<1/4" -0)	(%)	33.0
Arena zarandeada (<3/8" -0)	(%)	29.0
C.o de asfalto	(%)	4.5,5,5.5,6,6.5,5.75

Nota. Elaboración Propia.

5.1.4.1. Resultados Peso específico Rice

Tabla 35

Reporte de Resultados del Ensayo de Peso Específico Máximo Rice

Ligante (%)	Peso Específico Máximo (gr/cm³)
4.5	2.434
5	2.425
5.5	2.425
6	2.414
6.5	2.397
5.75	2.422

Nota. Elaboración Propia.

5.1.5. Ensayo de Lottman Modificado (AASHTO T-283)

La prueba de Lottman modificada es una prueba de tracción indirecta que mide la adhesión de agregados y / o componentes de mezcla y aglutinante de asfalto bajo cambios de temperatura y daños por humedad inducida.

En el manual de carretera EG-2013, puede encontrar los parámetros de resistencia a la conservación de la prueba de tracción indirecta a través de la prueba de Lottman modificado.

Tabla 36

Requisitos de Prueba de Tracción Indirecta Lottman Modificado

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		<3.000	>3.000*
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AAHTO T 283	-	80 mín.
* mayor a 3000 msnm y zonas húmedas ó lluviosas			
** grado inicial de desprendimiento			

Nota. Tomado de Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – EG-2013.

Tabla 37*Proporciones de los Componentes de Mezcla Asfáltica para Ensayo de Tracción Indirecta*

Componentes	Porcentajes
Grava Chancada	38.00%
Arena Chancada	33.00%
Arena Zarandeada	29.00%
Cemento Asfáltico	5.75

Nota. Elaboración propia.

5.1.6. Procedimiento

Primero, se determina la cantidad de mezcla requerida para el porcentaje de vacíos requerido en la prueba, que es $7 + -0.5\%$. En total 8 probetas para mezcla convencional. Todos estos cuerpos de prueba se someterán a pruebas de gravedad específica para confirmar el porcentaje de vacíos mencionado anteriormente según sea necesario.

La prueba se realiza en dos condiciones: seco y húmedo.

- Estado seco: Se preparan 4 probetas de conglomerado bituminoso convencional y se dejan enfriar a temperatura ambiente durante el tiempo necesario.
- Estado húmedo: Se preparan 4 probetas conglomerado bituminoso convencional, dejar enfriar y luego saturar al 55% y 80%, y pesarlas. Luego sellarlos en una bolsa de plástico y colocarlos a menos 18°C durante 16 horas.
- Finalmente, después del período de 24 horas, las muestras se sumergen en un baño de agua a 25°C junto con las muestras secas y las muestras se prueban bajo tensión de tracción indirecta.

Tabla 38*Resultado del Ensayo de Tracción Indirecta Lottman Modificado*

Parámetros Determinados	Requisitos	Mezcla asfáltica convencional	Validación
TSR (%)	80 mín.	81.6	Sí cumple.

Nota. Elaboración propia.

5.2. Mezclas Asfálticas Convencional con Adición Polímero Reciclado

5.2.1. Elaboración de las Probetas

El método experimental consiste en hacer muestras de asfalto modificado con el 1%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% de polímero reciclado al cemento asfáltico.

5.2.2. Condiciones de Mezcla Asfáltica Convencional Con Adición Polímero

Reciclado

Se ha utilizado la arena natural zarandeado de la cantera Tres Tomas, además las gravas y arena chancadas provenientes de la cantera en mención. El material resultante está constituido por el aporte en mezcla del siguiente modo:

5.2.2.1 Proporciones de Componentes

Tabla 39*Materiales de Diseño MAC-2*

Materiales	Características	Procedencia
Agregados Pétreos	Grava Chancada (<3/4" -1/4")	Cantera Tres Tomas
	Arena Chancada (<1/4" -0)	Cantera Tres Tomas
	Arena zarandeada (<3/8" -0)	Cantera Tres Tomas
Cemento Asfáltico	PEN 60/70	Refinería Conchán
Polímero Reciclado	PEBD Y PEAD (Bolsas plástica)	Industria de reciclaje –José Leonardo Ortiz

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 40*Dosificación para el Diseño de Marshall*

Componentes	Porcentajes
Grava Chancada	38.00%
Arena Chancada	33.00%
Arena Zarandeada	29.00%
Cemento Asfáltico	5.75 %
Polímero Reciclado	1%,2%,4%6%,8%,10% al peso del C. A

Nota. Elaboración Propia**5.2.2.2 Temperatura de Aplicación**

Las temperaturas de trabajo para las diversas etapas del procedimiento Marshall, fueron basadas en las recomendaciones del “Asphalt Institute”.

Tabla 41*Temperatura de Aplicación*

Actividad	Temperatura
Calentamiento Agregados	170 °C a 175 °C
Asfalto para Mezcla	170 °C a 175 °C
Compactación	165 °C a 170 °C

Nota. Elaboración Propia**5.2.2.3 Humedad de los agregados**

Deben estar en +/- 2.0 % min.

5.2.2.4 Energía de compactación.

La energía de compactación fue realizada con 75 golpes del martillo Marshall por fase en las probetas.

5.2.3. *Determinación del contenido óptimo de asfalto*

Para tomar esta determinación, se deben considerar las tres curvas que se muestran en la figura, y el contenido de asfalto se puede obtener a partir de la siguiente información detallada:

a. En la curva descendente de Vacíos totales (V_v) –vs- % Polímero Reciclado. se elige el porcentaje de Polímero reciclado. Ello nos dio el valor de 9.57 % Polímero reciclado.

b.– En la curva de Estabilidad vs-% Polímero Reciclado, se elige el porcentaje de cemento asfáltico referente al máximo valor de Estabilidad, que es 6.96 % Polímero Reciclado.

c. En la curva de Peso Específico –vs- %Polímero reciclado., se elige el porcentaje de cemento asfáltico referente al máximo valor de densidad, que es 5.22 % Polímero Reciclado.

Finalmente, tome el promedio aritmético de los tres valores obtenidos, es decir, el "mejor porcentaje posible". Para este valor, lea el valor correspondiente de cada uno de los seis atributos evaluados en el diseño de Marshall. Estos valores deben cumplir el mínimo y si el valor máximo no está disponible, se realizarán ajustes o cambios en todo el diseño.

Tabla 42

Porcentaje Óptimo Teórico

Parámetro	Valor Obtenido	Promedio
Vacíos totales (V_v %)	9.57	
Estabilidad (Kg)	6.96	7.25
Peso específico(gr/cm ³)	5.22	

Nota. Elaboración Propia.

Después de que C.A verificó el valor óptimo de% de polímero reciclado al 7.25%, se trazó el contenido óptimo de cemento asfáltico.

Tabla 43

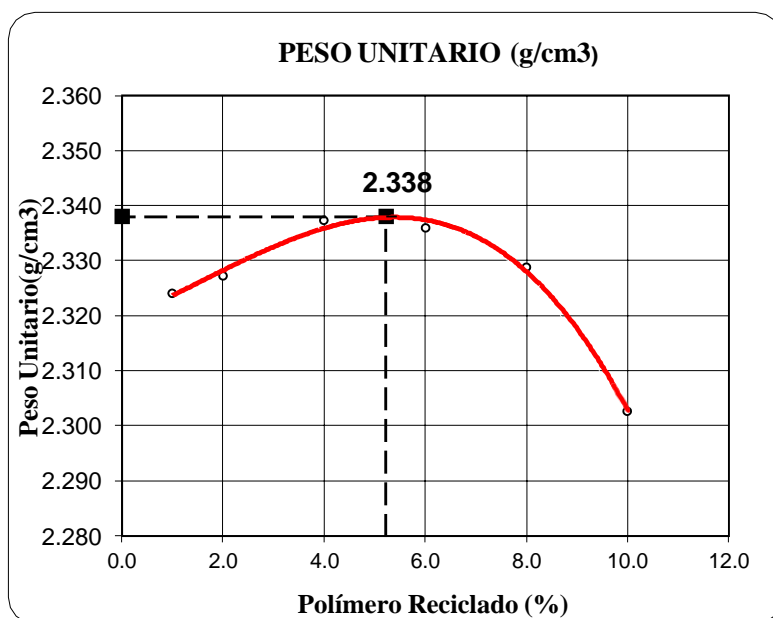
Porcentaje Óptimo del promedio de todos los gráficos

Parámetro	Valor Obtenido	Promedio
Vacíos totales (Vv %)	9.57	
Estabilidad (Kg)	6.96	
Peso específico(gr/cm ³)	5.22	6.73
V.M.A (%)	5.22	
Flujo (mm)	6.96	
V.LL.C.A (%)	6.43	

Nota. Elaboración Propia.

Figura 14

Porcentaje de Polímero Reciclado vs Peso específico



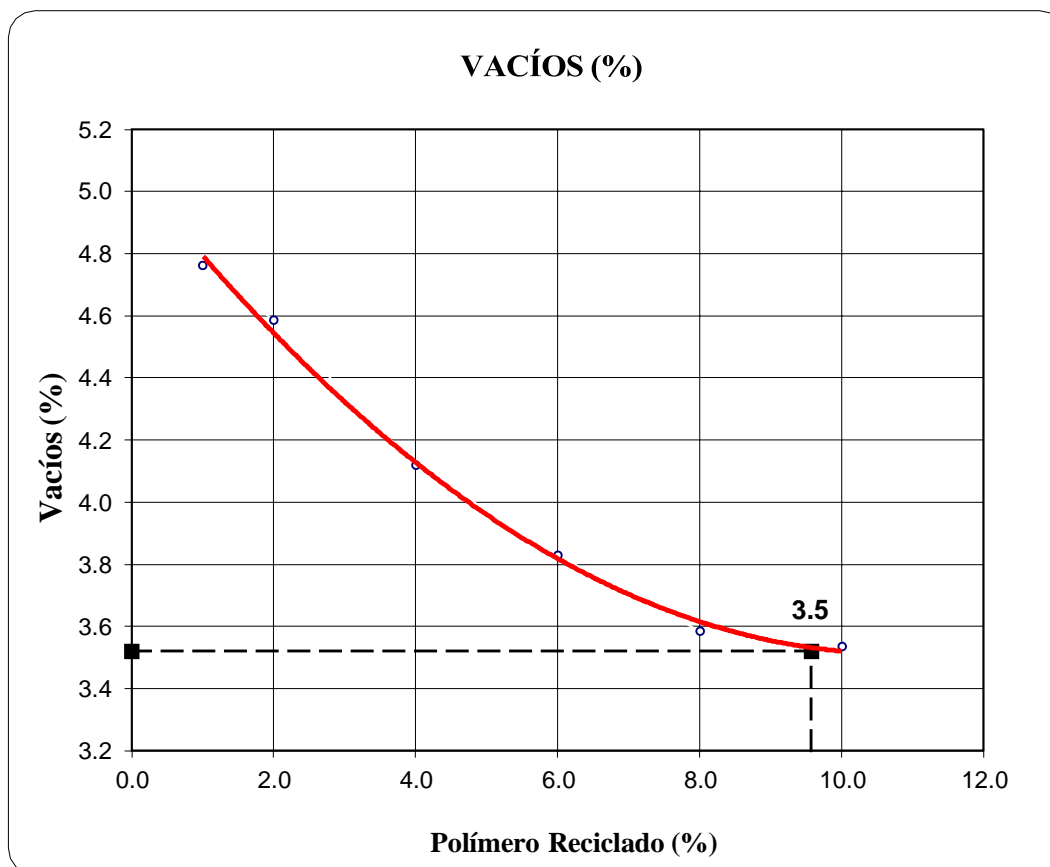
% Polímero Reciclado	P.U (g/cm³)
1	2.324
2	2.327
4	2.337
6	2.336
8	2.329
10	2.303

Nota. Elaboración Propia.

En la figura N° 14 se muestra para el contenido óptimo del polímero reciclado es 5.22% el peso específico es 2.338 g/cm³.

Figura 15

Porcentaje de Polímero Reciclado vs Porcentaje de Vacíos

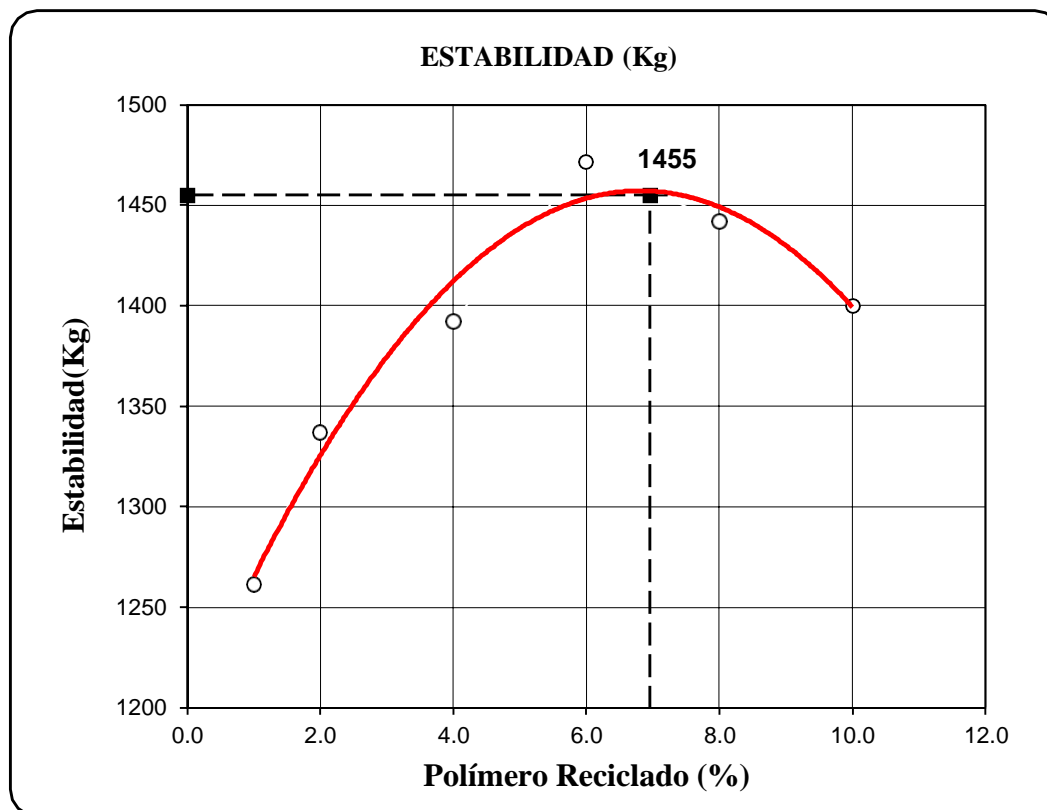


% Polímero Reciclado	% de Vacíos
1	4.8
2	4.6
4	4.1
6	3.8
8	3.6
10	3.5

En la figura N° 15 se muestra para el contenido óptimo de polímero reciclado 9.57% el porcentaje de vacíos es 3.5%.

Figura 16

Porcentaje de Polímero Reciclado vs estabilidad.



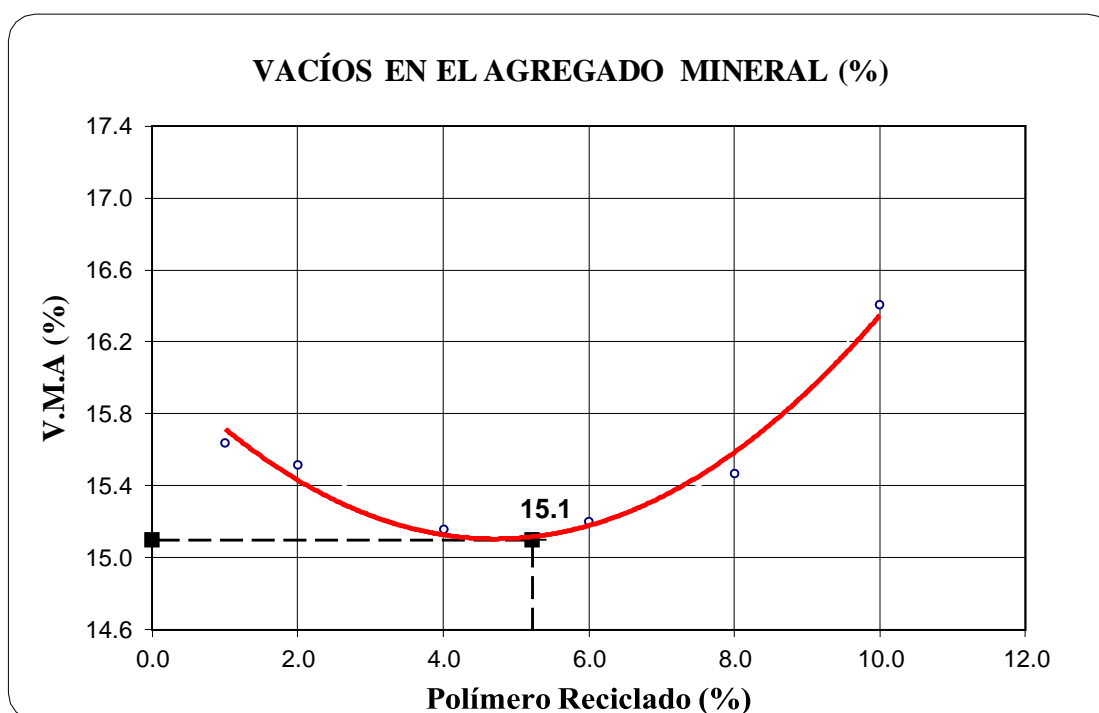
% Polímero Reciclado	Estabilidad (Kg)
1	1262
2	1337
4	1392
6	1472
8	1442
10	1400

Nota. Elaboración Propia.

En la figura N° 16 se muestra para el contenido óptimo del Polímero Reciclado 6.96 % la Estabilidad es 1455 kg.

Figura 17

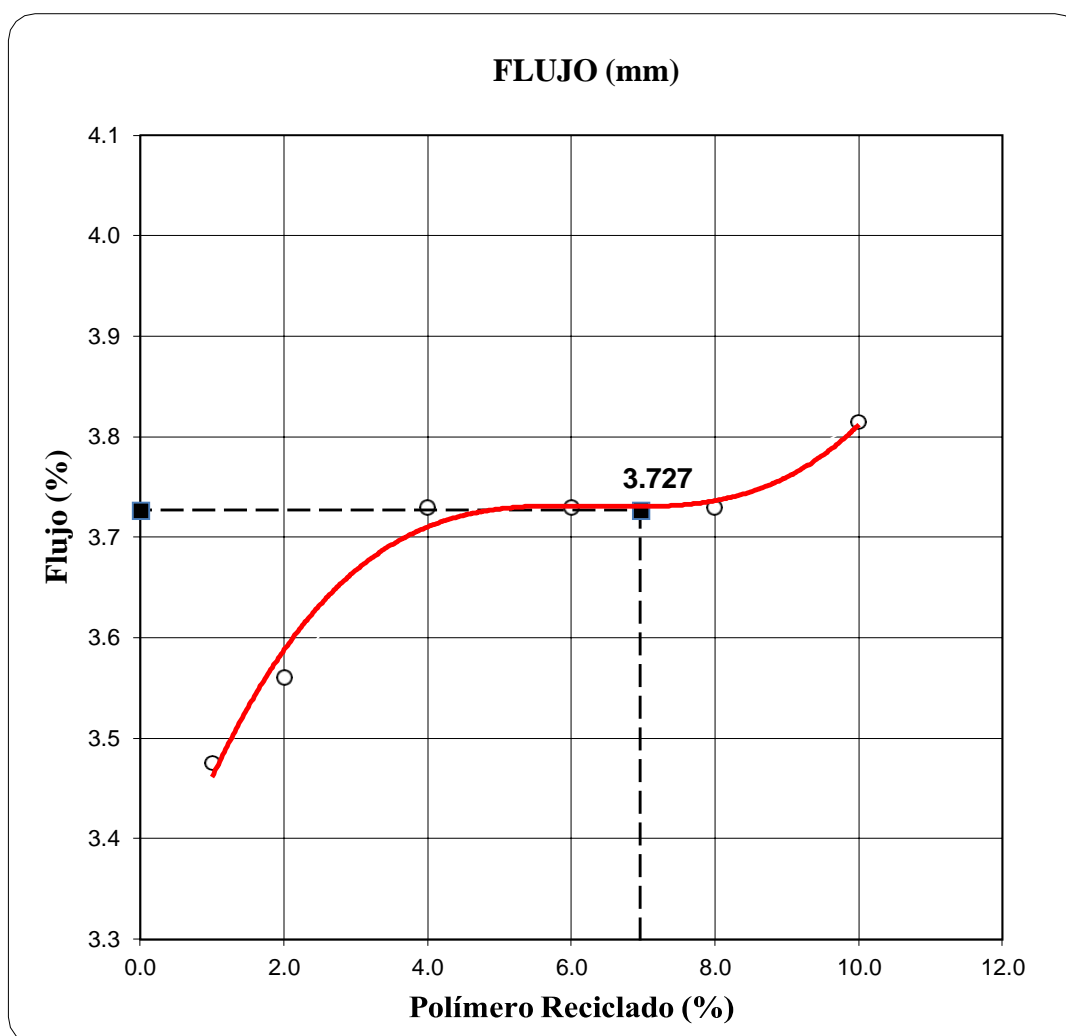
Porcentaje de Polímero Reciclado vs Porcentaje de VMA.



% Polímero Reciclado	V.M.A (%)
1	15.6
2	15.5
4	15.2
6	15.2
8	15.5
10	16.4

Nota. Elaboración Propia.

En la figura N°17 se muestra para el contenido óptimo de polímero reciclado 5.22 % el VMA es 15.1%.

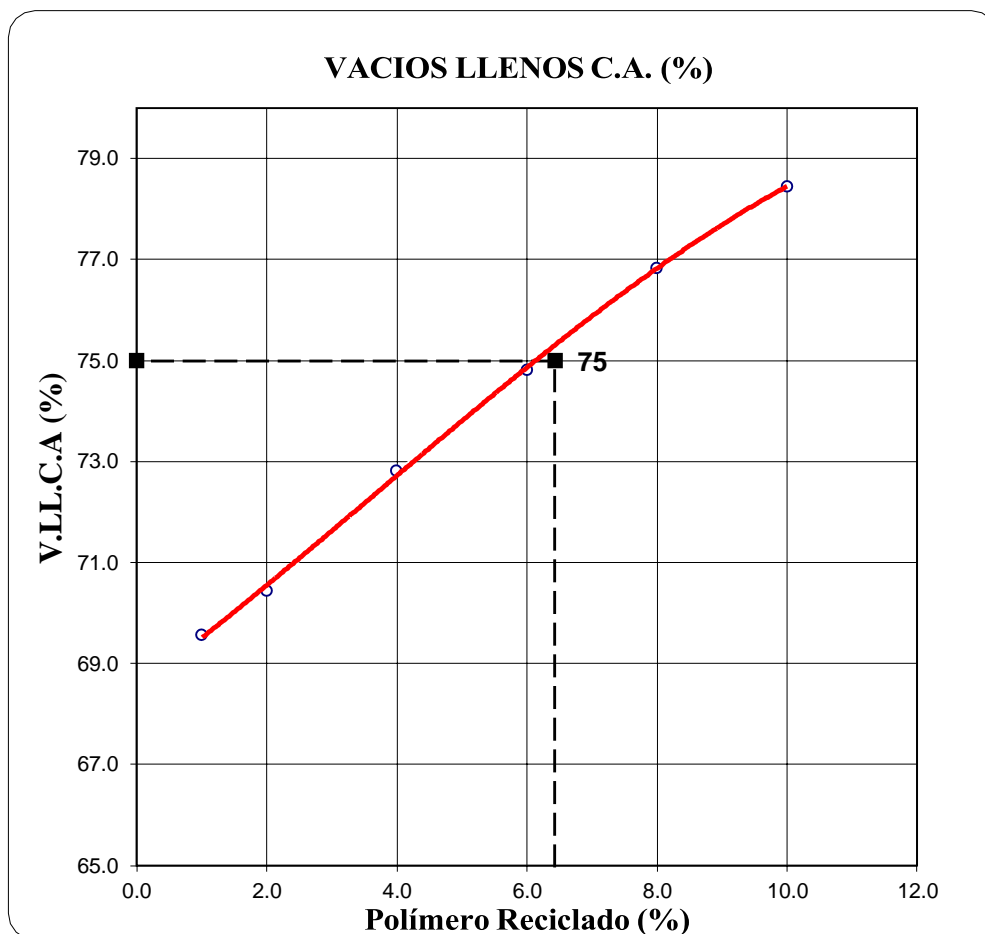
Figura 18*Porcentaje de Polímero Reciclado vs flujo.*

% Polímero Reciclado	Flujo
1	3.5
2	3.6
4	3.7
6	3.7
8	3.7
10	3.8

En la figura N° 18 se muestra para el contenido óptimo de polímero Reciclado 6.96% la fluencia es 3.727 mm.

Figura 19

Porcentaje de Polímero Reciclado vs Porcentaje de V.LL.C.A.



% Polímero Reciclado	V.LL.C.A
1	69.6
2	70.4
4	72.8
6	74.8
8	76.8
10	78.5

Nota. Elaboración Propia.

En el gráfico N°19 se muestra para el contenido óptimo de polímero reciclado 6.43%, un 75% de V.L.L.C.A.

5.2.4. Ensayo de Peso Específico Rice-MTC E 508

"Este ensayo tiene como objetivo determinar el peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas para pavimento sin compactar" (Manual de Ensayos de Materiales, 2016, p.604).

Ya determinadas las proporciones de la mezcla asfáltica convencional con adición polímero reciclado, se procede a mezclar una cantidad de 1500 gramos de acuerdo como indica en la tabla N°44.

Tabla 44

Requerimientos para el Tamaño de la Muestra

Tamaño de la partícula de mayor tamaño en la Muestra Mm (pulg)	Muestra mínima (g)
50,0 (2)	6000
37,5(1 1/2)	4000
25,0 (1)	2500
19,0 (3/4)	2000
12,5 (1/2)	1500
9,5 (3/8)	1000
4,75 N°4	500

Nota. Tomado de Manual de Ensayos de Materiales, 2016, p.604

Tabla 45

Proporciones de las Componentes de Mezcla Asfáltica Convencional con Adición de Polímero Reciclado para Ensayo de Peso Específico Máximo Rice

Componentes	Mezcla asfáltica convencional con adición de polímeros reciclados
Grava Chancada (<3/4" -1/4") (%)	38.0
Arena Chancada (<1/4" -0) (%)	33.0
Arena zarandeada (<3/8" -0) (%)	29.0
C.o de asfalto (%)	5.75
Polímero Reciclado (%)	1,2,4,6,8,10,6.73

Resultados Peso específico Rice

Tabla 46

Reporte de Resultado del Ensayo de Peso Especifico Máximo Rice

Polímero Reciclado (%)	Peso Especifico Máximo (gr/cm3)
1	2.440
2	2.430
4	2.438
6	2.429
8	2.415
10	2.387
6.73	2.419

Nota. Elaboración Propia.

5.2.5. Ensayo de Lottman Modificado (AASHTO T-283)

La prueba de Lottman modificada es una prueba de tracción indirecta que se utiliza para medir la adhesión de agregados y / o componentes de la mezcla al aglutinante de asfalto bajo daño causado por cambios de temperatura y humedad.

En el manual de carretera EG-2013, puede encontrar los parámetros de resistencia a la conservación de la prueba de tracción indirecta a través de la prueba de Lottman modificado.

Tabla 47

Requisitos de Prueba de Tracción Indirecta Lottman Modificado

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		<3.000	>3.000*
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AAHTO T 283	-	80 mín.

* mayor a 3000 msnm y zonas húmedas ó lluviosas

** grado inicial de desprendimiento

Nota. Tomado de Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción –

EG-2013

Tabla 48

Proporciones de los Componentes de Mezcla Asfáltica para Ensayo de Tracción Indirecta

Componentes	Mezcla asfáltica convencional Modificado con Polímero Reciclado
Grava triturada 5/8" a 3/8" (%)	38.0
Gravilla triturada 3/8" a 1/4" (%)	33.0
Arena triturada 1/4 "a 0 (%)	29.0
Arena natural 3/8" a 0 (%)	8.00
C.o de asfalto (%)	5.75
Polímero reciclado (%)	6.73

Nota. Elaboración propia.

5.2.6. Procedimiento

Primero, se elabora la cantidad de mezcla requerida para el porcentaje de vacíos requerido en la prueba, que es $7 + -0.5$. En total 8 probetas para mezcla convencional con adición polímero reciclado. Todos estos cuerpos de prueba se someterán a una prueba de gravedad específica para confirmar el porcentaje de vacíos mencionado anteriormente según sea necesario.

La prueba se realiza en dos condiciones: seco y húmedo.

- Estado seco: Se preparan 4 probetas de conglomerado bituminoso convencional con adición de polímero reciclado y se dejan enfriar a temperatura ambiente durante el tiempo necesario.
- Estado húmedo: Se preparan 4 probetas conglomerado bituminoso convencional con adición de polímero reciclado, dejar enfriar y luego saturar al 55% y 80%, y pesarlas. Luego sellarlos en una bolsa de plástico y colocarlos a menos 18 ° C durante 16 horas.
- Finalmente, después del período de 24 horas, las muestras se sumergen en un baño de agua a 25 ° C junto con las muestras secas y las muestras se prueban bajo tensión de tracción indirecta.

Tabla 49*Resultado del Ensayo de Tracción Indirecta Lottman Modificado*

Parámetros Determinados	Requisitos	Mezcla asfáltica convencional con adición Polímero	Validación
TSR (%)	80 mín.	Reciclado 92.7	Sí cumple.

Nota. Elaboración propia.

Capítulo VI. Análisis y Comparativo de los Resultados

6.1. Diseño de Mezclas Asfálticas

6.1.1. Ensayo Marshall MTC E-504

6.1.1.1. Peso Específico (g/cm³)

Tabla 50

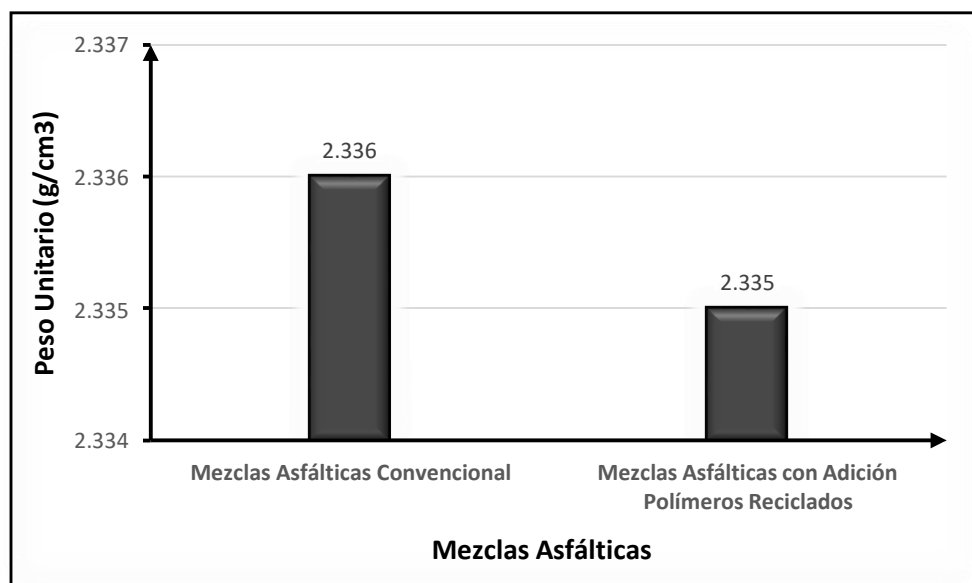
Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adición de Polímeros Reciclados –Peso Unitario (g/cm³).

Mezclas Asfálticas	Peso Unitario (g/cm ³)	Requisitos	Validación
Mezclas Asfálticas Convencional	2.336	-----	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	2.335	-----	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 20

Peso Unitario (g/cm³)



Nota. Elaboración Propia.

6.1.1.2. Porcentajes de Vacíos (%)

Tabla 51

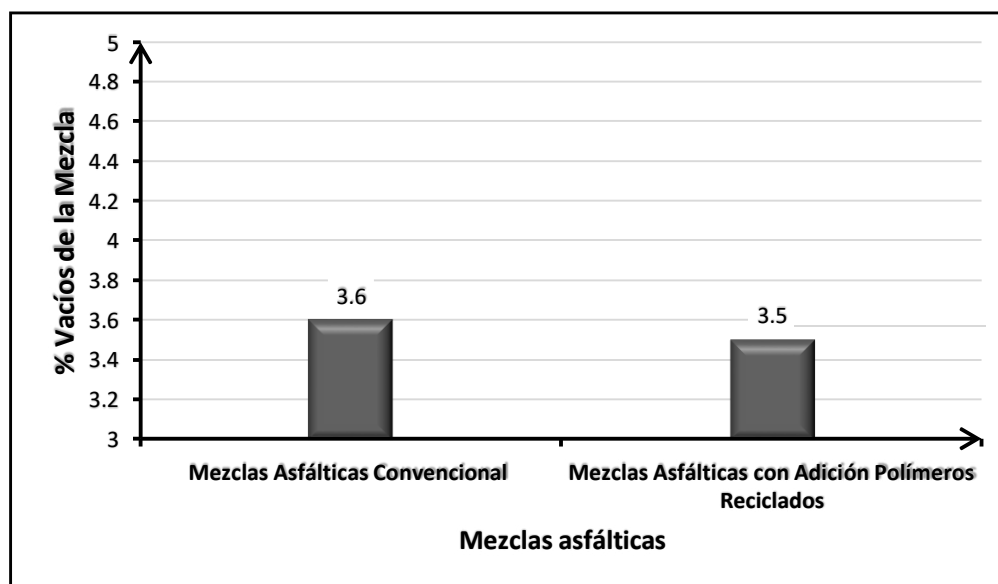
Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adición de Polímeros Reciclados –Vacíos de la Mezcla (%).

Mezclas Asfálticas	% Vacíos de la Mezcla	Requisitos	Validación
Mezclas Asfálticas Convencional	3.6	3-5	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	3.5	3-5	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 21

% Vacíos de la Mezcla



Nota El valor de vacíos (%) de la mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica modificada cumple con los requisitos detallados en la Especificación Técnica General de Construcción del Manual de Carreteras EG-2013. Elaboración propia.

6.1.1.3. Estabilidad (Kg)

Tabla 52

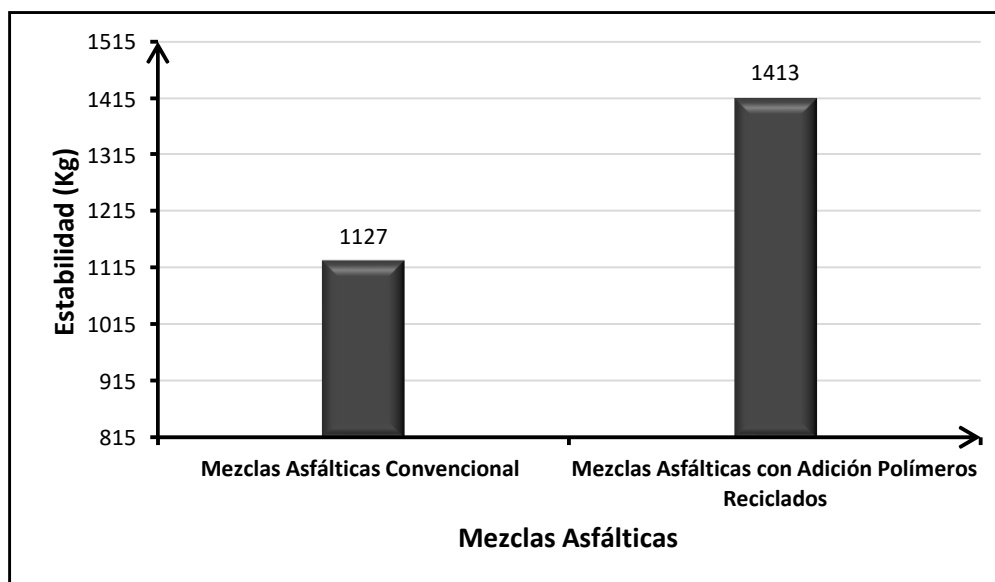
Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con adición de Polímeros Reciclados –Estabilidad (Kg).

Mezclas Asfálticas	Estabilidad (Kg)	Requisitos	Validación
Mezclas Asfálticas Convencional	1127	830.05 min.	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	1413	830.05 min.	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 22

Estabilidad (Kg)



Nota. El valor de estabilidad (Kg) de la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica modificada cumple con los requisitos detallados en la Especificación Técnica General de Construcción del Manual de Carreteras EG-2013. Elaboración propia.

6.1.1.4. Vacíos en el Agregado Mineral (%)

Tabla 53

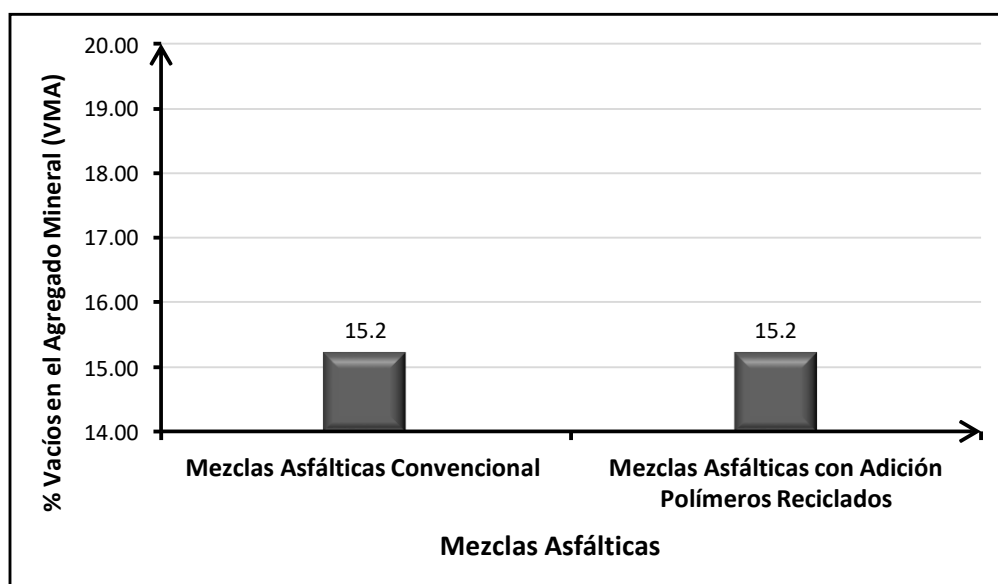
Cuadro Comparativo de la Mezclas Asfálticas Convencional y con Adición de Polímeros Reciclados –Vacíos en el Agregado Mineral (%)

Mezclas Asfálticas	% Vacíos en el Agregado Mineral	Requisitos	Validación
Mezclas Asfálticas Convencional	15.2	14 min.	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	15.2	14 min.	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 23

% Vacíos en el Agregado Mineral



Nota. El (%) de vacíos en el agregado mineral de mezcla de asfalto convencional y mezcla de asfalto modificado cumple con los requisitos detallados en la Especificación Técnica General de Construcción del Manual de Carreteras EG-2013. Elaboración propia.

6.1.1.5. Flujo(mm)

Tabla 54

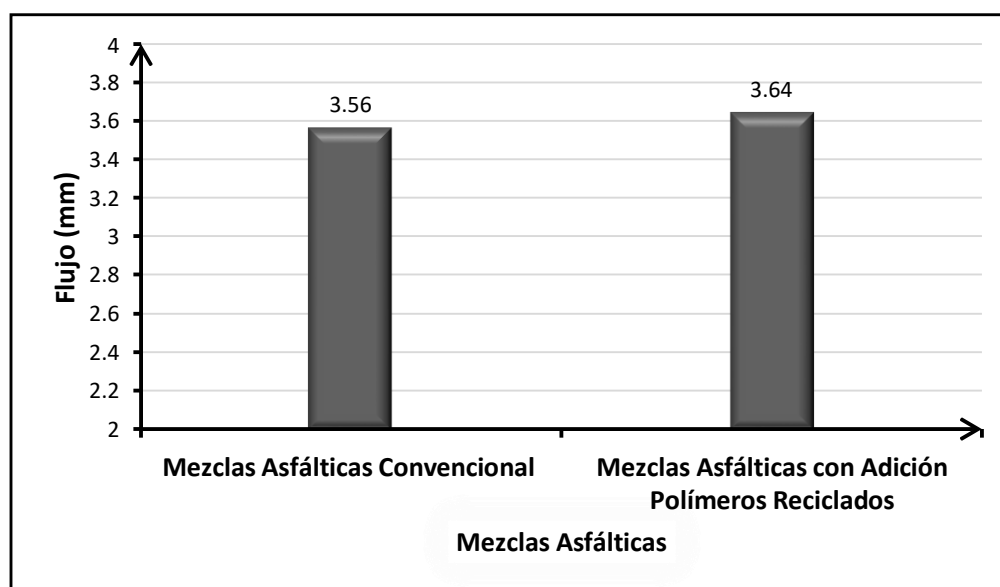
Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adición de Polímeros Reciclados –Flujo (mm).

Mezclas Asfálticas	Flujo	Requisitos Validación	
Mezclas Asfálticas Convencional	3.56	2-4	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	3.64	2-4	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 24

Flujo (mm)



Nota. El valor de flujo (mm) de la mezcla de asfalto convencional y la mezcla de asfalto modificado cumple con los requisitos detallados en la Especificación Técnica General de Construcción del Manual de Carreteras EG-2013. Elaboración propia.

6.1.1.6. Porcentajes Vacíos Llenos con Asfalto (%)

Tabla 55

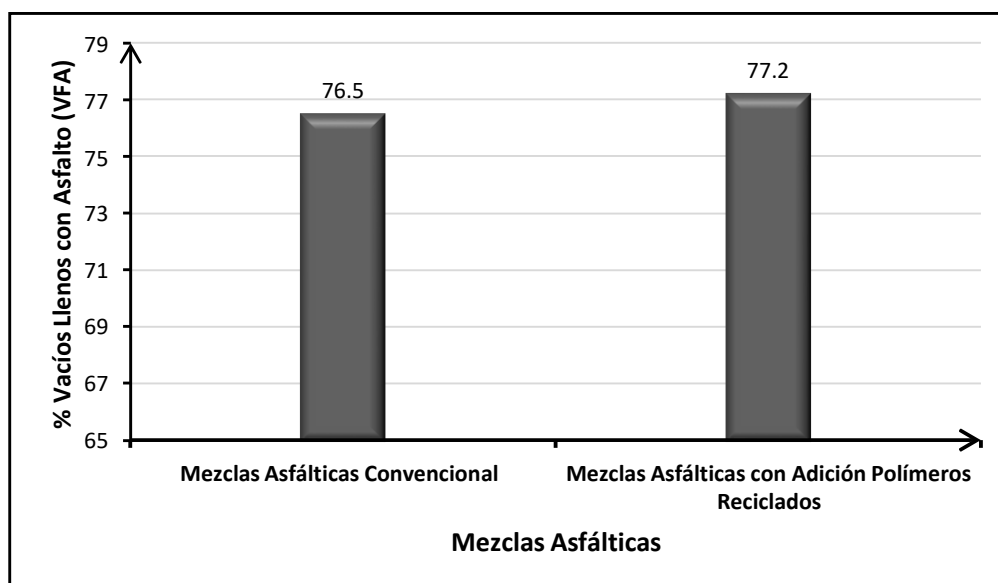
Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adición de Polímeros Reciclados – Vacíos Llenos con Asfalto (%)

Mezclas Asfálticas	% Vacíos Llenos con Asfalto VFA	Requisitos Validación	
Mezclas Asfálticas Convencional	76.5	----	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	77.2	----	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 25

Vacíos Llenos con Asfalto (%)



Nota. Elaboración Propia.

6.1.1.7. Estabilidad Retenida (%)

Tabla 56

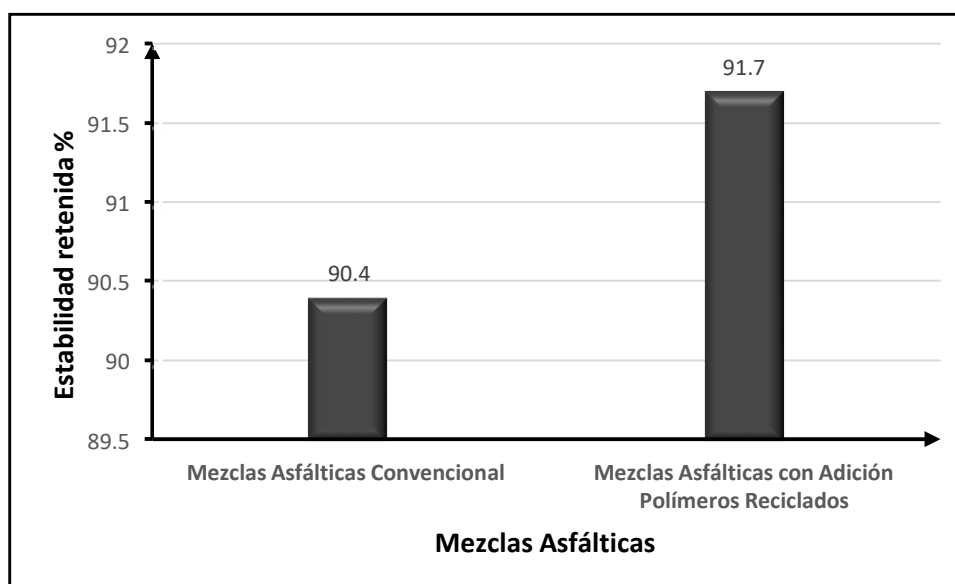
Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adición de Polímeros Reciclados –Estabilidad Retenida (%).

Mezclas Asfálticas	Estabilidad Retenida %	Requisitos	Validación
Mezclas Asfálticas Convencional	90.4	75 min.	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	91.7	75 min.	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 26

Estabilidad Retenida %



Nota. Los valores de estabilidad de retención (%) de la mezcla asfáltica tradicional y la mezcla asfáltica modificada cumplen con los requisitos detallados en la Especificación Técnica General de Construcción del Manual de Carreteras EG-2013. Elaboración propia.

6.1.1.8. Índice de Compatibilidad

Tabla 57

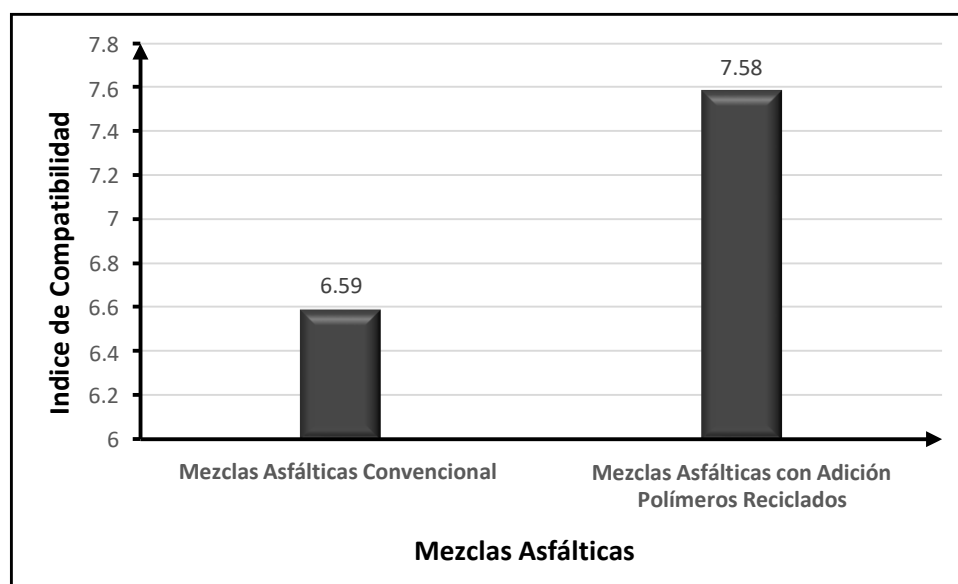
Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adición de Polímeros Reciclados –Índice de Compatibilidad.

Mezclas Asfálticas	Índice de Compatibilidad	Requisitos	Validación
Mezclas Asfálticas Convencional	6.59	5 min.	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	7.58	5 min.	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 27

Índice de Compatibilidad



Nota. Los valores del índice de compatibilidad de las mezclas asfálticas convencionales y las mezclas asfálticas modificadas cumplen con los requisitos detallados en la Especificación Técnica General de Construcción del Manual de Carreteras EG-2013. Elaboración propia.

6.1.1.9. *Peso Específico Máximo (g/cm³)*

Tabla 58

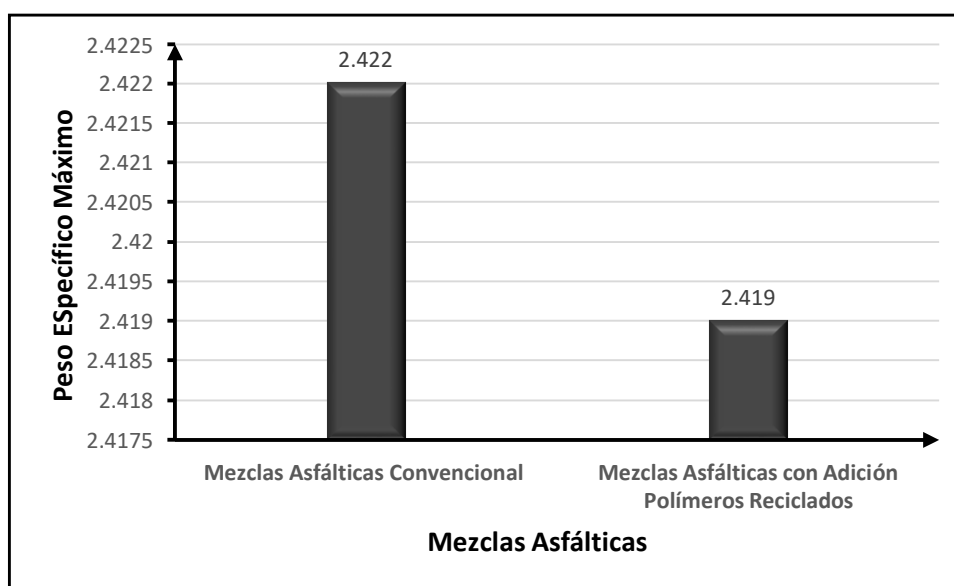
Cuadro Comparativo de las Mezclas Asfálticas Convencional y con Adición de Polímeros Reciclados –Índice de Peso Específico Máximo

Mezclas Asfálticas	Peso Específico Máximo	Requisitos	Validación
Mezclas Asfálticas Convencional	2.422	-----	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	2.419	-----	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 28

Peso Específico Máximo



Nota. Elaboración Propia.

Tabla 59*Análisis de los Resultados del Diseño de Mezclas Asfáltica Convencional*

Ensayos	Resultado	Especificaciones	Observaciones
Contenido Optimo de Asfalto PEN 60/70	5.75%	+/- 0.3 %	
Peso Unitario (kg/m ³)	2.336	-----	
Vacíos de Aire (%)	3.6	3 – 5 %	Cumple
V.M.A. (%)	15.2	14.0 min	Cumple
Vacíos Llenos con C.A.	76.5	-----	
Flujo (mm.)	3.56	2 – 4 mm	Cumple
Estabilidad (Kg)	1127	815 min	Cumple
Estabilidad / Flujo (kg/cm)	3165	1700 - 3500	Cumple
Relación Filler/ Bitumen	1.00	0.6 - 1.3	Cumple
Índice de Compactibilidad	6.59	5.0 min	Cumple
Estabilidad Retenida 24 horas	90.4	75. min	Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 60

Análisis de los Resultados del Diseño de Mezclas Asfáltica Convencional Con Adición Polímeros Reciclados.

Ensayos	Resultado	Especificaciones	Observaciones
Contenido Optimo de Polímero	6.73%	+/- 0.3 %	
Peso Unitario (kg/m ³)	2.335	Cumple
Vacíos de Aire (%)	3.5	3 – 5 %	Cumple
V.M.A. (%)	15.2	14.0 min	Cumple
Vacíos Llenos con C.A.	77.2		
Flujo (mm.)	3.64	2 – 4 mm	Cumple
Estabilidad (Kg)	1413	815 min	Cumple
Estabilidad / Flujo (kg/cm)	3878	1700 - 3500	Cumple
Relación Filler/ Bitumen	1.00	0.6 - 1.3	Cumple
Índice de Compactibilidad	6.59	5.0 min	Cumple
Estabilidad Retenida 24 horas	90.4	70. min	Cumple

Nota. Elaboración Propia.

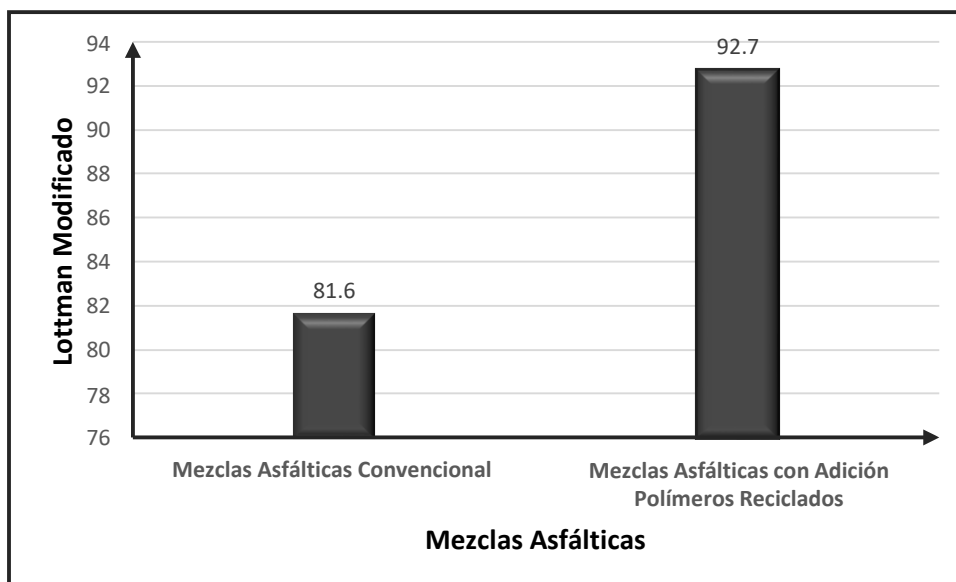
6.1.2. Tracción Indirecta –Lottman Modificado

Tabla 61

Análisis de los Resultados del Diseño de Mezclas Asfáltica Con Adición Polímeros Reciclados

Mezclas Asfálticas	Lottman Modificado	Requisitos	Validación
Mezclas Asfálticas Convencional	81.6	80 min.	Sí Cumple
Mezclas Asfálticas con Adición Polímeros Reciclados	92.7	80 min.	Sí Cumple

Nota. Elaboración Propia.

Figura 29*Tracción Indirecta-Lottman Modificado*

Nota. Los valores de Lottman Modificado Tanto la mezcla de asfalto convencional como la mezcla de asfalto modificado cumplen con los requisitos detallados en la Especificación Técnica General de Construcción del Manual de Carreteras EG-2013.

6.2. Análisis Comparativo de las Propiedades de la Mezcla de Asfalto Convencional con la Mezcla de Asfalto con Polímero Reciclado.

Una comparación de las propiedades mecánicas de la mezcla de asfalto convencional y la mezcla de asfalto con polímero reciclado en él se muestra un contenido óptimo de polímero reciclado de 6.73% en peso del contenido de asfalto en la tabla N°62.

Tabla 62

Comparación de la mezcla de asfalto convencional con las propiedades de la mezcla de asfaltos con polímero reciclado.

Propiedades	Convencional 5.75 % óptimo de asfalto	6.73% Polímero reciclado por peso del contenido óptimo de asfalto	Cambio porcentual (%)
Estabilidad (kg)	1127	1413	+25.38
Flujo (mm)	3.56	3.64	+2.25
Peso Unitario (gr/cm ³)	2.336	2.335	-0.042
Vacíos (%)	3.6	3.5	-2.78
V.M.A (%)	15.2	15.2	0.00
V.LL.C.A (%)	76.5	77.2	+0.92
Lottman Modificado (%)	81.6	92.7	+13.6

Nota. Elaboración Propia.

La Tabla 62 muestra que la mezcla asfáltica modificada con 6.73% residuos plásticos del contenido óptimo de asfalto mejoraría significativamente la estabilidad en 25.38%, flujo en 2.25% y tracción indirecta en 13,6%. Esta mejora puede explicarse por la adherencia mejorada desarrollado entre asfalto y residuos plásticos recubiertos agregados causados por la unión intermolecular que mejoran la resistencia de la mezcla de asfalto. Esto se reflejaría en la mayor durabilidad y estabilidad de la mezcla asfáltica que conduciría a mejorar la resistencia del pavimento a la fatiga agrietamiento y deformación permanente. Además, la Tabla 62 muestra que los valores de los pesos unitarios para las dos mezclas asfálticas son aproximadamente igual, el porcentaje los vacíos llenos de cemento asfáltico (V.LL.C. A) aumentó ligeramente en 0.92% y el porcentaje de Vacíos disminuyó en 2.78%.

Capítulo VII: Análisis Económico

7.1. Objetivo General

El presente análisis económico tiene como objetivo cuantificar económicamente la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica con polímeros reciclados.

7.2. Objetivo Específico

Costo de producción por m³ de la mezcla asfáltica: Convencional y con Polímeros Reciclados.

7.3. Desarrollo del Análisis de Costo Unitario

Basados en los resultados obtenidos en capítulos anteriores utilizamos los porcentajes óptimos de cemento asfáltico y polímeros reciclados para calcular cantidades necesarios para producir un metro cubico de mezcla asfáltica.

Asimismo, se han considerado otros recursos obligatorios para la producción masiva asfalto, tales como

- Equipos: un cargador frontal, un grupo electrógeno, planta de asfalto, caldero, tolva de alimentación, tanque de 13000 Gln.
- Materiales: cemento asfáltico, combustible, polímeros reciclados(plásticos)
- Mano de obra: peones, operadores (incluidos en costo del alquiler de equipos)

7.3.1. Porcentajes Óptimos

7.3.1.1. *Mezcla Asfáltica Convencional*

* Porcentaje Optimo de Cemento Asfáltico = 5.75%

7.3.1.2. *Mezcla Asfáltica Con Polímeros reciclados*

* Porcentaje Optimo de Cemento Asfáltico = 5.363%

* Porcentaje Optimo de Polímero Reciclado = 0.395%

* Porcentaje Optimo Polímero Reciclado respecto del Cemento Asfáltico =6.73%

7.3.2. *Cantidades por m3 (compactos) de mezcla asfáltica*

7.3.2.1. *Mezcla Asfáltica Convencional*

7.3.2.1.1. *Cemento Asfáltico (C.A)*

(1) P.U Mezcla t/m3	=	2.336
(2) % Optimo de C.A	=	5.75%
(3) Cantidad C.A en t/m3 (1) x (2)	=	0.13432
(4) Cantidad C.A en Kg/m3 (3) x1000	=	134.32
(5) Cantidad C.A en gal/m3 (4) x0.264	=	35.46

7.3.2.2. *Mezcla Asfáltica Con Polímeros reciclados*

7.3.2.2.1. *Cemento Asfáltico (C.A)*

(1) P.U Mezcla t/m3	=	2.335
(2) % Optimo de C.A	=	5.3550%
(3) Cantidad C.A en t/m3 (1) x (2)	=	0.12504
(4) Cantidad C.A en Kg/m3 (3) x1000	=	125.03925
(5) Cantidad C.A en gal/m3 (4) x0.264	=	33.01

7.3.2.2.2. *Polímero Reciclado (P.R)*

(1) P.U Mezcla t/m3	=	2.335
(2) % Optimo de P.R	=	0.40%
(3) Cantidad P.R en t/m3 (1) x (2)	=	0.00922
(4) Cantidad P.R en Kg/m3 (3) x1000	=	9.22

Nota:

- Factor de conversión kg/t = 1000

- Factor de conversión gal/kg = 0.264

7.3.3. Análisis de Costos Unitarios de Partidas

Tabla 63
Fabricación de Mezcla Asfáltica Convencional

<u>P-01</u>	Fabricación de MAC Convencional Tasa 5.75%	M3	16,456.53		Rendimiento	M3/DIA
Código	Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Costo S/
Mano de Obra						
<u>MO-01</u>	PEON	HH	6.00	0.15	11.64	1.75
	SUBTOTAL					1.75
Material						
				134.32		
<u>MA-02</u>	Cemento Asfáltico PEN 60/70	KGS			2.14	287.58
<u>MA-04</u>	Combustible GASOLEO	GLN		2.70	8.60	23.22
-						
<u>ER-01</u>	Herramientas	%		3.00	1.75	0.05
	SUBTOTAL					310.85
Equipos						
<u>SP-01</u>	CARGADOR FRONTAL, 180HP, 2.8 M3 PTA. ASFALTO	HM	1.00	0.03	253.99	6.35
	GRUPOS ELECTROGENOS MAYORES DE 30 KW,					
<u>SP-02</u>	490HP, 365KW	HM	1.00	0.03	177.07	4.43
<u>SP-03</u>	GRUPO ELECTROGENO 56KW, 75 HP, 56 KVA	HM	2.00	0.05	46.73	2.34
<u>SP-04</u>	PLANTA DE ASFALTO, 200HP, 110 TPH	HM	1.00	0.03	796.90	19.92
<u>SP-05</u>	CALDERO 8.5HP 2,000,000 BTUPH	HM	3.00	0.08	161.10	12.08
<u>SP-06</u>	TOLVA DE ALIMENTACION 15M3 7.5HP	HM	1.00	0.03	12.06	0.30
<u>SP-07</u>	Tanque 13,000gln	HM	3.00	0.08	6.66	0.50
	SUBTOTAL					45.92
Insumos Equipos						
<u>ER-02</u>	Aceite térmico	GL		1.00	4.20	4.20
	SUBTOTAL					4.20
COSTO DIRECTO (EN S/)						362.72

Nota. Precios a marzo 2021, Elaboración Propia.

Tabla 64
Fabricación de Mezcla Asfáltica Convencional con Adición de Polímeros Reciclados

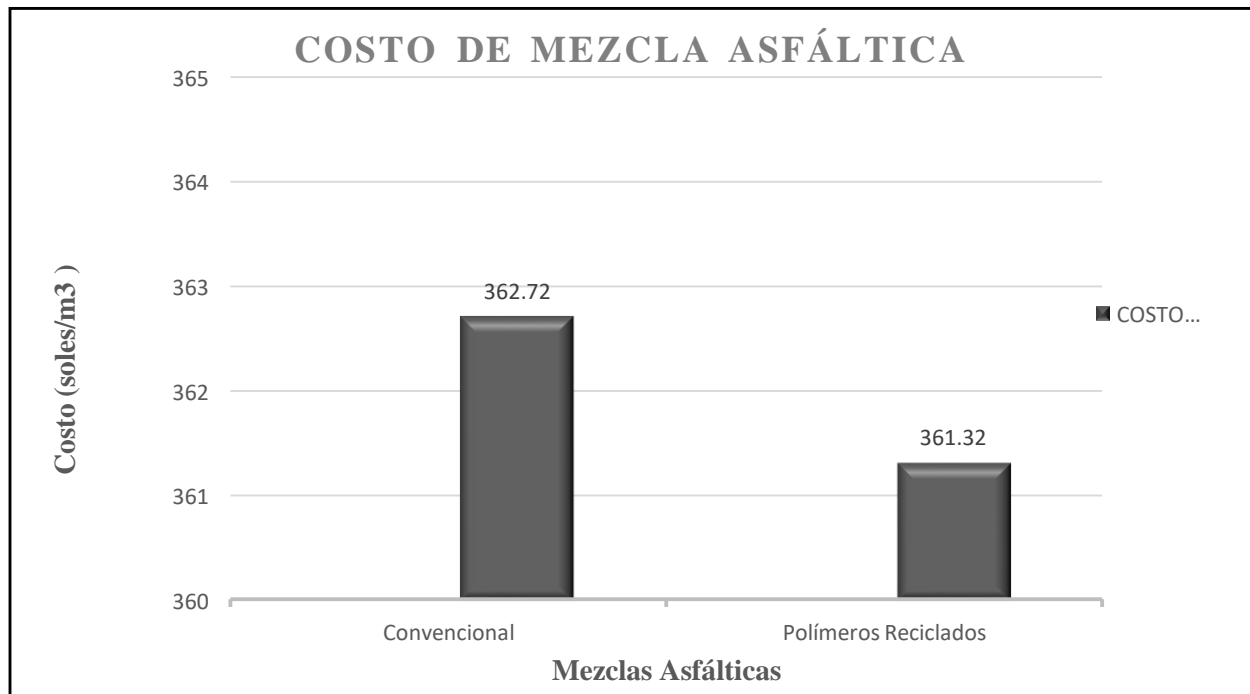
<u>P-02</u>	Fabricación de MAC con polímero 6.73% de Tasa C.A5.35%	M3	18,451.15		Rendimiento	M3/DIA
Código	Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Costo S/
Mano de Obra						
<u>MO-01</u>	PEON	HH	6.00	0.15	11.64	1.75
	SUBTOTAL					1.75
Material						
<u>MA-01</u>	Polímero reciclado	KG		9.04	2.00	18.07
<u>MA-02</u>	Cemento Asfáltico PEN 60/70	KGS		125.23	2.14	268.11
<u>MA-04</u>	Combustible GASOLEO	GLN		2.70	8.60	23.22
-						
<u>ER-01</u>	Herramientas	%		3.00	1.75	0.05
	SUBTOTAL					309.45
Equipos						
<u>SP-01</u>	CARGADOR FRONTAL, 180HP, 2.8 M3 PTA. ASFALTO	HM	1.00	0.03	253.99	6.35
<u>SP-02</u>	GRUPOS ELECTROGENOS MAYORES DE 30 KW, 490HP, 365KW	HM	1.00	0.03	177.07	4.43
<u>SP-03</u>	GRUPO ELECTROGENO 56KW, 75 HP, 56 KVA	HM	2.00	0.05	46.73	2.34
<u>SP-04</u>	PLANTA DE ASFALTO, 200HP, 110 TPH	HM	1.00	0.03	796.90	19.92
<u>SP-05</u>	CALDERO 8.5HP	HM	3.00	0.08	161.10	12.08
<u>SP-06</u>	TOLVA DE ALIMENTACION 15M3 7.5HP	HM	1.00	0.03	12.06	0.30
<u>SP-07</u>	Tanque 13,000gln	HM	3.00	0.08	6.66	0.50
	SUBTOTAL					45.92
Insumos Equipos						
<u>ER-02</u>	Aceite térmico	GL		1.00	4.20	4.20
	SUBTOTAL					4.20
COSTO DIRECTO (EN S/)						361.32

Nota. Precios a marzo 2021. Elaboración Propia.

7.4. Análisis Comparativo Económico de la Mezcla de Asfalto Convencional con la Mezcla de Asfalto con Polímero Reciclado.

Figura 30

Análisis Económico



Mezcla Asfáltica	COSTO (soles/m3)
Convencional	362.71
Polímeros Reciclados	361.32

Por lo tanto, el costo por m³ de Mezcla asfáltica con Polímeros reciclados es menor que mezcla asfáltica convencional la con una diferencia de costo por m³ de 1.40 soles.

7.5. Estimación de un tramo de 10km con pavimento en base a una mezcla asfáltica con polímeros reciclados.

Para un Carretera con las siguientes características:

Longitud de Tramo:	10 km
N° de calzadas:	2
Ancho de calzada:	7.2 m

Espesor de carpeta asfáltica: 0.05 m

Se utilizará aproximadamente los siguientes volúmenes de mezcla asfáltica:

Volumen compacto de Mezcla Asfáltica	7200 m ³
Volumen con 10% esponjamiento	7920 m ³

Basados en los datos anteriores, realizamos un comparativo del consumo de Cemento Asfáltico y Plástico Reciclado.

Tabla 65

Cuadro comparativo del consumo de las mezclas asfálticas.

Comparativo			
Descripción	Unidad	Mezcla Asfáltica Convencional	Mezcla Asfáltica Con Polímero Reciclado
Cemento Asfáltico	t	1,063.81	991.79
Plástico Reciclado	t	0	71.57
Costo de producción de Mezcla	S/.	S/2,872,698.84	S/2,861,633.02

En el cuadro anterior podemos apreciar un ahorro de 11,065.82 soles con la utilización de 71.57 toneladas de polímeros(plásticos) reciclados.

Asimismo, dicha cantidad de plástico utilizado equivale a reciclar 521 millones de bolsas plásticas(25L) o 59 millones de botellas de 500 ml, como se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla 66

Cantidad de objetos plásticos reciclados

Objeto Plástico	P. U gr/und	Cantidad de objetos plásticos reciclados con 72 t
Botella de agua mineral-500ml	16.7	59,388,642 botellas
Bolsa plástica de 25L	1.9	521,994,903 bolsas

Capítulo VIII: Contrastación de Hipótesis

Para realizar la contrastación de hipótesis se utilizó la distribución t student para muestras relacionales, a los resultados obtenidos en el laboratorio y para dar de acuerdo a la facilidad en la comprobación de la hipótesis se partió de los indicadores de la variable dependiente tales como: estabilidad, flujo y tracción indirecta.

9.1. Estabilidad de la Mezcla Asfáltica

Tabla 67

Diferencia de Resultados de Estabilidad

Prueba	MAC con Polímero Reciclado (D)	MAC convencional (A)	Diferencia D - A (μ d)
1	1365	1079	286
2	1412	1117	295
3	1462	1184	278

9.1.1. Prueba de Hipótesis

Hipótesis	Estadístico de Prueba	Desviación Estándar
$H_0: \mu_a \leq 0$ $H_1: \mu_a > 0$	$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$	$S_d = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$

Cálculos:

$$d = 286.1733 \qquad S_d = 8.2821$$

$$n = 3$$

$$t = \text{Estadístico } t = 59.84823789$$

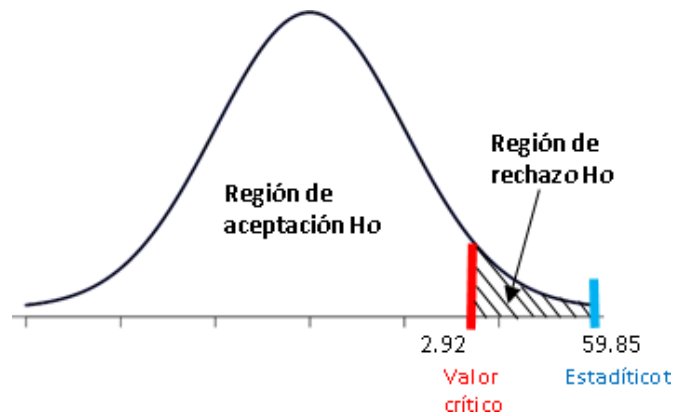
$$gl = (n-1) = 2 \qquad \text{valor crítico}$$

$$\text{alfa} = 0.05 \qquad 5\% \qquad \text{(nivel de confianza al 95\%)}$$

$$t(1-\text{alfa})(n-1) = 2.91998558$$

Figura: 31

Representación gráfica de la distribución t student con cola a la derecha



Decisión: Rechazar hipótesis nula H_0

Conclusión: La adición polímeros reciclados AUMENTA la estabilidad de la mezcla asfáltica, por lo tanto contribuye positivamente en el comportamiento a compresión del pavimento asfáltico flexible

Tabla 68

Comprobación con Programa: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

Descripción	MAC con Polímero	MAC convencional
	Reciclado	
Media	1413	1126.826667
Varianza	2353	2820.232533
Observaciones	3	3
Coefficiente de correlación de Pearson	0.990790197	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	59.84823789	
P(T<=t) una cola	0.000139536	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.000279071	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

8.2 Flujo en la Mezcla Asfáltico

Tabla 69

Diferencia de Resultados de Flujo

Prueba	MAC con Polímero Reciclado (D)	MAC convencional (A)	Diferencia D - A (μd)
1	3.5602	3.5602	0
2	3.5602	3.5602	0
3	3.8105	3.5600	0.2505

8.2.1. Prueba de Hipótesis

Hipótesis

$$H_0: \mu_d \leq 0$$

$$H_1: \mu_d > 0$$

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}}$$

Desviación estándar

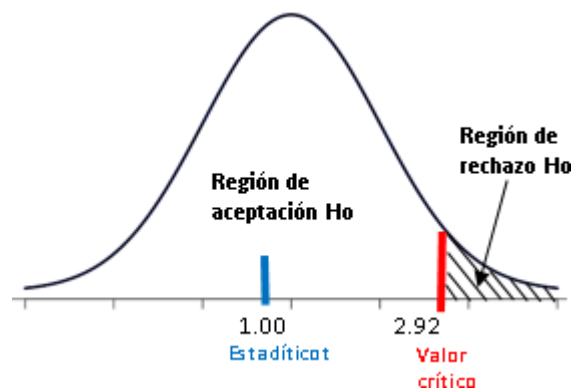
$$S_d = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

cálculos:

d =	0.0835	Sd =	0.1446
n =	3		
	Estadístico t		
t =	1		
	valor crítico		
gl = (n-1) =	2		
alfa =	0.05	5%	(nivel de confianza al 95%)
t(1-alfa)(n-1) =	2.91998558		

Figura: 32

Representación gráfica de la distribución t student con cola a la derecha



Decisión: Aceptar hipótesis nula H_0

Conclusión: La adición polímeros reciclados NO VARÍA el flujo de la mezcla asfáltica sin embargo cumple con los valores establecidos por el Manual EG-2013.

Tabla 70

Comprobación con Programa: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

Descripción	MAC con Polímero Reciclado	MAC convencional
Media	3.644966667	3.560133333
Varianza	0.021556163	1.33333E-08
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.5	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	1.001179941	
P(T<=t) una cola	0.21109792	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.422195839	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

8.3 Tracción indirecta de la mezcla asfáltica

Tabla 71

Diferencia de Resultados de Tracción directa

Probeta	MAC con Polímero Reciclado (D)	MAC convencional (A)	Diferencia D - A (μd)
1	88.32	80.46	7.86
2	91.15	81.43	9.71
3	95.95	81.62	14.33
4	95.49	82.73	12.76

8.3.1 Prueba de Hipótesis

Hipótesis

$$H_0: \mu_d \leq 0$$

$$H_1: \mu_d > 0$$

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}}$$

Desviación estándar

$$S_d = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

cálculos:

$$d = 11.1661$$

$$n = 4$$

Estadístico t

$$t = 7.643878767$$

valor crítico

$$gl = (n-1) = 3$$

$$\text{alfa} = 0.05$$

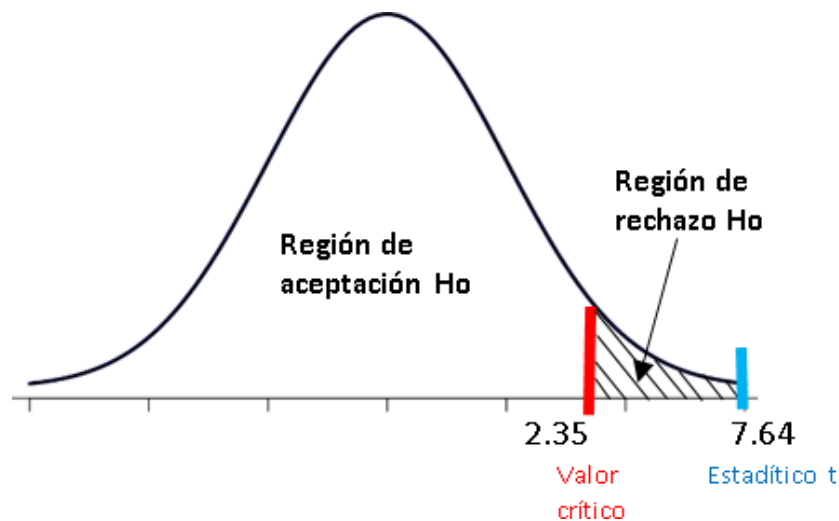
5%

(nivel de confianza al 95%)

$$t(1-\text{alfa})(n-1) = 2.353363435$$

Figura:33

Representación gráfica de la distribución t student con cola a la derecha



Decisión: Rechazar hipótesis nula H_0

Conclusión: La adición polímeros reciclados aumenta la tracción indirecta de la mezcla asfáltica, lo cual permite soportar mayores cargas antes de fallar, por lo tanto contribuye positivamente en el comportamiento a compresión del pavimento asfáltico flexible.

Tabla 72

Comprobación con Programa: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

Descripción	MAC con Polímero Reciclado	MAC convencional
Media	92.72791874	81.56183963
Varianza	13.3129804	0.866279181
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.830930303	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	7.643878767	
$P(T \leq t)$ una cola	0.002324706	
Valor crítico de t (una cola)	2.353363435	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.004649411	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182446305	

Capítulo IX: Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

- a) En esta tesis se comparó el comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos flexibles: convencional y con adición de polímeros reciclados siendo esta última, la que obtuvo mayor resistencia a la compresión. La mezcla asfáltica modificada con 6.73% de polímeros reciclados, mejoró significativamente la estabilidad en 25.38%, flujo en 2.25% y tracción indirecta en 13,6%. con respecto a la mezcla asfáltica convencional. Además, los valores de los pesos unitarios para las dos mezclas asfálticas son aproximadamente igual, el porcentaje los vacíos llenos de cemento asfáltico (V.LL.C. A) aumentó ligeramente en 0.92% y el porcentaje de Vacíos en la mezcla disminuyó en 2.78%.
- b) Se ejecutó los ensayos de materiales de los agregados gruesos y finos cumpliendo con los requerimientos de las Especificaciones Técnicas de la presente investigación.
- c) Se evaluaron mediante el método Marshall las propiedades físicas de la mezcla asfáltica convencional cumpliendo con los valores físicos establecidos por el Manual de Carreteras EG-2013 para mezclas asfálticas en caliente.
- d) Se evaluaron mediante el método Marshall las propiedades físicas de la mezcla asfáltica con adición de polímero reciclado cumpliendo con los valores físicos establecidos por el Manual de Carreteras EG-2013 para mezclas asfálticas en caliente.
- e) Se comparó el costo de producción entre la mezcla asfáltica convencional y con adición de polímero reciclado, económicamente es factible la utilización de mezclas asfálticas con polímeros reciclados en la construcción de carreteras, siendo la diferencia de costo por m³ de 1.40 soles. Considerando la utilización de Mezcla

asfáltica con polímeros reciclados en una carretera de 10km de longitud, con doble calzada y 2" de espesor, se reciclaría 521 millones de bolsas plásticas (de 25L) o 59 millones de botellas, generando un ahorro de 11,065.82 soles; Además evita que dichos residuos plásticos terminen en las riberas de los ríos o en el mar, contribuyendo a mitigar la contaminación ambiental.

Tabla 73

Comparativo en tramo de 10 km con pavimento asfáltico

Comparativo			
Descripción	Unidad	Mezcla Asfáltica Convencional	Mezcla Asfáltica Con Polímero Reciclado
Ligante Asfáltico	t	1,063.81	991.79
Plástico Reciclado	t	0	71.57
Costo de producción de Mezcla	S/.	S/2,872,698.84	S/2,861,633.02

Tabla 74

Cantidad de objetos plásticos reciclados

Objeto Plástico	P. U gr/und	Cantidad de objetos plásticos reciclados con 72 t
Botella de agua mineral	8.7	59,388,642 botellas
Bolsa plástica de 25L	1.9	521,994,903 bolsas

9.2 Recomendaciones

En base a los resultados y conclusiones obtenidos, las recomendaciones son las siguientes:

1. En futuras investigaciones, es necesario verificar los resultados a través de una sección de prueba con el diseño de mezcla polímeros reciclados de la presente investigación.

2. Debido al alcance limitado de las normativas nacionales para el análisis de mezclas asfálticas no convencionales y recomendaciones de diseño, como las evaluadas, es necesario que las entidades públicas correspondientes emitan normas reglamentarias para promover y difundir dichas investigaciones.
3. Nuestro país necesita contar con vías de comunicación de calidad y que perduren en el tiempo, por ello se recomienda a las universidades que constantemente se enfoquen en implementar laboratorios de pavimentos con equipos que estén acorde a la tecnología actual, los estudiantes se sentirán motivados para continuar realizando este tipo de investigaciones, por lo tanto, se desarrollaran tecnologías peruanas para la construcción de carreteras de calidad y/o ecológicas.
4. Es importante difundir la cultura ambiental desde las principales instituciones nacionales y alentar a las empresas constructoras y personas relacionadas con la industria a optar por el asfalto ecológico para realizar pavimentos.
5. Se recomienda reciclar las bolsas de plástico, hacer buen uso y no tirarlas, porque provocarán una mayor contaminación ambiental y dañarán el ecosistema.
6. Es necesario probar partículas de polímero reciclado de diferentes tamaños para determinar si hay mejores resultados que las partículas probadas en esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Pilar Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Moreno, D., & Carrillo, J. *Normas APA 7.ª edición*.
- Borja S., M. (2016). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros* [Ebook]. Chiclayo.
- Rondón Quintana, H. y Reyes Lizcano, F. (2015). *Pavimentos Materiales, Construcción y diseño* [Ebook] (1ª ed.). Bogotá (Colombia): Empresa Editora Macro EIRL.
- Instituto, A. (1982). *Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente* [Ebook]. EE. UU: FHWA.
- Fondo Editorial ICG. *Pavimentos. Selección de principales artículos* [Ebook] (3ª ed.). Lima, Perú.
- Menéndez Acurio, J. (2009). *Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y Conservación* [Ebook] (1ª ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial ICG.
- Minaya Gonzales, S. y Ordóñez Huamán, A. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos* [Ebook] (2ª ed.). Lima: ICG-Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Reyes Lizcano, F. (2003). *Diseño Racional de Pavimentos* [Ebook] (1ª ed.). Bogotá: Centro Editorial Javeriano.
- Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sánchez Blanco, V., & Del Val, M. (2003). *Ingeniería de Carreteras Volumen II* [Ebook] (1ª ed.). Madrid: McGraw-Hill / Interamericana de España.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones EG-2013. (2013). *Manual de carreteras-Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013*.

- ASPHALT INSTITUTE. (1992). *Principios de construcción de mezcla asfáltica en caliente*. Lexington.
- ASTM D 4123-82. (1995). *Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures*.
- Padilla, A. (2004). Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Manual de Ensayo de Materiales* [Ebook]. Lima.
- Corbacho Chipana, J. E. (2019). Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del Cusco-2018.
- Dávalos Murray, Y. R. (2015). Obtención de mezclas asfálticas mediante la adición de material reciclado: Poliestireno expandido.
- Espinoza Japa, S. L. (2019). Utilización del plástico PET reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad de Huánuco - 2018.
- Aimacaña Iza, J. (2021). Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales. Consultado el 13 de mayo de 2021 en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25265>.
- Forigua Orjuela, J., & Pedraza Díaz, E. (2021). Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos. Consultado el 13 de mayo de 2021 en <http://hdl.handle.net/10983/2575>.

- Climograma, C., temperatura, C., Chiclayo, I., & Chiclayo, I. (2021). Clima Chiclayo: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Chiclayo - Climate-Data.org. Consultado el 7 de febrero de 2021 en <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/lambayeque/chiclayo-3932/>
- Naghawi, H., Al-Ajarmeh, R., Allouzi, R., AlKlub, A., Masarwah, K., AL-Quraini, A., Abu-Sarhan, M. (2018). 'Utilización de residuos plásticos como modificador de aglutinante asfáltico en pavimento de hormigón asfáltico'. Academia Mundial de Ciencias, Ingeniería y Tecnología, Open Science Index 137, Revista Internacional de Ingeniería Civil y Ambiental, 12 (5), 566 - 571.
- E-asfalto.com. 2021. Asfaltos Modificados. [online] Disponible en: <<http://www.e-asfalto.com/modificados/modificados.htm>> [Consultado el 23 de abril de 2021].
- ¿Qué son los polímeros? | Textos Científicos. Textoscientificos.com. (2021). Consultado el 24 de abril de 2021 en <https://www.textoscientificos.com/polimeros/introduccion>.
- Bradford, A. (2017). ¿Qué es un polímero? livescience.com. Consultado el 14 de octubre de 2017 en <https://www.livescience.com/60682-polymers.html>.
- Plástico Polietileno (PE): qué es, características y cuáles son sus usos. Inyección de Plásticos | Plásticos Ascaso. (2021). Consultado el 24 de abril de 2021, en <https://plasticosascaso.es/polietileno/>.
- Bolsa de plástico - Wikipedia, la enciclopedia libre. Es.wikipedia.org. (2021). Consultado el 24 de abril de 2021 en https://es.wikipedia.org/wiki/Bolsa_de_pl%C3%A1stico.

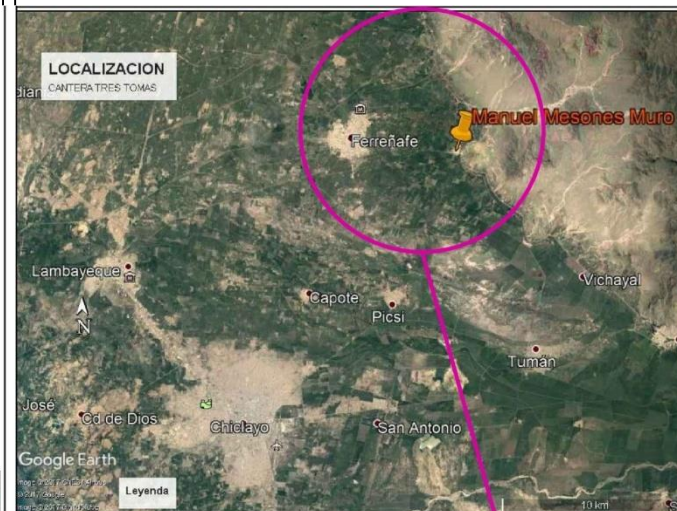
ANEXOS

Anexo A: Plano de ubicación

PLANO DE UBICACION CANTERA TRES TOMAS



ESC: 1/500



**LOCALIZACION DE CANETERA
TRES TOMAS: ESC 1/8000**

DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE

PROVINCIA : FERRENAFE

DISTRITO : **MANUEL MESONES MURO**

REFERENCIA : A 6 KM AL NORESTE DEL DISTRITO MESONES MURO



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

***** ES1UD/O COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESION
DE PAVIMENTOS ASFALTICOS FLEXIBLES: CONVENCIONAL Y CON
ADICION DE POLIMEROS RECICLADOS.

CHAVEZ PEÑAS NILTON RAY LUIS
GASTELO FERNANDEZ, THERY RUBY

UBI CA CION Y LOCALIZACION DE LA
CANTERA TRES TOMAS

DIBUJO
ASTOCN/01
ESCALA

U - 01

Anexos B: Ensayos de Requerimientos Agregado Grueso

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(ASTM D 2216 - MTC E 108)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	: "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: : Convencional y con Adicion de Polímero Reciclado"	REGISTRO : MACGAP-11-2001
MATERIAL	: Mezcla de Agregados para Asfalto.	ING RESP : E.Ticse G.
ESTRUCTURA	: Pavimento - Carpeta Asfáltica.	FECHA : 27/11/2020

CANtera : Tres Tomas

DATOS DE LA MUESTRA

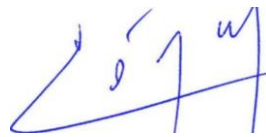
CANtera : Tres Tomas
MUESTRA : Mezcla Teórica


Nº ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
Nº TARRO				
PESO TARRO+ SUELO HUMEDO	(g)	925.6	867.0	
PESO TARRO+ SUELO SEGO	(g)	910.2	854.0	
PESO DE AGUA	(g)	15.4	13.0	
PESO DEL TARRO	(g)			
PESO DEL SUELO SEGO	(g)	910.2	854.0	
GONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1.69	1.52	1.61

Observaciones:



Edgard Ticse Cárdenas
Tec^o Resp. Suelos y Pavimentos.


Nilton Chavez Penas
Tesis ta-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesis ta UNPRG

**ENSAYO DE DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
(MTC E209 -AASHTO C88-ASTM T104)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Comprension Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20 /001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tee Resp E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfal tica .	Fecha: 27/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL	: PIEDRA CHANCADA ASFALTO < 3/4" - 3/8"
-----------------	---

SOLUCION


SULFATO DE MAGNESIO

FRACCION		GRADACION ORIGINAL %		PESO DE LA FRACCION ENSAYADA	PESO RETENIDO DESPUES DEL ENSDAYO	PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO (gr)	PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO %	PERDIDA CORREGIDA	
PASA	RETIENE	PESO RETE- NIDO (gr)	% retenido						A
2 1/2"	2"								
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"								
1"	3/4"								
3/4"	1/2"	2021.0	25.9	675.4	635.5	39.9	5.9	1.53	
1/2"	3/8"	2415.0	31.0	332.5	320.8	11.7	3.5	1.09	
3/8"	No 4	3365.0	43.1	301.5	268.4	33.1	11.0	4.74	
	< No 4								
TOTALES		7801.0	100	1309.4				7.36	


Observaciones:



Edgard Ticse Cardenas
Tee" Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)
(MTC E207 - ASTM C131 - AASHTO T96)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°:	MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tec Resp	E.TicseC.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfalt ica.	Fecha:	27/11/2020
CANTERA	Tres Tomas		

DATOS DE LA MUESTRA

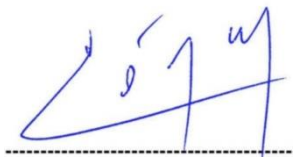
MATERIAL: PIEDRA CHANCADA ASFALTO < 3/4" - 3/8"

MUESTRA N°		01	02	
GRADACION		"B"	"B"	
PESO MUESTRA		5000	5000	
1.1 /2.. - I..				
1.. . 3w				
3/4"- 112 ..		2500	2500	
1/2" - 38 "		2500	2500	
3/8" - 1/4 "				
1/4" - N° 4		-	-	
N° 4 - N° 8		-	-	
RETENIDO N° 12		4265	4270	
PASA N° 12		735	730	
% DESGASTE		14.7	14.6	
PROMEDIO		14.7 %		

OBSERVACIONES:



Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNP RG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPR G

ENSAYO DE ADHERENCIA- AGREGADO BITUMEN
(MTC E 517 - ASTM D 3625)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tec Resp : E.TicseC.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica .	Fecha: 27/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

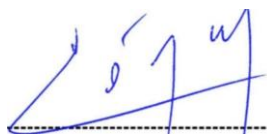
MATERIAL: PIEDRA CHANCADA ASFALTO < 3/4" - 1/4"

N°DEMUESTRA	1	2
CANTERA	Tres Tomas	Tres Tomas
UBICACION	Ferrenafe - Chiclayo}	Ferrenafe - Chiclayo}
TIPO DE ASFALTO (GRADO DE PENETRACION)	60/70	60/70
NUMERO DE PARTICULAS EN LA MUETRA (Rel. 3/8)	319	320
NUMERO DE PARTICULAS TOTALMENTE CUBIERTAS	312	314
NUMERO DE PARTICULAS PARCIALMENTE CUBIERTAS	7	6
RECUBRIMIENTO (%)	98%	98%
PORCENTAJE DE ESPECIFICADO	>95%	>95%

Observaciones:



Edgard Ticse Cárdenas
Tec^o Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UN PR G.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UN PR G

INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO GRUESO
(NORMA MTC E- 214)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	: "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: : Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°:	MACCAP-11 · 20/001
MATERIAL	: Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tee Resp	E.Ticse C.
ESTRUCTURA	: Pavimento · Carpeta Asfáltica.	Fecha:	27/11/2020
CANTERA	: Tres Tomas		

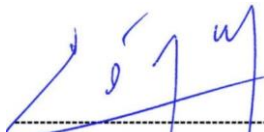
DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL: PIEDRA CHANCADA ASFALTO < 3/4" - 1/4"		IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3		
Tamano maximo (pasa malla N° 200)	mm	0.075	0.075	0.075		
Hora de entrada aqitaci6n		14:25	14:27	14:29		
Hora de salida de aqitaci6n (mas 10')		14:35	14:37	14:39		
Hora de entrada a decantaci6n		14:37	14:39	14:41		
Hora de salida de decantaci6n (mas 20')		14:57	14:59	15:01		
Altura de sedimentaci6n	Pula.	0,9"	1,0"	1,0"		
Indice de durabilidad SEGUN TABLA 1	%	76.00	74.00	74.00	75	

Observaciones:



Edgard Ticse Cárdenas
Tec^o Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

ENSAYO PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°:	MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tee Resp	E.TicseC.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha:	27/11/2020
CANTERA	TresTomas		

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL : PIEDRA CHANCADA ASFALTO < 3/4" - 1/4"

Tamaño del Aº regado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*10 0)	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	2021.0	62.3	3.1	45.56	140.44	
1/2"	3/8"	2415.0	82.4	3.4	54.44	185.75	
Total:		4436.0			100.0	326.2	

Porcentaje de Aplanamiento = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$ 3.3 %

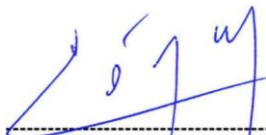
Tamaño del Aº regado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)* 10 0)	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	2021.0	72.4	3.6	45.56	163.21	
1/2"	3/8"	2415.0	98.6	4.1	54.44	222.27	
Total:		4436.0			100.0	385.5	

Porcentaje de Alargamiento = $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$ 3.9 %

Observaciones: % del Índice Aplanamiento y Alargamiento = 7.1 %



 Edgard Ticse Cárdenas
 Tecº Resp. Suelos y Pavimentos.



 Nilton Chavez Penas
 Tesista-UNPRG.



 Ke llym Gas telo Fernandez
 Tesista UNPRG

DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS
(ASTM D5821 - MTC E210)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	: "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: : Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°:	MACCAP-11-20/001
MATERIAL	: Mezcla de Agregados para Asfalto .	Teo Resp :	E.TicseC.
ESTRUCTURA	: Pavimento - Carpeta Asfaltica .	Fecha:	27/11/2020
CANTERA	: Tres Tomas		

MATERIAL: PIEDRA CHANCADA ASFALTO < 3/4" - 3/8"

Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)* 100)	% Parcial	CxD	Observaciones
2"	1 1/2 "						
1 1/2"	1 "						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	2021 .0	2104.00	104 .1	45 .56	4743 .01	
1/2"	3/8"	2415 .0	211 8.00	87.7	54.44	4774.57	
Total:		4436.0			100.0	9517.6	

Porcentaje con dos o mas caras fracturadas = $\frac{\text{TOTALE}}{\text{TOTALD}}$ **95.2** %

Con Una Cara fracturada.

Tamaiio del Ai regado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)* 100)	% Parcial	CxD	
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	2021 .0	2215.00	109 .6	45 .56	4993.24	
1/2"	3/8"	2415 .0	210 2.00	87.0	54.44	4738.50	
Total:		4436.0			100.0	9731.7	

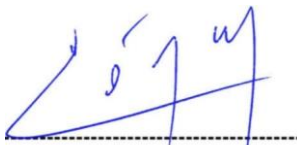
Porcentaje con una cara fracturada = $\frac{\text{TOTALE}}{\text{TOTALD}}$ **97.3** %

Observaciones:

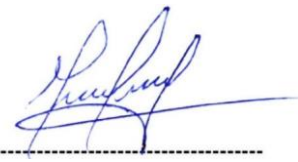
Con Una Cara Fracturada: **97.3** %
Con dos Caras Fracturadas: **95.2** %



Edgard Ticse C. irdenas
Teo Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES
(NORMA MTC E - 219)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles:
Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado " Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL Mezcla de Agregados para Asfalto. Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA Pavimento - Carpeta Asfáltica. fecha: 27/11/2020
CANTERA Tres Tomas

DATOS DE LA MUESTRA

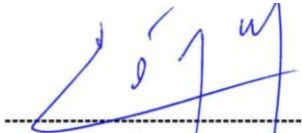
MATERIAL: PIEDRA CHANCADA ASFALTO < 3/4" - 3/8"

N° de Ensayo	1	2		
Peso de Tara (Binker I00 ml) Pyrei	91.56	116.75		
Peso de Tara + agua + sal	133.79	167.75		
Peso de Tara + Seco + Sal	91.58	116.77		
Peso de Sales	42.23	51		
Peso del Agua	0.020	0.020		
% de Sales	0.047	0.039		
Sales Totales	0.043%			

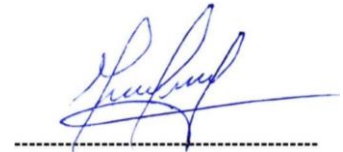
OBSERVACIONES:



Edgard Ticse Cardenas
Tee^o Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tee^{ista}-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tee^{ista} UNPRG

Anexos C: Ensayos de Requerimientos Agregado Fino

**ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO
{NORMA MTC E - 222}**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha: 28/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	


TAMANOS DE MALLAS		Molde = 6071 gr.		Peso Especifico Bruto (gr/cm ³)	Contenido de Vacios
PASA	RETENIDO	Volumen (cm ³)	Peso (gr.)		
#8	# 200	2124	2625	2.724	54.6
#8	# 200	2124	2622	2.724	54.7
#8	# 200	2124	2619	2.724	54.7
				Promedio	54.7

Especificacion : 40 min

OBSERVACIONES : Material de Diseiio N° 01



Edgard Ticse Cardenas
Tee" Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gaste lo Fernandez
Tesisista UNPRG

**VALOR DE AZUL DE METILENO
(NORMA ASSHTO TP 57)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Registro N°: MACCAP-11-20/001
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica.	Tee Resp : E.Ticse C.
CANTERA	Tres Tomas	Fecha: 28/11/2020

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	01	02	03	PROMEDIO (mg/gr)
PESO DEL MATERIAL PASANTE MALLA #200(gr)	10.5	10.9	10.7	
AGUA DESTILADA (ml)	30.0	30.0	30.0	
PESO DEL MATERIAL PASANTE MALLA #200+AGUA	40.5	40.9	40.7	
SOLUCION AZUL METILENO	0.5	0.5	0.5	
SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION(ml)	24.0	25.0	25.6	
VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/gr)	1.14	1.15	1.20	1.16

Observaciones:



Edgard Ticse Cardenas
Tee" Resp.Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

**EQUIVALENTE DE ARENA
(NORMA MTC E - 114)**


LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica .	Feeha: 28/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

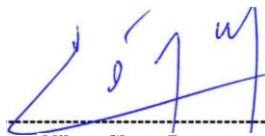
EQUIVALENTE DE ARENA

N° de Ensayo	1	2	3
Hora de entrada	09:25:00	09:27:00	09:29:00
Hora de salida	09:35:00	09:37:00	09:39:00
Hora de entrada	09:37:00	09:39:00	09:41:00
Hora de salida	09:57:00	09:59:00	10:01:00
Lectura Final	4.6	4.7	4.4
Lectura de Arena	3.0	3.1	2.9
% Equivalente de Arena	65	66	66
Equivalente de Arena Promedio	66%		


OBSERVACIONES:



Edgard Ticse Canlenas
Tee Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chave Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gaste lo Fernandez
Tesisista UNPRG

**INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO
MTC E 214**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica .	Fecha : 28/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

TAMANOS DE MALLAS			Agitaci6n Muestra	Contenido de	Muestra Lata
PASA	RETENIDO	PESO (gr.)	(10 minutos)	Agua Destilada (ml)	(ml.)
#4	fondo	500	10'	1000.0	85

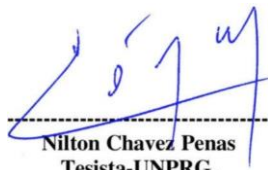
DESCRIPCION	IDENTIFICACION		
N° DE ENSAYO	1	2	Promedio
Hora de entrada a saturaci6n	11:20	11:45	
Hora de salida de saturaci6n (mas 10')	11:30	11:55	
Hora de entrada a decantaci6n	11:25	12:00	
Hora de salida de decantaci6n (mas 20')	11:45	12:20	
Altura maxima de la arcilla (pulg.0.1")	4.24	4.28	
Altura maxima de la arena (pulg.0.1")	2.50	2.52	
Indice de Durabilidad (Df = L.a rena/L.arcilla*100)	59.0	58.9	58.9

Especificacion : 35 min

OBSERVACIONES : Diseiio Asfalto N° 01



Edgard Ticse Cardenas
Tec Resp. Suelos y Pavimento s.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kel andez
Tesisista UNPRG

Anexos D: Ensayos Agregados Global

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO {NORMA AASHTO T-27, ASTM D422}

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

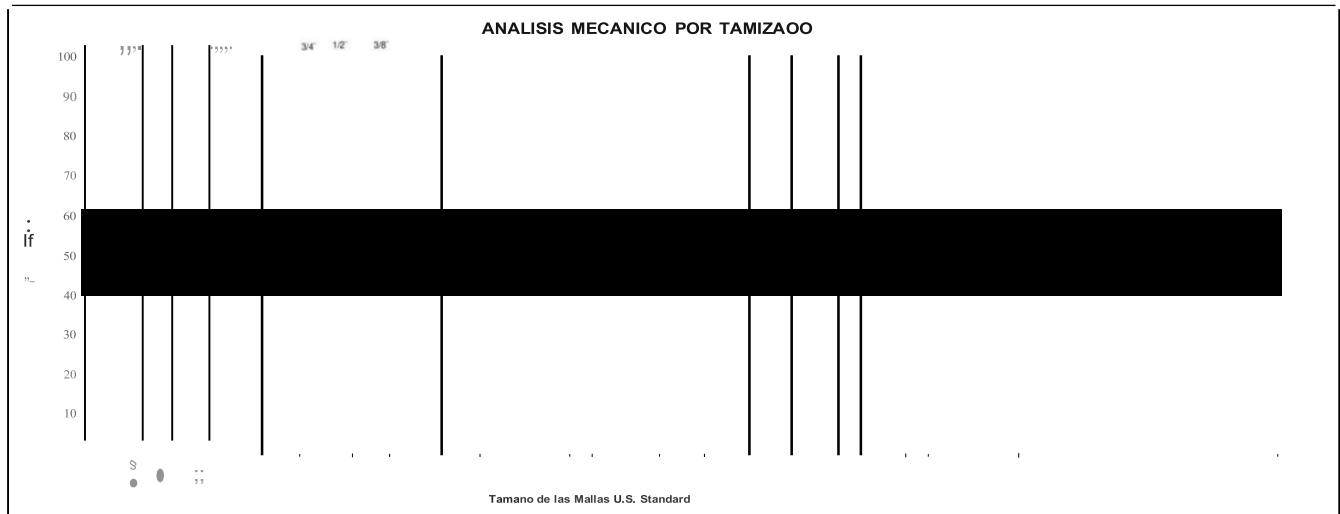
PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adición de Polímero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-20001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha: 30/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION	: Diseño N° 01, Mezcla Asfáltica en Caliente.
MUESTRA	: Combinación Teórica en Porcentaje de los Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente (Controles de Planta Chancadora)

Grava Triturada	< 3/4"- 1/4"	38.0%
Arena Triturada	<1/4"- 0"	33.0%
Arena Natural	< 1/4"- 0"	29.0%

Tamices ASTM	Abertura en mm.	% Peso que Pasa					Mezcla F.	ES ₁₀₀ ... C ₁₀₀		10 ³ C ₁₀₀
		Grava Tril. 3/4"-114"	Arena Tril. 1/4"-0"	Aren Nat. - 1/4" + 0						
		38.0	33.0	29.0			100			
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0			100.0	100	100	
1/2"	12.700	74.8	100.0	100.0			90.4	80	100	
3/8"	9.525	41.8	100.0	100.0			77.9	70	88	
N° 4	4.760	2.7	96.6	97.1			61.1	51	68	
N° 10	2.000	0.0	69.9	79.5			46.1	38	52	
N° 40	0.426		30.4	30.6			18.9	17	28	
N° 80	0.177		16.3	17.0			10.3	8	17	
N° 200	0.074		8.3	10.9			5.9	4	8	



Observaciones: _____

Edgard Ticse Cardenas
Teeⁿ Resp. Suelos y Pavimentos.

Nilton Chavez Penas
Tesis-ta-UNPR G.

Kellym Gastelo Fernandez
Tesis-ta UNPR G

ARCILLA EN TERRONES Y PARTICULAS DESMENUZABLES
(NORMA NTP 400.015,MTC E 212)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Comprension Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP- 11 -20 /001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica.	Fecha: 27/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

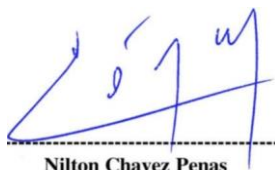
DATOS DE LA MUESTRA

PESO INICIAL DE MUESTRA :AGREGADO FINO	PASA (3/8") RETIENE (N°04)	100.0 gr.
PESO FINAL DE MUESTRA		999.2 gr.
PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA		0.08%

Observaciones:



Edgard Tics-e Cardenas
Tee" Resp. Suelos y Pavim ent os.



Nilton Chavez Penas
Tesis ta-UNPRG.



Kell ym Gastelo Fern and ez
Tesis ta UN PR G

**LIMITES DE CONSISTENCIA
MTC E - 110, MTC E -111**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha: 28/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

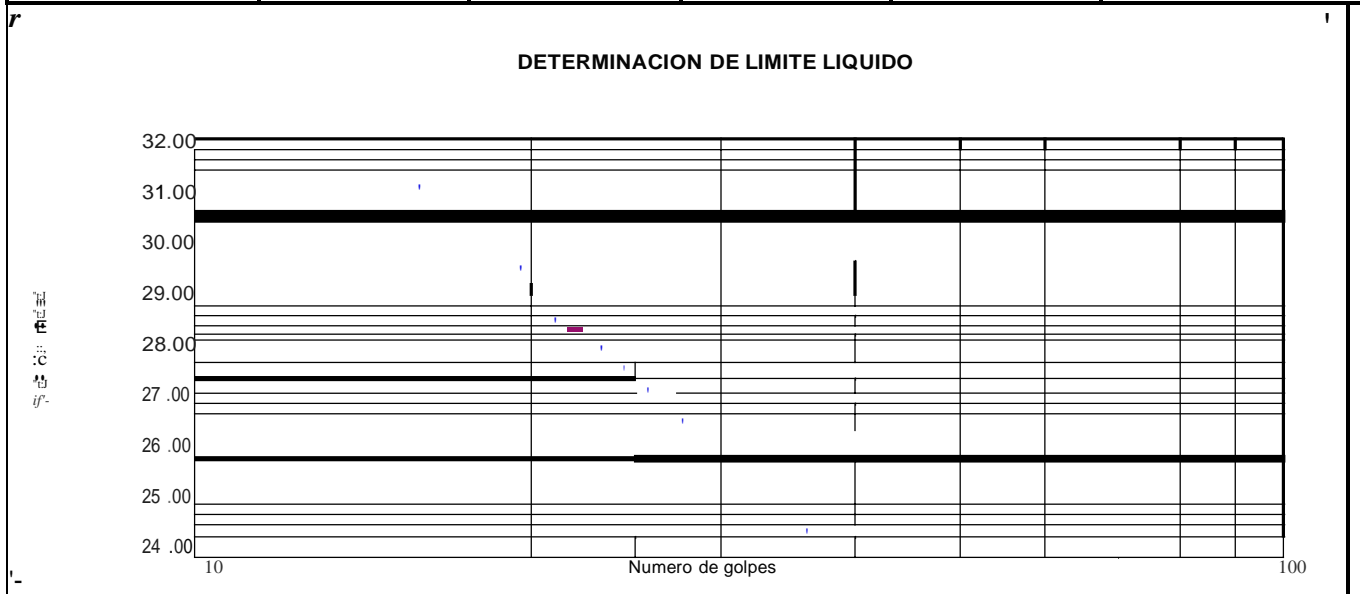
Limite Liquido :

ENSAYO N°	1	2	3		
N° de Golpes	17	22	29		
Recipiente N°	12	11	16		
R + Suelo Hum.	36.52	33.25	30.24		
R + Suelo Seco	29.68	27.52	25.45		
Peso de agua	6.84	5.73	4.79		
Peso de Recip.	7.25	7.35	7.14		
Peso de S. Seco	22.43	20.17	18.31		
% de Humedad	30.49	28.41	26.16		

Limite Plastico :

ENSAYON°	1	2			
Recipiente N°	2	8			
R + Suelo Hum.	12.45	12.74			
R + Suelo Seco	11.38	11.42			
Peso de agua	1.07	1.32			
Peso de Recip.	7.15	6.25			
Peso de S. Seco	4.23	5.17			
% de Humedad	25.30	25.53			

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO

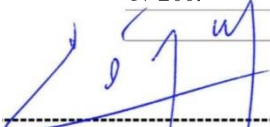


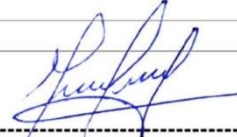
Resultados	
Límite Líquido	27.32
Límite Plástico	25.41
Ind. P	1.91


 Edgard Ticse Cardenas
 Tee" Resp. Suelos y Pavimentos.

OBSERVACIONES :

Ensayo realizado pasante de la malla N°200.


 Nilton Chavez Pena
 Tesista -UNPRG.


 Kellym Gastelo Fernandez

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES
(NORMA MTC E - 219)**

**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES
(NORMA MTC E - 219)**

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica.	Fecha: 28/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

SALES SOLUBLES

Ensayo	ARENA			
	1	2		
N° de Ensayo	1	2		
Peso de Tara (Biker 100ml) Pyres	57.69	67.88		
Peso de Tara + Agua + Sal	102.95	117.88		
Peso de Tara + Sal	57.72	67.92		
Peso de Sal	45.26	50.00		
Peso de Agua	0.030	0.040		
% de Sal	0.066	0.080		
Sales Totale s	0.073%			

OBSERVACIONES:



Edgard Ticse Cardenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO
(MTC E205 - ASTM C128 - AASHTO T84)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica.	Fecha: 28/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

GRAVEDAD ESPECIFICA-ABSORCION DE AGREGADOS MTC E- 205

Agregado Fino de Mezcla < NQ 8 - NQ 200

IDENTIFICACION	1	2	3	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	300.0	300.0		
B Peso frasco + H ₂ O	681.8	705.6		
C Peso frasco + H ₂ O + (A)*(A+B)	981.8	1005.6		
D Peso de Mat. + H ₂ O en el frasco	866.5	890.6		
E Vol de masas + Vol de vacios = C-O	115.3	115		
F Peso Mat. Seco en estufa (105 ² C)	297.5	297.4		
G Vol de masas = E-(A-F)	112.8	112.4		
Pe Bulk (Base Seca) = F/E	2.580	2.586		2.583
Pe Bulk (Base Saturada) = NE	2.602	2.609		2.605
Pe Aparente (Base Seca) = F/G	2.637	2.646		2.642
% de Absorcion = ((A-F)/F)*100	0.84	0.87		0.857

OBSERVACIONES:


Peso especifico para determinar la angularidad del Agregado de Mezcla Asfaltica



Edgard Ticse Cardenas
Tec^o Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

**ENSAYO DE ADHESIVIDAD RIEDEL WEBER
(NORMA MTC E 220)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexible s: Convencional y con Adicion de Polimero Rec iclado"	Registro N°: MACCA P-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto .	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica .	Fecha: 28/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

Tipo de Asfalto 60/70		
CONCENTRACION (gr./lt Na2CO3)	INDICE DE ADHESIVIDAD	OBSERVACION
Agua Destilada	0	SID
M/256 = 0.414		SID
M/128 = 0.828	2	SID
M/64 = 1.656	3	S/D
M/32 = 3.312	4	SID
M/16 = 6.625	5	SID
M/8 = 13.25	6	S/D
M/4 = 26.5	7	D/T
M /2 = 53.0	8	D/T
M /1 = 106.0	9	D/T

Observaciones:

SID = Sin Desprendimiento.
DIP = Desprendimiento Parcial.
D/T = Desprendimiento Total.

Tipo de cementa asfaltico: **SONO**
 Grado de adhesividad: **GRAD06**



Edgard Ticse Cardenas
Tec^o Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilto n Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

Anexos E: Ligante Asfáltica



INFORME DE ENSAYO (ASFALTO S6LIDO 60/70 PEN)

N° GDCN-LAB-2315-2020

FECHA DE REPORTE: 21.11.2020	FECHA DE RECEPCI6N 20.11.2020	C6DIGO DE MUESTRA : 14374
HORA DE RECEPC16N: 22:17 HORAS	PROCEDENCIA: JEFATURA OPERACIONES	BUQUE/TANQUE:
TANQUE DE MUESTREO : 9	VOLUMEN CERTIFICADO:	DESTINO: PLANTA CONCHAN

ENSAYOS	METODO	OTRO	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
	ASTM(AI	METODO		MIN.	MAX.
PENETRACI6 N:					
a 25' C, 100 gr, 5 seg., 1/10 mm	D 5-13		68	60	70
DUCTILIDAD:					
a 25' C, 5 cm/min, cm	D 113-07		>150	100	
FLUIDEZ:					
• Viscosidad Cinematica a 100' C, est	D 2170-10		3926		Reportar
• Viscosidad Cinematica a 135' C, est	D 2170-10		430.0	200	
SOLUBILIDAD:					
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-15		99.7	99	
VOLATILIDAD:					
Punta de Inflamaci6n, C.O.C., °C	D 92-16b		290	232	
DENSIDAD:					
Gravedad API a 60' F, ° API	D 70-09 ¹		6.8		Reportar
Gravedad Especifica a 60/60°F	D 70-09 ¹		1.023		Reportar
SUSCEPTIBILIDAD TERMICA:					
Punto de Ablandamiento, °C	D 36-14e1		50.0		Reportar
Indice de Penetraci6n			-0.4		+1
Efecto de Calor y Aire (Pelicula Fina):	D 1754-09(2014)				
• Cambio de Masa, % masa del Original			0.39		0.8
• Penetraci6n Retenida, % del Original	D 5-13		68	52	
• Ductilidad a 25' C, 5 cm/min, cm	D 113-07		50	50	

OBSERVACIONES:

1. Los resultados corresponden s6lo a la muestra analizada.

2. La muestra fue proporcionada por el cliente.

La temperatura 6ptima de mezcla para este producto se encuentra entre 142 y 158 °C

Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.

3. (A) :American Society for Testing and Materials

ORIGINAL : CLIENTE

COPIA 1 : ARCHIVO GENERAL DE INFORMES DE ENSAYO

COPIA 2 : INFORME DE ENSAYO DE PRODUCTOS

ELABORADO POR: **J 114J/ Z-X-G. G.**
ERICK MARTIN MARTENS GIRON / Ficha 57464

APROBADO POR: **J IIII XI' C**
ERJara< MARTIN MARTENS GIRON / Ficha 57464

FIN DE INFORME-

PROHIBIO SU REPRODUCCION T-QT'AL O PARCIAL SIN AUTORIZACION DE PETROPERU



am
/canalpetroperu

in^{OU}
/petroperu

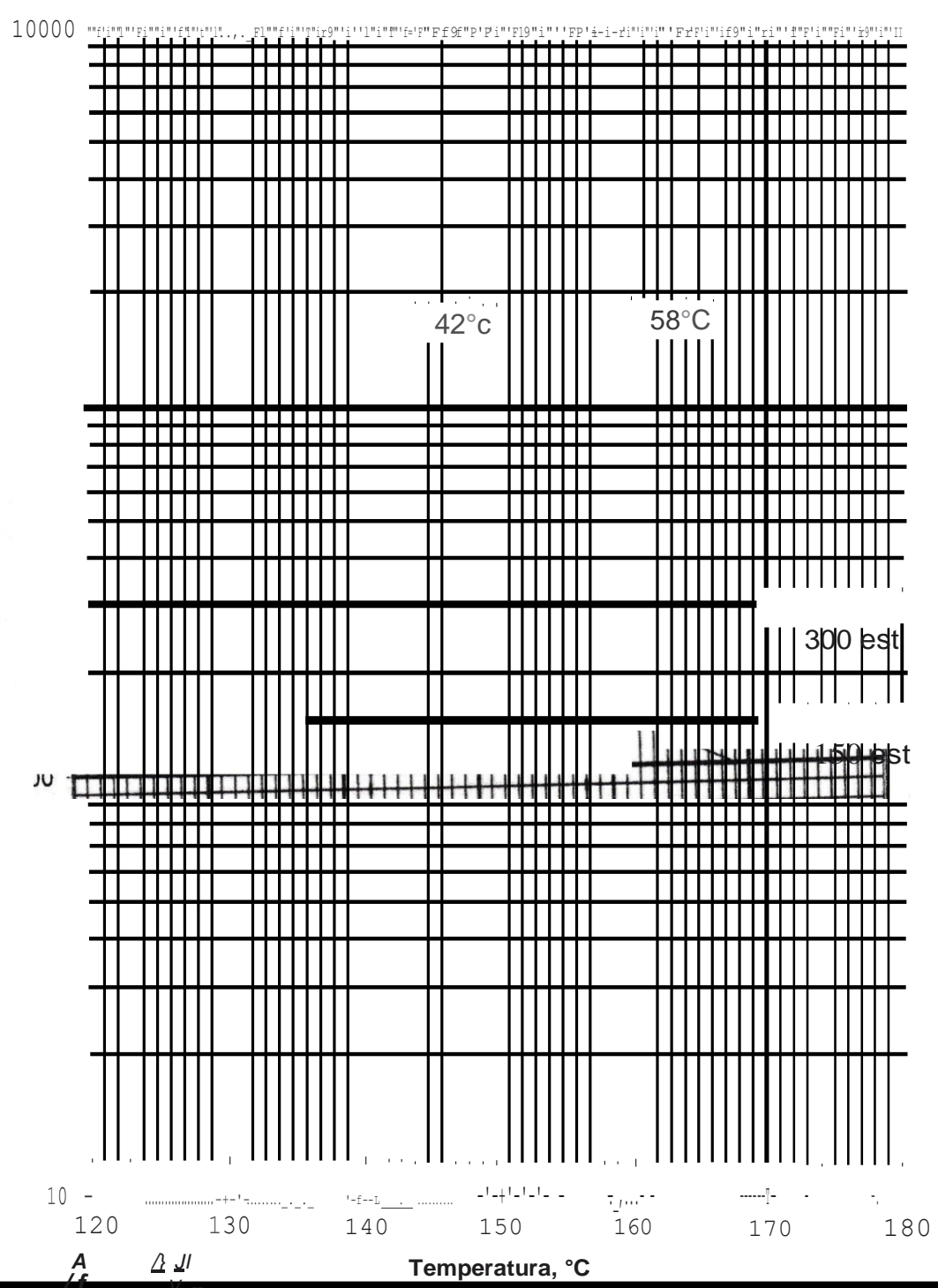
om.pe

A
v
.
E
n
r
i
q
u
e
C
a
n
a
v
a
l
M
o
r
e
y
r
a
1
5
0
.
L
i
m
a
2
7
.
P
e
r
L
J
C
e
n
t
r
a
l
t
e
!
e
f
6
n
i
c
a
:
(
5
1
1
)
6
1
4
-
5
0
0
0

Port al
empres
arial:
www.pe
t
roperu.c



Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341
Rango de Temperatura Optima de Mezcla
TQ. 9 - C. A. 60 / 70 PEN. - 20.11.2020 - 22:17 horas



ERICA MARTIN RODRIGUEZ
Ficha 57464

Anexos F: Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional

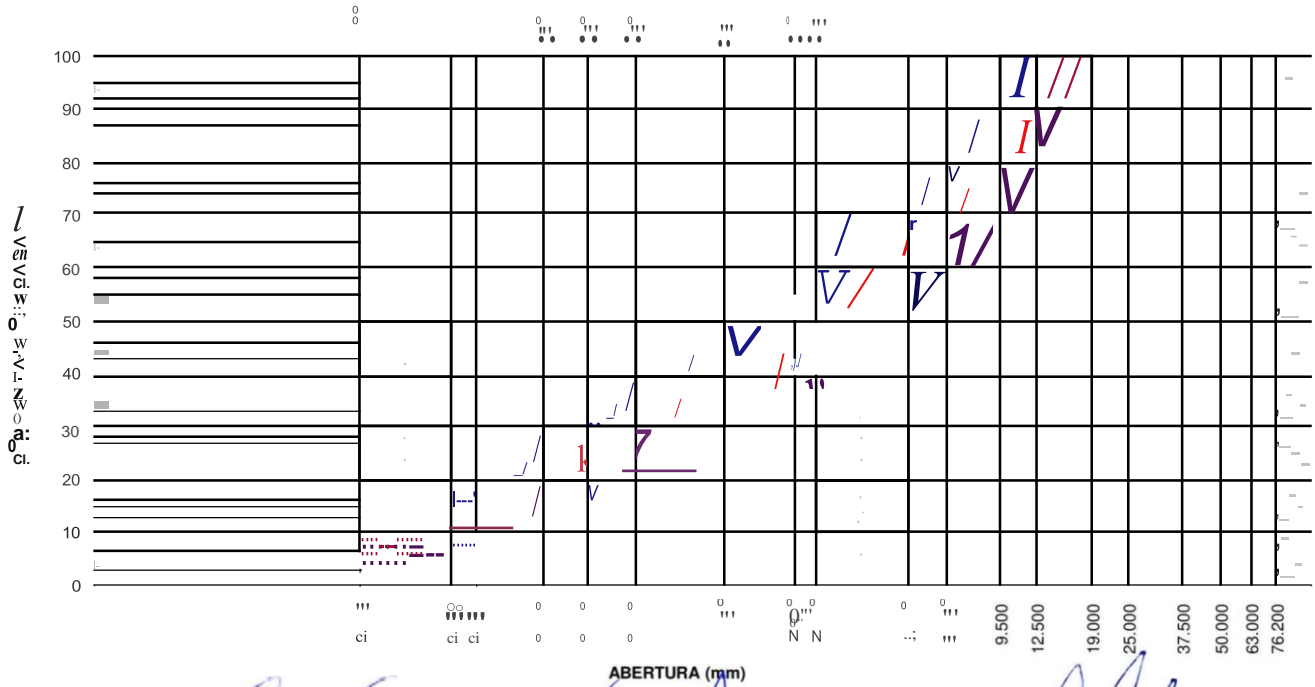
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adición de Polímero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-20001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento • Carpeta Asfáltica .	Fecha: 16/12/2020
CANTERA	Tres Tomas	

DESCRIPCION : Diseio N° 01, Mezcla Asfáltica en Caliente

TAMIZ	ABERTURA mm	PESO Retenid	PORCENTAJE			FORMULA DE TRABAJO	ESPECIFICACION MAC-2	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM			Retenido	Acumul.	Pasante			
3	76.200							
2 1/2	63.000							Peso Total 20000.0 gr
2	50.000							Fracci6n Finos : 910.1 gr
1 1/2	37.500							
1	25.000							
3/4	19.000				100.0	100		
1/2	12.500	2292.4	11.5	11.5	88.5	80 -100		
3/8	9.500	2554.0	12.8	24.2	75.8	70 - 88		
1/4	6.350							
#4	4.750	3280.0	16.4	40.6	59.4	51 - 68		
#8	2.360							Observaciones :
#10	2.000	283.2	18.5	59.1	40.9	38-52		Agregados Diseio de Asfalto N° 01
#16	1.180							
#30	0.600							Grava Chan Tres Tomas < 3/4"- 1/4" 38.0%
#40	0.420	301.2	19.6	78.8	21.2	17-28		Arena Chancada Tres Tomas < 1/4"- 0 33.0%
#80	0.180	148.5	9.7	88.4	11.6	8-17		Arena Natural Tres Tomas < 1/4"- 0 29.0%
# 50	0.300							
# 100	0.150							
# 200	0.075	87.2	5.7	94.1	5.9	4-8		
>200		90.0	5.9	100.0				100.0%



[Signature]
Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.

[Signature]
Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.

[Signature]
Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

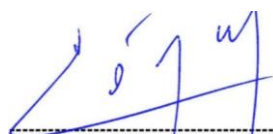
PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	Tee Resp E.TicseC.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica .	Feeha: 1,s 1212020
CANTERA	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA


DESCRIPCION	DISEÑO N° 01. Mezcla Asfaltica en Caliente							
TAMICES ASTM	3/ 4"	1/2"	3/8"	No4	No 10	No40	No80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	88.5	75.8	59.4	40.9	21.2	11.6	5.9
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 • 88	51- 68	38 • 52	17 • 28	8 • 17	4-8
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				4.50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				38.80			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				56.70			
4	% Cal Hidratada en peso de la Mezcla							
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.626			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578			
8	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc							
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627			
11	Altura promedio de la briqueta cm							
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1201.2	1200.2	1202.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60• (gr)			1203.2	1202.3	1204.6		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			673.8	672.7	674.7		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)			529.4	529.6	529.9		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.269	2.266	2.269	2.268	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.434			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			6.8	6.9	6.8	6.8	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+ 3+4)/(2/6+3/7+4/8)				2.597			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+ 3+4)/((100/17-1/5)				2.603			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				0.09			
22	% de Asfalto Efectivo = 1-(21x(2+3 +4)/100				4.41			
23	Relacion Filler/Betun				1.33			0,6 - 1,3
24	V.M.A. = 100-(2+ 3+4+5)x(1 6/19)			16.6	16.7	16.6	16.6	15.0% min
25	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18) /24			59.1	58.6	59.1	58.9	
26	Flujo (mm)			2.54	2.80	2.80	2.7	2.0 - 4.0 mm
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1056	1095	1088		
28	Factor de estabilidad			0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28			1014	1051	1044	1036	815 kg min
30	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			3986	3758	3734	3826	1700 - 3500



Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

**RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

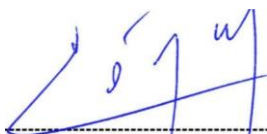
PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11- 20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	Tee Resp : E.TicseC.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha: 16/12/2020
CANTERA	TresTomas	

DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseno N° 01, Mezcla Asfáltica en Caliente									
TAMICES ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No 10	No40	No80	No200	
% PASA MATERIAL	100.0	88.5	75.8	59.4	40.9	21.2	11.6	5.9	
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 • 88	51 • 68	38 • 52	17 • 28	8 • 17	4-8	
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPEQF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.00				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				38.60				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				56.40				
4	% cal Hidratada en peso de la Mezcla								
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023				
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc				2.626				
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578				
8	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689				
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627				
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1208.9	1211.1	1210.2			
13	Peso de la briqueta al agua par 60° (gr)			1210.1	1213.2	1212.2			
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			684.4	685.5	684.9			
15	Volumen de la briqueta par desplazamiento (cc)= (13-14)			525.7	527.7	527.3			
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.300	2.295	2.295	2.297		
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.425				
18	% de Vacios = (17 -16)x100/17 (ASTM D 3203)			5.2	5.3	5.3	5.3	3 • 5	
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4)/(2/6+3/7+4/8)				2.597				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+ 3+4)/((100/1 7-1/5)				2.613				
21	Asfalto Absorbido par el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				0.24				
22	% de Asfalto Efectivo = 1-(21x(2+3+4) /100				4.77				
23	Relacion Filler / Betun				1.23				0,6 • 1,3
24	V.M.A. = 100-(2+3+4+5)x(1 6/19)			15.9	16.1	16.1	16.0	15.0% min	
25	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24			67.5	66.7	66.7	67.0		
26	Flujo (mm)			3.05	2.80	3.05	3.0	2.0 - 4.0 mm	
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1124	1132	1120			
28	Factor de estabilidad			0.96	0.96	0.96			
29	Estabilidad Corregida 27 * 28			1079	1087	1075	1080	815 kg min	
30	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			3536	3885	3523	3648	1700 • 3500	



Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Ke Ilym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N° : MACCAP-11-200
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica .	Fecha: 16/12/2020
CANTERA	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseño N° 01, Mezcla Asfáltica en Caliente

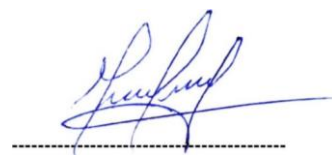
TAMICES ASTM	3/ 4"	1/ 2"	3/ 8"	No4	No 10	No40	No SO	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	88.5	75.8	59.4	40.9	21.2	11.6	5.9
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				38.40			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				56.10			
4	% Cal Hidratada en peso de la Mezcla							
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4* (Bulk) gr/cc				2.626			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578			
8	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc							
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627			
11	Altura promedio de la briqueeta cm							
12	Peso de la briqueeta al aire (gr)			1206.3	1204.7	1208.6		
13	Peso de la briqueeta al agua por 60* (gr)			1208.9	1206.3	1210.3		
14	Peso de la briqueeta desplazada (gr)			690.1	689.1	691.1		
15	Volume n de la briqueeta por desplazamiento (cc)= (13-14)			518.8	517.2	519.2		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)			2.325	2.329	2.328	2.327	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.425			
18	% de Vacios = (17-16) x100/17 (ASTM D 3203)			4.1	4.0	4.0	4.0	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4)/(2/6+3/7+4/8)				2.597			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4)/((100/17-1/5)				2.635			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				0.57			
22	% de Asfalto Efectivo = 1-(21 x(2+3+4) /100				4.96			
23	Relacion Filler/Betun				1.18			0,6 - 1,3
24	V.M.A. = 100-(2+ 3+4+ 5)x(16/19)			15.4	15.3	15.3	15.3	15.0% min
25	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18) /24			73.2	74.1	73.8	73.7	
26	Flujo (mm)			3.31	3.31	3.31	3.3	2.0 - 4.0 mm
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1112	1106	1110		
28	Factor de estabilidad			1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28			1112	1106	1110	1109	815 kg min
30	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			3364	3346	3358	3356	1700 - 3500



Edgard Ticse Cardenas
Tee Res.p.Suelos y Pavim entos.



Nilton Chavez Penas
Tesis ta-UN P.R.G.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesis ta UNPRG

**RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adición de Polímero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-2/0001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	Tec Resp : E.TicseC.
ESTRUCTURA	Pavimento • Carpeta Asfáltica .	Fecha : 16/12/2020
CANTERA	Tres Tomas	

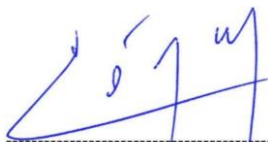
DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseiio N° 01, Mezcla Asfáltica en Caliente

TAMICES ASTM	3/ 4"	1/2"	3/8"	No4	No 10	No40	No 50	No200
% PASA MATERIAL	100.0	88.5	75.8	59.4	40.9	21.2	11.6	5.9
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	70 • 88	51 • 68	38 • 52	17 • 28	8 • 17	4-8
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDJO	E5PECJF.
1 % C.A. en Peso de la Mezcla					6.00			
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla					38.19			
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla					55.81			
4 % Cal Hidratada en peso de la Mezcla								
5 Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.023			
6 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.626			
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.578			
8 Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc								
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.689			
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.627			
11 Altura promedio de la briqueta cm								
12 Peso de la briqueta al aire (gr)				1203.3	1201.1	1204.6		
13 Peso de la briqueta al agua par 60 (gr)				1204.9	1202.8	1206.3		
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)				690.4	688.8	689.9		
15 Volumen de la briqueta par desplazamiento (cc)= (13-14)				514.5	514.0	516.4		
16 Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.339	2.337	2.333	2.336	
17 Peso Especifico Maximo • Rice (ASTM D 2041)					2.414			
18 % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.1	3.2	3.3	3.2	3 • 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4)/(2/6+3/7+4/8)					2.597			
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total= (2+3+4)/((100/17-1/5)					2.643			
21 Asfalto Absorbido par el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)					0.68			
22 % de Asfalto Efectivo = 1-{2l x(2+3+4)/100					5.36			
23 Relacion Filler/Betun					1.09			0,6 • 1,3
24 V.M.A. = 100-(2+3+4+5)x(l 6/19)				15.4	15.4	15.6	15.5	15.0% min
25 % Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24				79.8	79.4	78.5	79.2	
26 Flujo (mm)				3.56	3.56	3.56	3.6	2.0 • 4.0 mm
27 Estabilidad sin corregir (Kg)				1088	1094	1099		
28 Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29 Estabilidad Corregida 27 * 28				1088	1094	1099	1094	815 kg min
30 Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100				3056	3073	3087	3072	1700 • 3500



Edgard Ticse Cárdenas
Tec^o Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gaste lo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	" Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°: MACCAP -11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	T e e Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfalti ca.	Fecha: 16/12/2020
CANTERA	Tres Tomas	


DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseño N° 01, Mezcla Asfaltica en Caliente

TAMICES ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No80	No200
% PASA MATERIAL	100.0	88.5	75.8	59.4	40.9	21.2	11.6	5.9
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4-8
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPEOF.
1 % C.A. en Peso de la Mezcla					6.50			
2 % Grava > N°4 en peso de la Mezcla					37.99			
3 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla					55.51			
4 % Cal Hidratada en peso de la Mezcla								
5 Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.023			
6 Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.626			
7 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.578			
8 Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc								
9 Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.689			
10 Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.627			
11 Altura promedio de la briqueta cm								
12 Peso de la briqueta al aire (gr)				1213.3	1216.5	1214.4		
13 Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)				1214.6	1217.4	1215.9		
14 Peso de la briqueta desplazada (gr)				692.1	693.4	693.9		
15 Volum en de la briqueta por desplazamiento (cc)= (13-14)				522.5	524.0	522.0		
16 Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.322	2.322	2.326	2.323	
17 Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.397			
18 % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.1	3.1	2.9	3.1	3 - 5
19 Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4) /((2/6+3/7+ 4/8)					2.597			
20 Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4) /(((100/17-1/5)					2.643			
21 Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)					0.69			
22 % de Asfalto Efectivo = 1-(21 x(2+ 3+4)/100					5.86			
23 Relacion Filler/Betun					1.00			0,6 - 1,3
24 V.M.A. = 100-(2+3+4+5)x(l 6/19)				16.4	16.4	16.3	16.4	15.0% min
25 % Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24				81.0	80.9	82.0	81.3	
26 Flujo (mm)				3.56	3.81	3.81	3.7	2.0-4.0 mm
27 Estabilidad sin corregir (Kg)				1045	1035	1040		
28 Factor de estabilidad				1.00	0.96	1.00		
29 Estabilidad Corregida 27 * 28				1045	994	1040	1026	815 kg min
30 Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100				2935	2605	2726	2755	1700 - 3500



Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



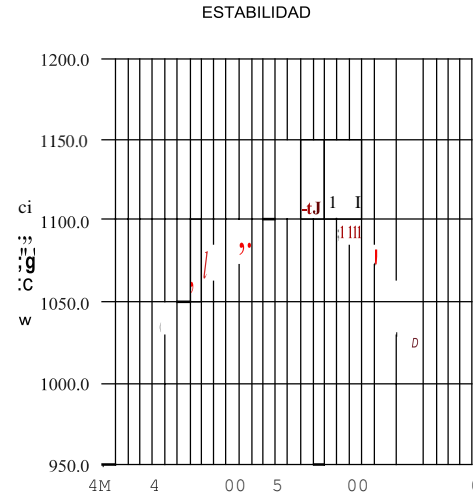
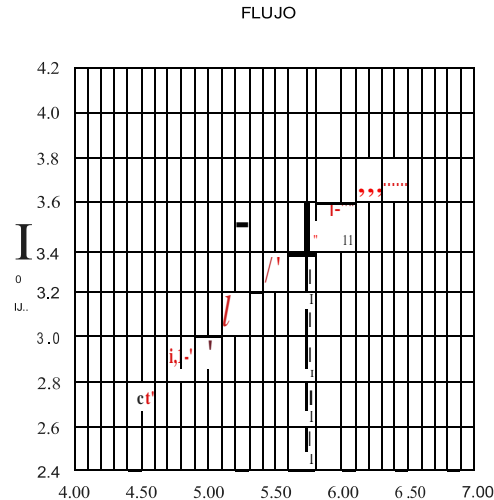
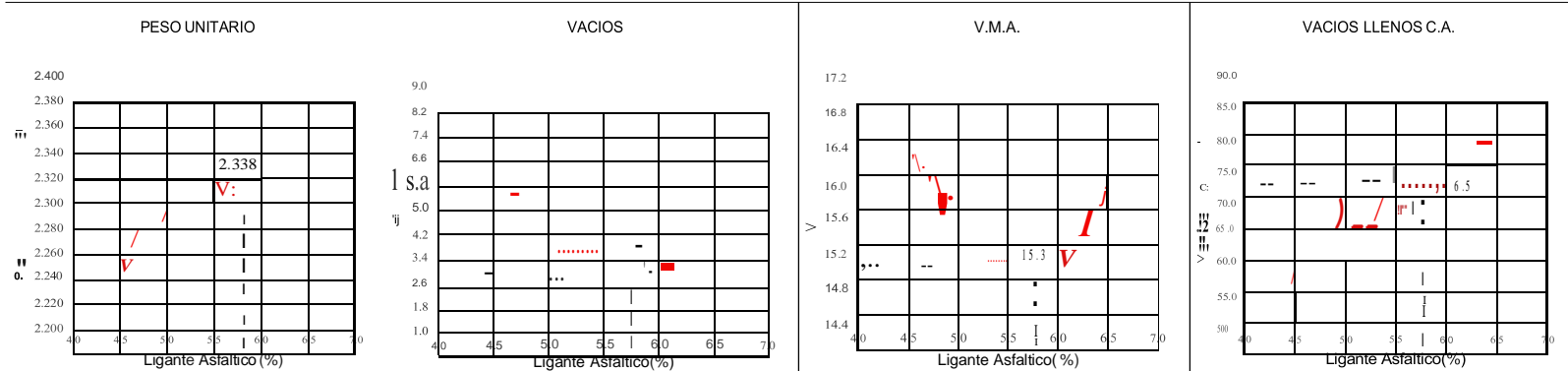
Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.

Kellym Gaste lo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
 EMPLEANDO EL APARATO LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 CURVAS DE ENERGIA DE COMPACTACION CONSTANTE

PROYECTO "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresión Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles :
 Convencional y con Adición de Polímero Reciclado"
 MATERIAL Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.
 ESTRUCTURA Pavimento - Carpeta Asfáltica.
 CANTERA Tres Tomas

Registro N°: MACCAP-11-2/0001
 Tee Resp : E.Ticse C.
 Fecha : 16/12/2020



CARACTERISTICAS MARSHALL

Optima TeGráfico Grafico TeGráfico

GOLPES POR CARA	75	75
CEMENTO ASFALTJCO	5.75	5.75 %
PESO UNITARIO	2.336	2.338 gr/cm ³ .
VACIOS	3.6	3.6 %
V.M.A.	15.2	15.3 %
VACIOS LLENOS CON C.A.	76.5	76.5 %
FLUJO	3.56	3.43 mm.
ESTABILIDAD	1127	1108 Kg.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3165	3230 Kg /cm.

DOSIFICACION

38.0%	GRAVA CHANC TRES TOMAS	< 3/4" · 1/4"
33.0%	ARENA CHANCADA TRES TOMAS	< 1/4" · 0
29.0%	ARENA NATURAL TRES TOMAS	< 1/4" · 0

Ligante asfáltico(o/c)
 E d ga rd Ticse C3rdenas
 Tec' Res p. Suelos y Pavimentos.

(Signature)
 Nilton Chavez Penas
 Tesista-UNPRG.

(Signature)
 Kelly...dez
 Tesista UNP RG

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP11-20001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	Tee Resp : E.TicseC.
ESTRUCTURA	Pavimento • Carpeta Asfaltica.	Fecha: 16/11/2020
CANTERA	Tres Tomas	

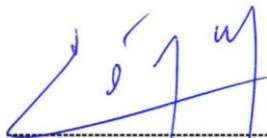
DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseio N° 01, Mezcla Asfaltica en Caliente

TAMICES ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No 10	No40	No80	No200	
% PASA MATERIAL	100.0	88.5	79.5	63.0	44.4	17.9	8.1	5.1	
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 • 88	51 • 68	38 • 52	17 • 28	8 • 17	4-8	
BRIQUETA N°				1	2	3		PROMEDIO	ESPEOF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.75				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				38.30				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				55.95				
4	% cal Hidratada en peso de la Mezcla								
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023				
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.626				
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578				
8	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc								
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689				
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627				
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)			1223.6	1224.5	1212.4			
13	Peso de la briqueta al agua por 60° (gr)			1225.4	1226.3	1214.5			
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)			700.9	702.4	695.6			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)			524.5	523.9	518.9			
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.333	2.337	2.336		2.336	
17	Peso Especifico Maximo • Rice (ASTM D 2041)				2.422				
18	% de Vacios = (17•16)x100/17 (ASTM D 3203)			3.7	3.5	3.5		3.6	3 • 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+ 3+4)/(2/6+ 3/7+4/8)				2.597				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+ 3+4)/((100/17• 1/5)				2.643				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20•19))/(19 x 20)				0.68				
22	% de Asfalto Efectivo = 1•(21x(2+ 3+ 4)/100				5.11				
23	Relacion Filler/Betun				1.00				0,6 • 1,3
24	V.M.A. = 100•(2+ 3+ 4+ 5)/(16/19)			15.3	15.2	15.2		15.2	15.0% min
25	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24			75.9	76.9	76.7		76.5	
26	Flujo (mm)			3.56	3.56	3.56		3.56	2.0 • 4.0 mm
27	Estabilidad sin corregir (Kg)			1124	1164	1184			
28	Factor de estabilidad			0.96	0.96	1.00			
29	Estabilidad Corregida 27 * 28			1079	1117	1184		1127	815 kg min
30	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			3031	3139	3326		3165	1700 • 3500



Edgard Ticse Cardenas
Tee" Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Ke llym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
 RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
 EMPLANTANDO PROBETA MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles:
Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado" Registro N°: **MACCAP-11-20/001**
MATERIAL Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional. Tee Resp : **E.Ticse C.**
ESTRUCTURA Pavimento - Carpeta Asfáltica. Fecha: **16/12/2020**
CANTERA Tres Tomas

DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseño N° 01, Mezcla Asfáltica en Caliente

1	Contenido de Cemento Asfáltico	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	
	Peso Probeta al Aire	1223.6	1224.5	1212.4	1202.3	1204.6	1200.2	
1	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1225.4	1226.3	1214.5	1205.4	1206.5	1203.4	
2	Peso de la Probeta en el Agua	700.9	702.4	695.6	690.2	690.2	689.4	
3	Volumen de la Probeta	524.5	523.9	518.9	515.2	516.3	514.0	
4	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.333	2.337	2.336	2.334	2.333	2.335	
5	Lectura del Dial Anillo Marshall	1124	1164	1184	989	954	994	
6	Estabilidad sin corregir	1124	1164	1184	989	954	994	
7	Factor Estabilidad	0.96	0.96	1.00	1.04	1.04	1.04	
10	Estabilidad corregida (kg)	1079	1117	1184	1029	992	1034	
11	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	1127						
12	Promedio Estabilidad (24 Horas)					1018		
13	Estabilidad Retenida (%)					90.4		

Obsevaciones :



Edgard Ticse Cardenas
 Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Pena
 Tesista -UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
 Tesista UNPRG

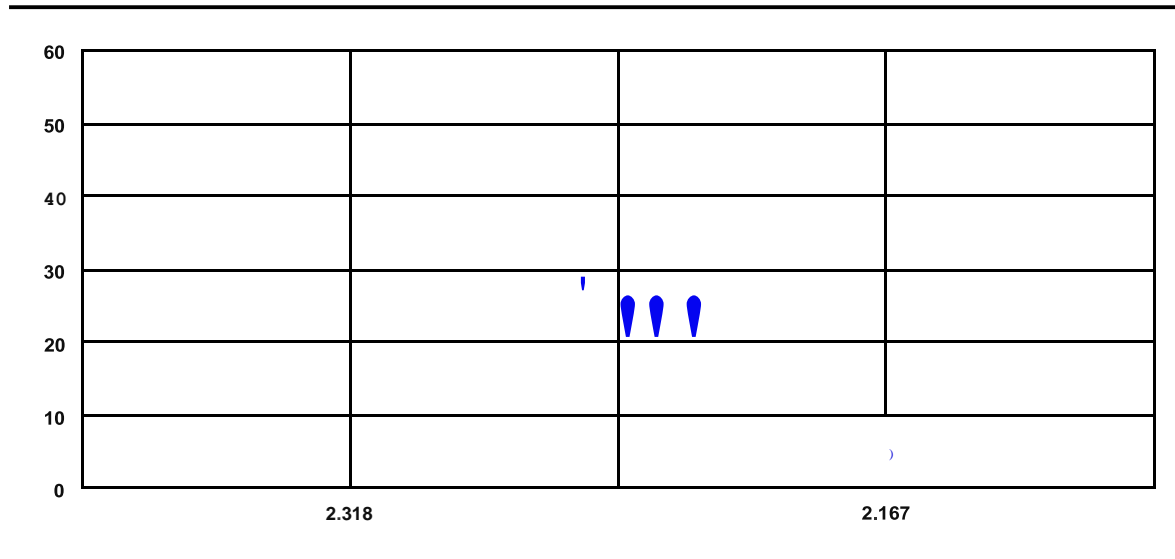
ENSAYO INDICE DE COMPACTIBILIDAD

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	ReQistro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	Tee Resp : E.TicseC.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha: 16/12/2020
CANTERA	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA	
CANTERA	Tres Tomas
DESCRIPCION	: Diseño N° 01, Mezcla Asfáltica en Caliente

ENSAYO INDICE DE COMPACTIBILIDAD



N° de Muestras	01	02	03	04
N° de Golpes Marshall	50	50	5	5
1.- Peso Briqueta al Aire	1203.6	1206.4	1203.6	1204.5
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1205.4	1208.5	1206.1	1206.4
3.- Peso por Desplazamiento	686.4	687.9	650.6	650.4
4.- Volumen de la Briqueta	519.0	520.6	555.5	556.0
5.- Peso Unitario (Gr.ice)	2.319	2.317	2.167	2.166
PROMEDIOS	2.318		2.167	

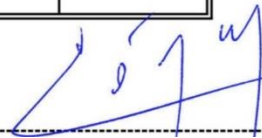
2.318	2.167
50	5

0.152
GEB(50) - GEB(S)

IC = 6.59



Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Pe nas
Tesis ta-UNPRG.



Kellym Gastelo Fe rnandez
Tesis ta UNPRG

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convencional.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica.	Fecha: 1,s 12/2020
CANTERA	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

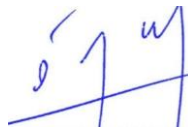
CANTERA	Tres Tomas
DESCRIPCION	: Diseno N° 01, Mezcla Asfalt ica en Caliente

MUESTRA N°	01	02	03	04
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO	3330.0	3330.0	3330.0	3330.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	9036.0	9036.0	9036.0	9036.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	8543.0	8541.1	8541.2	8538.8
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	9743.0	9741.1	9741.2	9738.8
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	493.0	494.9	494.8	497.2
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.434	2.425	2.425	2.414
CONTENIDO % C.A.	4.50	5.00	5.50	6.00

Observaciones :



Edgard Ticse Cardenas
Tee" Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-U PRG.



Kellym Gaste lo Fernandez
Tesisista UNPRG

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-2001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Convenciona l.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento • Carpeta Asfaltica.	Fecha: 16/12/2020
CANTERA	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA


CANTERA : Tres Tomas
DESCRIPCION : Diseiio N° 01, Mezcla Asfaltica en Caliente

MUESTRA N°	05			06
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO	3330.0			3330.0
2.- PESO DEL FRASCO+ AGUA	9036.0			9036.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	8535.3			8540.6
4.- PESO DEL FRASCO+ MUESTRA + AGUA	9735.3			9740.6
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1200.0			1200.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	500.7			495.4
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.397			2.422
CONTENIDO % C.A.	6.50			5.75

Observaciones :



Edgard Ticse Cardenas
Tec Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista•UNP RG.



Ket ym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPR G

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Recicla do"	Registro N°:	MACCAP-12-20/001
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto.	Tee Resp :	E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha:	18/12/2020
CANTERA	Tres Tomas		

METODO DE COMPACTACION							DOSAJE 5.75 0/0			
			Condiciones humeda 60 °C				Condiciones seca 25 °C			
ENSAYO	N2		1	3	5	7	2	4	6	8
DIAMETRO	D	cm	10.16	10.16	10.13	10.15	10.1	10.10	10.16	10.17
ESPEJOR (ALATURA)	t	cm	6.73	6.78	6.81	6.48	6.89	6.90	6.83	6.72
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1220.4	1219.6	1222.6	1216.3	1216.3	1222.8	1215.8	1218.3
SSD DE LA MUESTRA (10 MINUTOS)	B	Gr.	1228.6	1226.3	1228.6	1224.5	1232.3	1232.6	1226.8	1227.5
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA (SUM)	C	Gr.	685.2	683.8	686.0	685.6	693.6	690.2	687.6	688.0
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	543.4	542.5	542.6	538.9	538.7	542.4	539.2	539.5
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A/E)	F	Gr./c.c.	2.246	2.248	2.253	2.257	2.258	2.254	2.255	2.258
ASTM D-2041	G	Gr./c.c.	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407
VACIOS (100(G - F) / G)	H	%	6.7	6.6	6.4	6.2	6.2	6.3	6.3	6.2
VOLUMEN DE VACIOS (H'E / 100)	I	c.c.	36.38	35.81	34.66	33.58	33.38	34.38	34.09	33.35
CARGA	p	Kg.					381	432	402	426

Saturación n: 201111.			MUESTRA SATURADA EN VACIO							
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1253.0	1250.4	1243.6	1243.6				
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	706.5	704.4	698.0	700.8				
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	546.5	546.0	545.6	542.8				
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J'	c.c.	32.6	30.8	21.0	27.3				
SATURACION (100 J' / I)		%	89.6	86.0	60.6	81.3				
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.6	0.6	0.6	0.7				

CONDICIONES DE SATURACION POR 24 Hrs. a 60 °C en Agua.										
ESPEJOR	t"	cm.	6.76	6.81	6.80	6.80				
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1258.2	1257.5	1250.6	1248.40				
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	707.9	708.1	701.2	702.4				
VOLUMEN (B' - C')	E"	c.c.	550.3	549.4	549.4	546.0				
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J"	c.c.	37.8	37.9	28.0	32.1				
SATURACION (100 J' / I)		%	103.9	105.8	80.8	95.6				
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	1.27	1.27	1.25	1.32				
CARGA TRACCION.	P"	Kg.	303	349	326	356				
RESISTENCIA SECA 2P / I DPI	S td	Kg/cm3					3.49	3.95	3.69	3.97
RESISTENCIA HUMEDA 2P' / I' DPI	S tm	Kg/cm3	2.81	3.21	3.01	3.28				
TSR 100 Sun / S w	TSR	%					80.5	81.4	81.6	82.7
PROMEDIO	TSR	%							81.6	

Observaciones:



Edgard Ticse Cárdenas
Tec. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesis ta- UNPRG.



Kellym Gas telo Fernandez
Tesis ta UNPRG

**Anexos G: Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional con Adición con Polímero
Reciclado**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

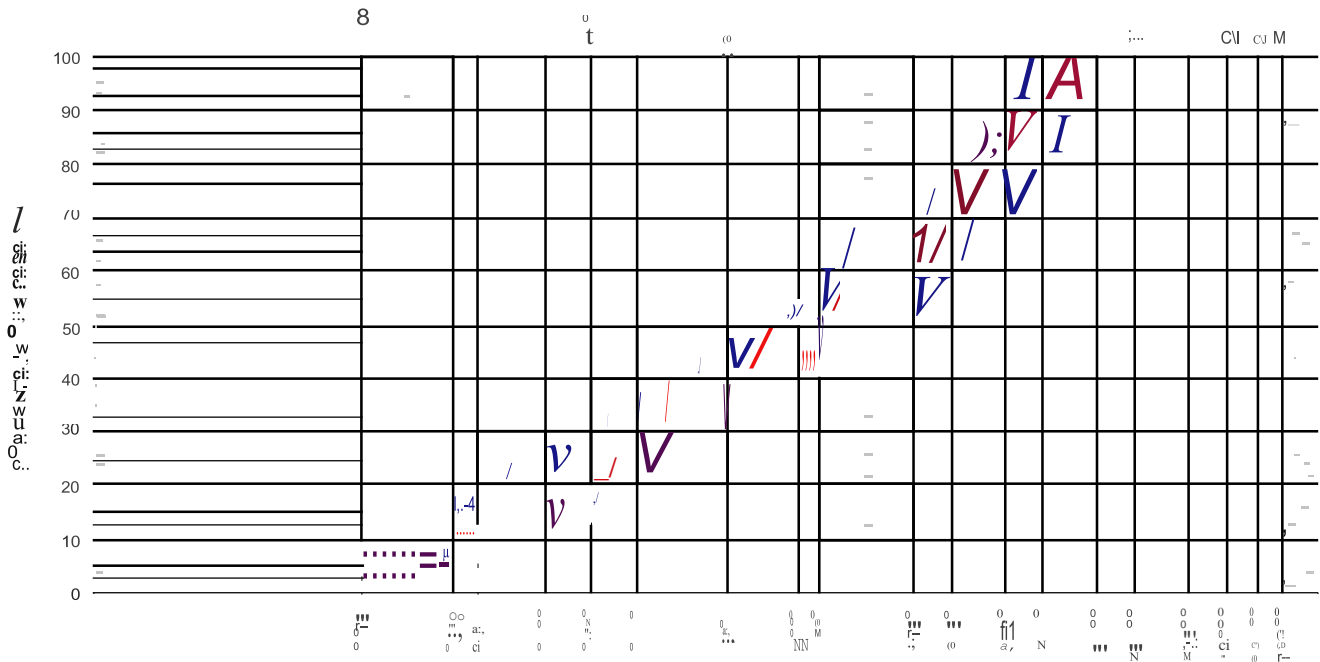
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles : Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado " Registro N°: MACCAP-11-20/002
 MATERIAL Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado. Tee Resp : E.Ticse C.
 ESTRUCTUR Pavimento - Carpeta Asfaltica . Fecha: 20/12/2020
 TRAMO Tres Tomas

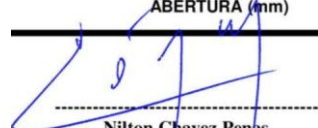
DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseño N°1. Mezcla Asfaltica en Caliente Modificado.

TAMIZ ASTM	ABERTUR mm	PESO Retenid	PORCENTAJE			FORMULA DE TRABAJO	ESPECIFICACION MAC-2	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			Retenido Acumul.	Pasante				
3"	76.200							
2 1/2"	63.000						Peso Total 14652 .0 gr	
2"	50.000						Fracci6n Finos : 806.0 gr	
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							
3/4"	19.000			100.0		100		
1/2"	12.500	1400.0	9.6	9.6	90.4	80 - 100		
3/8"	9.500	1140.0	7.8	17.3	82.7	70-88		
1/4"	6.350							
#4	4.750	3154.0	21.5	38.9	61.1	51 - 68		
#8	2.360						Observaciones :	
# 10	2.000	223.0	16.9	55.8	44.2	38-52	Agregados Diseio de Asfalto N° 01	
# 16	1.180							
#30	0.600						Grava Chancada Tres Tomas < 3/4"- 1/4" 38.0%	
#40	0.420	317.0	24.0	79.8	20.2	17 - 28	Arena Chancada Tres Tomas < 1/4"- 0 33.0%	
# 50	0.300						Arena Natural Tres Tomas < 1/4" -0 29.0%	
#80	0.177	109.5	8.3	88.1	11.9	8-17		
#100	0.150							
#200	0.075	80.0	6.1	94.2	5.8	4-8		
>200		76.5	5.8	100.0				




 Edgard Ticse Cárdenas
 Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.


 Nilton Chavez Penas
 Tesista-UNPRG


 Kellym Gastelo Fernandez
 Tesista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha : 20/12/2020
TRAMO	Tres Tomas	

DESCRIPCION	DATOS DE LA MUESTRA
	: Diseño N°1, Mezcla Asfáltica en Caliente Modificado.


TAMICES ASTM	3/ 4"	1/ 2"	3/ 8"	No4	No 10	No40	No80	No200
% PASA MATERIAL	100.0	90.4	82.7	61.1	44.2	20.2	11.9	5.8
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4-8
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.69			
2	% Plástico. en Peso de la Mezcla				0.06			
3	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				36.63			
4	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				57.62			
5	% Cal Hidratada en peso de la Mezcla							
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.626			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578			
9	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689			
11	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627			
12	Altur a promedio de la briqueta cm							
13	Peso de la briqueta al aire (gr)			1198.6	1199.6	1206.3		
14	Peso de la briqueta al agua por 60* (gr)			1200.4	1201.3	1207.6		
15	Peso de la briqueta desplazada (gr)			685.2	684.7	688.4		
16	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)=(13-14)			515.2	516.6	519.2		
17	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.326	2.322	2.323	2.324	
18	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.440			
19	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			4.7	4.8	4.8	4.8	2 - 6
20	Peso Especifico Bulk Agregado Total= (2+3+4)/(2/6+3/7+4/8)				2.596			
21	Peso Especifico Efectivo Agregado total= (2+3+4)/((100/17-1/5)				2.665			
22	Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				1.02			
23	% de Asfalto Efectivo = 1-(21x(2+3+4)/100)				4.79			
24	Relacion Filler/Betun				1.21			0,6 - 1,2
25	V.M.A. = 100-(2+3+4+5)x(l 6/19)			15.5	15.7	15.7	15.6	14.0% min
26	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24			70.0	69.2	69.4	69.6	65 - 85
27	Flujo (mm)			3.31	3.56	3.56	3.5	2.0 - 4.0 mm
28	Estabilidad sin corregir (Kg)			1208	1289	1288		
29	Factor de estabilidad			1.00	1.00	1.00		
30	Estabilidad Corregida 27 * 28			1208	1289	1288	1262	900 kg min
31	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			3654	3621	3618	3631	



Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chav z Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)


LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-20/002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica.	Fecha: 20/12/2020
TRAMO	Tres Tomas	


DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseño N°1, Mezcla Asfaltica en Caliente Modificado.

TAMICES ASTM	3/ 4"	1/ 2"	3/ 8"	No4	No 10	No40	No 50	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	90.4	82.7	61.1	44.2	20.2	11.9	5.8
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.63			
2	% Plastico. en Peso de la Mezcla				0.12			
3	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				36.63			
4	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				57.63			
5	% Cal Hidratada en peso de la Mezcla							
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4* (Bulk) gr/cc				2.626			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578			
9	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689			
11	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627			
12	Altura promedio de la briqueta cm							
13	Peso de la briqueta al aire (gr)			1207.8	1199.9	1203.2		
14	Peso de la briqueta al agua por 60* (gr)			1209.7	1203.6	1206.6		
15	Peso de la briqueta desplazada (gr)			690.0	688.5	689.8		
16	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)=(13-14)			51.97	515.1	516.8		
17	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.324	2.329	2.328	2.327	
18	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.439			
19	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			4.7	4.5	4.5	4.6	2 - 6
20	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4)/(2/6+3/7+4/8)				2.596			
21	Peso Especifico Efectivo Agregado total= (2+3+4)/((100/17-1/5)				2.664			
22	Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				1.00			
23	% de Asfalto Efectivo = 1-(21x(2+3+4) /100				4.81			
24	Relacion Filler/Betun				1.21			0,6 - 1,2
25	V.M.A. = 100-(2+3+4+5) x(1 6/19)			15.6	15.4	15.5	15.5	14.0% min
26	% Vacios Llenos con C.A. = 100x(24-18)/24			69.8	70.9	70.6	70.4	65 - 85
27	Flujo (mm)			3.56	3.56	3.56	3.6	2.0 - 4.0 mm
28	Estabilidad sin corregir (Kg)			1400	1245	1366		
29	Factor de estabilidad			1.00	1.00	1.00		
30	Estabilidad Corregida 27 * 28			1400	1245	1366	1337	900 kg min
31	Estabilidad/ Flujo = (29/26) x 100			3932	3497	3837	3755	



Edgard Ticse Cárdenas
Tec^o Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chav z Penas
Tesis ta-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesis ta UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha: 20/12/2020
TRAMO	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseño N°1, Mezcla Asfáltica en Caliente Modificado.

TAMICES ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No 10	No40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	90.4	82.7	61.1	44.2	20.2	11.9	5.8
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38- 52	17 - 28	8 - 17	4-8
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECJF.
1 % C.A. en Peso de la Mezcla					5.52			
2 % Plastico. en Peso de la Mezcla					0.23			
3 % Grava > N° 4 en peso de la Mezcla					36.63			
4 % Arena < N°4 en peso de la Mezcla					57.62			
5 % Cal Hidratada en peso de la Mezcla								
6 Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.023			
7 Peso Especifico de la Grava > N° 4" (Bulk) gr/cc					2.626			
8 Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Bulk) gr/cc					2.578			
9 Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc								
10 Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Aparente) gr/cc					2.689			
11 Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Aparente) gr/cc					2.627			
12 Altura promedio de la briqueeta cm								
13 Peso de la briqueeta al aire (gr)				1202.7	1207.8	1203.9		
14 Peso de la briqueeta al agua par 60* (gr)				1204.9	1210.1	1207.0		
15 Peso de la briqueeta desplazada (gr)				690.6	693.5	691.5		
16 Volumen de la briqueeta par desplazamiento (cc)=(13-14)				514.3	516.6	515.5		
17 Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)				2.339	2.338	2.335	2.337	
18 Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.438			
19 % de Vacios = (17-16) x10 0/17 (ASTM D 3203)				4.1	4.1	4.2	4.1	2-6
20 Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4)/(2/6+3/7+4/8)					2.596			
21 Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4)/((100/17-1/5)					2.662			
22 Asfalto Absorbido par el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)					0.98			
23 % de Asfalto Efectivo = 1-(21 x(2+3+4))/100					4.83			
24 Relacion Filler/Betun					1.20			0,6 - 1,2
25 V.M.A. = 100-(2+3+4+5)x(16/19)				15.1	15.1	15.2	15.2	14.0% min
26 % Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24				73.1	73.0	72.4	72.8	65 - 85
27 Flujo (mm)				3.81	3.81	3.56	3.7	2.0 - 4.0 mm
28 Estabilidad sin corregir (Kg)				1360	1407	1410		
29 Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
30 Estabilidad Corregida 27 * 28				1360	1407	1410	1392	900 kg min
31 Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100				3565	3689	3960	3738	

Edgard Ticse Cardenas
Tee" Resp. Suelos y Pavimentos.

Nilton Chav z Penas
Tesisista-UNPRG.

Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresión Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adición de Polímero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20 /002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado.	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha: 20/12/2020
TRAMO	Tres Tomas	


DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseño N°1, Mezcla Asfáltica en Caliente Modificado.

TAMICES ASTM	3/ 4"	1/ 2"	3/8"	No4	No 10	No40	No80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	90.4	82.7	61.1	44.2	20.2	11.9	5.8
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N'				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.40			
2	% Plástico . en Peso de la Mezcla				0.35			
3	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				36.63			
4	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				57.63			
5	% Cal Hidratada en peso de la Mezcla							
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.626			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578			
9	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689			
11	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627			
12	Altura promedio de la briqueta cm							
13	Peso de la briqueta al aire (gr)			1202.8	1210.0	1207.9		
14	Peso de la briqueta al agua por 60- (gr)			1206.5	1212.0	1210.7		
15	Peso de la briqueta desplazada (gr)			691.0	694.3	693.9		
16	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13 -14)			515.5	517.7	516.8		
17	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.333	2.337	2.337	2.336	
18	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.429			
19	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			3.9	3.8	3.8	3.8	2 - 6
20	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+ 3+ 4)/(2/6+ 3/7+4/8)				2.596			
21	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+ 3+ 4)/((100/17-1/5)				2.651			
22	Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				0.81			
23	% de Asfalto Efectivo = 1-(21x(2+ 3+ 4))/100				4.98			
24	Relacion Filler/ Betun				1.17			0,6 - 1,2
25	V.M.A. = 100-(2+ 3+ 4+ 5)x(l 6/19)			15.3	15.2	15.2	15.2	14.0% min
26	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18) /24			74.3	75.1	75.1	74.8	65 - 85
27	Flujo (mm)			3.81	3.56	3.81	3.7	2.0 - 4.0 mm
28	Estabilidad sin corregir (Kg)			1435	1410	1570		
29	Factor de estabilidad			1.00	1.00	1.00		
30	Estabilidad Corregida 27 * 28			1435	1410	1570	1472	900kg min
31	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			3762	3960	4116	3946	



Edgard Ticse Cárdenas
Tec^o Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-2002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado .	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica.	Fecha: 20/12/2020
TRAMO	Tres Tomas	

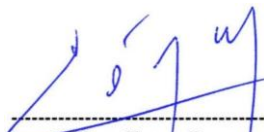
DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseño N°1, Mezcla Asfaltica en Caliente Modificado.

TAMICES ASTM	3/ 4"	1/ 2"	3 / 8"	No4	No 10	No40	No80	No200
% PASA MATERIAL	100.0	90.4	82.7	61.1	44.2	20.2	11.9	5.8
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4-8
BRIQUETA N°				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.29			
2	% Plastico. en Peso de la Mezcla				0.46			
3	% Grava > N° 4 en peso de la Mezcla				36.63			
4	% Arena < N° 4 en peso de la Mezcla				57.62			
5	% Cal Hidratada en peso de la Mezcla							
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.626			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578			
9	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc							
10	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689			
11	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627			
12	Altura promedio de la briqueta cm							
13	Peso de la briqueta al aire (gr)			1207.3	1205.6	1208.8		
14	Peso de la briqueta al agua per 60* (gr)			1212.4	1209.7	1213.2		
15	Peso de la briqueta desplazada (gr)			694.4	691.8	693.9		
16	Volu men de la briqueta per desplazamiento (cc)= (13-14)			518.0	517.9	519.3		
17	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.331	2.328	2.328	2.329	
18	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.415			
19	% de Vacios = (17-16) x100/17 (ASTM D 3203)			3.5	3.6	3.6	3.6	2 - 6
20	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4)/(2/6+3/7+4/8)				2.596			
21	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4)/((100/17-1/5)				2.634			
22	Asfalto Absorbido per el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				0.56			
23	% de Asfalto Efectivo = 1-(21 x(2+3+4) /100				5.22			
24	Relacion Filler/Betun				1.11			0,6 - 1,2
25	V.M.A. = 100-(2+3+4+5)x(16/19)			15.4	15.5	15.5	15.5	14.0% min
26	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24			77.2	76.6	76.6	76.8	65 - 85
27	Flujo (mm)			3.56	3.81	3.81	3.7	2.0 - 4.0 mm
28	Estabilidad sin corregir (Kg)			1452	1460	1414		
29	Factor de estabilidad			1.00	1.00	1.00		
30	Estabilidad Corregida 27 * 28			1452	1460	1414	1442	900 kg min
31	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			4078	3828	3707	3871	



Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-20/002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfaltica.	Fecha: 2011212020
TRAMO	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA


DESCRIPCION : Diseio N°1, Mezcla Asfaltica en Caliente Modificado.									
TAMICES ASTM	3/ 4"	1/ 2"	3/ 8"	No4	No 10	No40	No80	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	90.4	82.7	61.1	44.2	20.2	11.9	5.8	
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4-8	
BRIQUETA N°				1	2	3		PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.17				
2	% Plastico . en Peso de la Mezcla				0.58				
3	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				36.63				
4	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				57.63				
5	% Cal Hidratada en peso de la Mezcla								
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023				
7	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc				2.626				
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578				
9	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689				
11	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627				
12	Altura promedio de la briqueta cm								
13	Peso de la briqueta al aire (gr)			1203.7	1207.0	1208.6			
14	Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)			1208.2	1213.0	1212.8			
15	Peso de la briqueta desplazada (gr)			685.7	688.5	688.0			
16	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)= (13-14)			522.5	524.5	524.8			
17	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)			2.304	2.301	2.303		2.303	
18	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.387				
19	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			3.5	3.6	3.5		3.5	2-6
20	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4)/(2/6+3/7+4/8)				2.596				
21	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4) /((100/17-1/5)				2.598				
22	Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				0.03				
23	% de Asfalto Efectivo = 1-(21x(2+3+4)/100				5.72				
24	Relacion Filler/Betun				1.01				0,6 - 1,2
25	V.M. A. = 100-(2+3+4+5)x(1/6/19)			16.4	16.5	16.4		16.4	14.0% min
26	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24			78.7	78.2	78.5		78.5	65 - 85
27	Flujo (mm)			4.07	3.56	3.81		3.81	2.0 - 4.0 mm
28	Estabilidad sin corregir (Kg)			1400	1455	1462			
29	Factor de estabilidad			1.00	0.96	0.96			
30	Estabilidad Corregida 27 * 28			1400	1397	1404		1400	900 kg min
31	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			3441	3923	3679		3681	



Edgard Ticse Cárdenas
Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gas telo Fe rnandez
Tesisista UNPRG

RESISTENCIA DE MEZCLA EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 304) DETERMINACION DEL OPTIMO DE CEMENTO ASFALTICO CURVAS DE ENERGIA DE COMPACTACION CONSTANTE

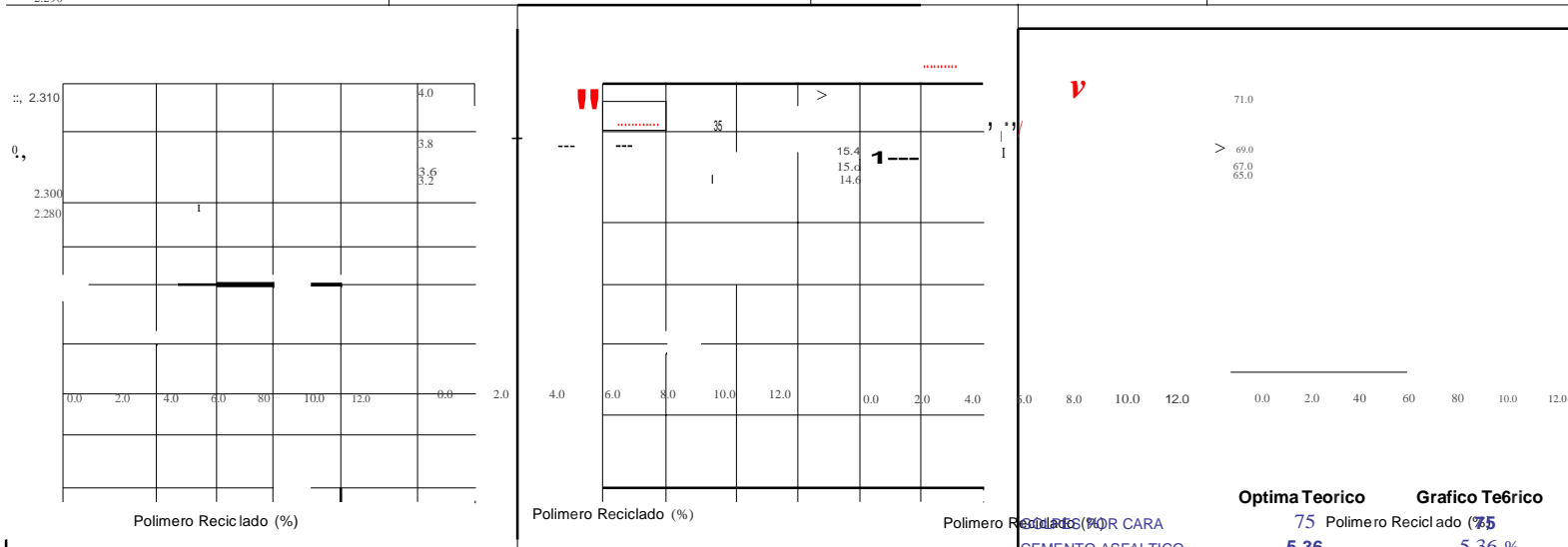
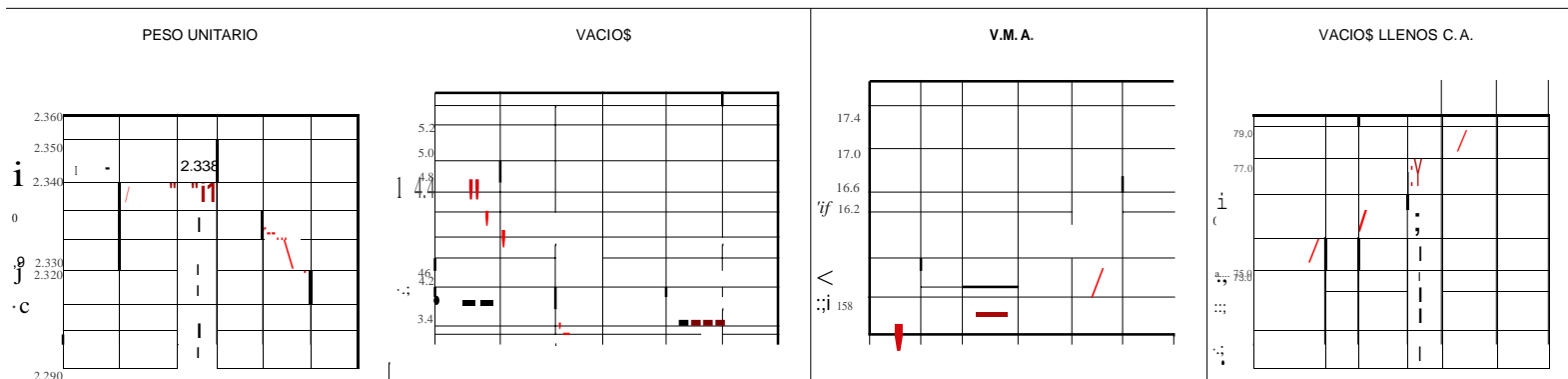
PROYECTO : "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"

MATERIAL : Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado.

ESTRUCTURA : Pavimento - Carpeta Asfaltica.

TRAMO : Tres Tomas

Registro N° : MACCAP-11-20/002
 Tee Resp : E.TicseC.
 Fecha : 2011212020



1450

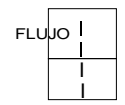
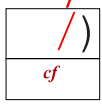
V

	Optima Teorico	Grafico Te6rico
Polimero Reciclado (%)	75	75
CEMENTO ASFALTICO	5.36	5.36 %
POLIMERO RECICLADO	0.39	0.39 %
PESO UNITARIO	2.335	2.338 gr/cm3.
VACIOS	3.48	3.52 %

4.0



4.1



1500

ESTABILIDAD

CARACTERISTICAS MARSHALL

3.9

,I

1) 1455

I

r\

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)



3.8

E

3.727

1400

6'

”

/

)

|

V.M.A.

15.2

15.1 %

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

VACIO

S

LLENOS

CON CA

77.2

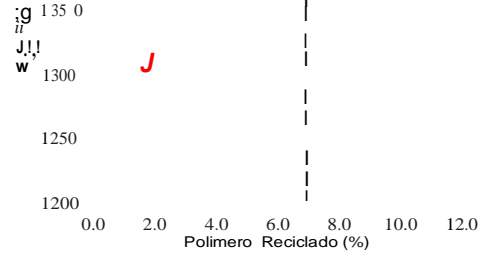
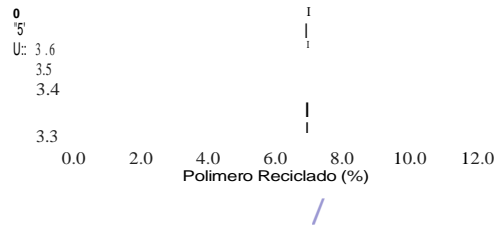
75.0 %

FLUJO

3.64

3.73 mm.

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)



RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)


RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSA. 
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) Tesista-UNPRG.

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)


RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado .	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fecha: 20/12/2020
TRAMO	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA									
DESCRIPCION : Diseio N°1, Mezcla Asfáltica en Caliente Modificado.									
TAMICES ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No 10	No40	No80	No 200	
% PASA MATERIAL	100.0	90.4	82.7	61.1	44.2	20.2	11.9	5.8	
ESPECIFICACIONES	100	80 -100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	
BRIQUETA N°				1	2	3		PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.36				
2	% Plastico . en Peso de la Mezcla				0.39				
3	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				36.63				
4	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				57.62				
5	% Cal Hidratada en peso de la Mezcla								
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.023				
7	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc				2.626				
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.578				
9	Peso Especifico del Filler (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				2.689				
11	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				2.627				
12	Altura promedio de la briqueeta cm								
13	Peso de la briqueeta al aire (gr)			1205.6	1206.6	1207.2			
14	Peso de la briqueeta al agua por 60- (gr)			1207.5	1208.4	1209.3			
15	Peso de la briqueeta desplazada (gr)			691.5	691.2	692.5			
16	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc)= (13-14)			516.0	517.2	516.8			
17	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)			2.336	2.333	2.336		2.335	
18	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.419				
19	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)			3.4	3.6	3.4		3.5	2-6
20	Peso Especifico Bulk Agregado Total = (2+3+4)/(2/6+3 /7+4/8)				2.596				
21	Peso Especifico Efectivo Agregado total = (2+3+4)/((100/17 -1/5)				2.639				
22	Asfalto Absorbido por el Agregado = (100 x 5 x (20-19))/(19 x 20)				0.63				
23	% de Asfalto Efectivo = 1-(21x(2+3 +4)/ 100				5.15				
24	Relacion Filler/Betun				1.13				0,6 - 1,2
25	V.M.A. = 100-(2+3+ 4+5)x(1 6/19)			15.2	15.3	15.2		15.2	14.0% min
26	% Vacios llenos con C.A. = 100x(24-18)/24			77.5	76.7	77.4		77.2	65 - 85
27	Flujo (mm)			3.56	3.56	3.81		3.64	2.0 - 4.0 mm
28	Estabilidad sin corregir (Kg)			1365	1412	1462			
29	Factor de estabilidad			1.00	1.00	1.00			
30	Estabilidad Corregida 27 * 28			1365	1412	1462		1413	900 kg min
31	Estabilidad / Flujo = (29/26) x 100			3834	3966	3833		3878	


 Edgard Ticse Cárdenas
 Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.


 Nilton Chavez Penas
 Tesista-UNPRG.


 K andez
 Tesista UNPRG

**RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-20/002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado.	Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento • Carpeta Asfáltica.	Fecha: 20/12/2020
TRAMO	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

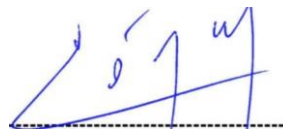
DESCRIPCION : Diseño N°1, Mezcla Asfáltica en Caliente Modificado

1	Contenido de Cementa Asfáltico	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36
2	% Plastico. en Peso de la Mezcla	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
3	Peso Probeta al Aire	1205.6	1206.6	1207.2	1220.4	1225.3	1215.6
4	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1207.5	1208.4	1209.3	1222.4	1227.8	1218.4
5	Peso de la Probeta en el Agua	691.5	691.2	692.5	698.5	702.3	696.6
6	Volumen de la Probeta	516.0	517.2	516.8	523.9	525.5	521.8
7	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.336	2.333	2.336	2.329	2.332	2.330
8	Lectura del Dial Anillo Marshall	1365	1412	1462	1312	1358	1324
9	Estabilidad sin corregir	1365	1412	1462	1312	1358	1324
10	Factor Estabilidad	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00
11	Estabilidad corregida (kg)	1365	1412	1462	1260	1304	1324
12	Promedio Estabilidad (30 Minutes) (kg)		1413				
13	Promedio Estabilidad (24 Horas)					1296	
14	Estabilidad Retenida (%)				91.7		


Obsevaciones :



Edgard Ticse Cardenas
Tee Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesis ta-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesis ta UNPRG

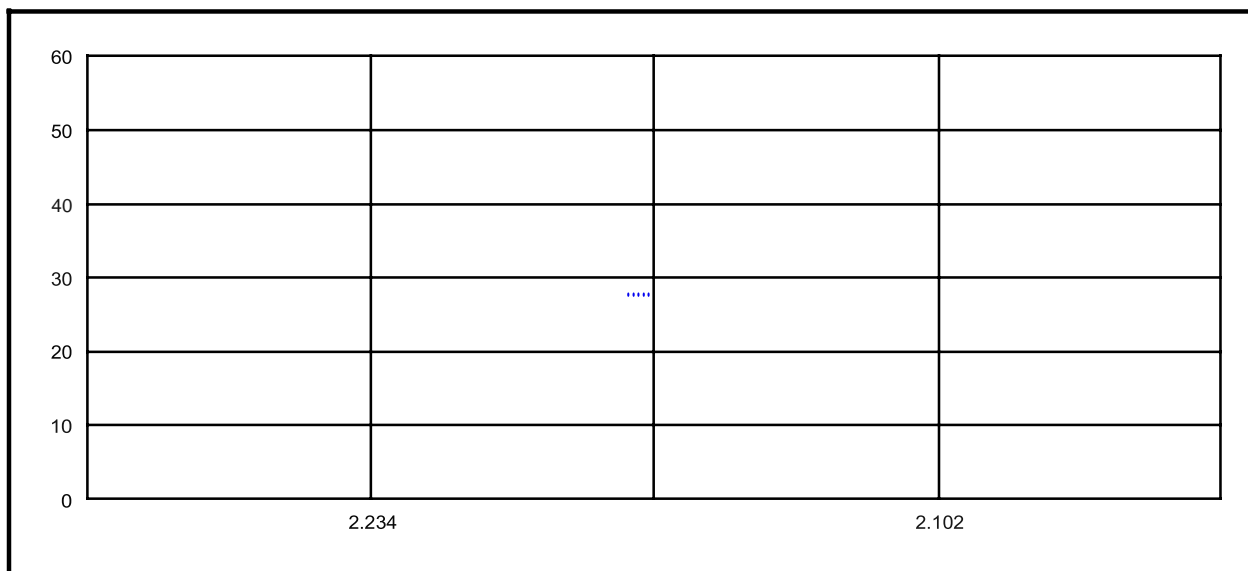
**RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS
EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfalticos Flexibles:
: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado" Registro N°: MACCAP-11-20/002
MATERIAL : Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado . Tee Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA : Pavimento - Carpeta Asfaltica . Fecha: 2011212020
TRAMO : Tres Tomas

DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCION : Diseio N°1, Mezcla Asfaltica en Caliente Modificado .



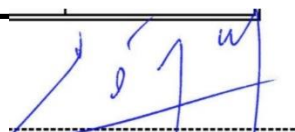
N° de Muestras	01	02	03	04
N° de Golpes Marshall	50	50	5	5
1.- Peso Briqueta al Aire	1213.4	1210.3	1217.2	1175.9
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1216.4	1212.6	1237.1	1201.8
3.- Peso por Desplazamiento	674.1	669.9	657.5	642.8
4.- Volumen de la Briqueta	542.3	542.7	579.6	559.0
5.- Peso Unitario (Gr.Ice)	2.238	2.230	2.100	2.104
PROMEDIOS	2.234		2.102	

2.234	2.102
50	5

0.132
GEB(50) - GEB(5)

IC = 7.58


Edgard Ticse Cardenas
Tee Resp. Suelos y Pavimentos.


Nilton Chav z Penas
Tesisista-UNPRG.


Ket ym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS V PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado "	Registro N°: MACCAP-11-2002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado.	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento • Carpeta Asfáltica.	Fecha: 2011212020
TRAMO	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

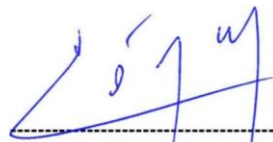
DESCRIPCION : Diseio N°1, Mezcla Asfáltica en Caliente Modificado.

MUESTRAN ²	01	02	03	04
PROGRESIVA	MUESTRA DE PROOUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO	3027.5	3027.5	3027.5	3027.5
2.- PESO DEL FRASCO+ AGUA	7985.5	7985.5	7985.5	7985.5
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7485.9	7483.1	7481.3	7481.0
4.- PESO DEL FRASCO+ MUESTRA + AGUA	8705.0	8708.5	8710.4	8706.4
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1219.1	1225.4	1229.1	1225.4
6.- AGUA DESPLAZADA (2)-(3)	499.6	502.4	504.2	504.5
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.440	2.439	2.438	2.429
CONTENIOO % C.A.	5.69	5.63	5.52	5.40

Observaciones :



Edgard Ticse Cárdenas
 Tec° Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
 Tesista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
 Tesista UNPRG

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles: Convencional y con Adicion de Polimero Reciclado"	Registro N°: MACCAP-11-2002
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto Modificado o.	Tec Resp : E.Ticse C.
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.	Fee ha: 2011212020
TRAMO	Tres Tomas	

DATOS DE LA MUESTRA

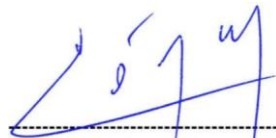
DESCRIPCION : Diseño N°1, Mezcla Asfáltica en Caliente Modificado.

MUESTRA N°	05	06	07	
PROGRESIVA	MUESTRA DE PRODUCCION			
1.- PESO DEL FRASCO	3027.5	3027.5	3027.5	
2.- PESO DEL FRASCO+ AGUA	7985.5	7985.5	7985.5	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7476.5	7465.7	7473.6	
4.- PESO DEL FRASCO+ MUESTRA + AGUA	8705.9	8706.5	8712.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1229.4	1240.8	1238.4	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	509.0	519.8	511.9	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.415	2.387	2.419	
CONTENIDO % C.A.	5.29	5.17	5.36	


Observaciones :



Edgard Ticse Cárdenas
 Tecº Resp. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
 Tesista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
 Tesista UNPRG

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"Estudio Comparativo del Comportamiento a Compresion Simple de pavimentos Asfálticos Flexibles:	Registro N°:	MACCAP-12-20/001
	Convencional y con Adicion de Polimero Recicla do"	Tee Resp :	E.Ticse C.
MATERIAL	Mezcla de Agregados para Asfalto.	Fecha:	18/12/2020
ESTRUCTURA	Pavimento - Carpeta Asfáltica.		
CANTERA	Tres Tomas		

METODO DE COMPACTACION							DOSAJE 5.75 0/10			
			Condiciones humeda 60 °C				Condiciones seca 25 °C			
ENSAYO	N2		1	3	5	7	2	4	6	8
DIAMETRO	D	cm	10.16	10.16	10.13	10.15	10.1	10.10	10.16	10.17
ESPEJOR (ALTURA)	t	cm	6.73	6.78	6.81	6.48	6.89	6.90	6.83	6.72
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1220.4	1219.6	1222.6	1216.3	1216.3	1222.8	1215.8	1218.3
SSD DE LA MUESTRA (10 MINUTOS)	B	Gr.	1228.6	1226.3	1228.6	1224.5	1232.3	1232.6	1226.8	1227.5
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA (SUM)	C	Gr.	685.2	683.8	686.0	685.6	693.6	690.2	687.6	688.0
VOLUMEN(B - C)	E	c.c.	543.4	542.5	542.6	538.9	538.7	542.4	539.2	539.5
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A/E)	F	Gr./c.c.	2.246	2.248	2.253	2.257	2.258	2.254	2.255	2.258
ASTM D-2041	G	Gr./c.c.	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407	2.407
VACIOS (100(G - F) / G)	H	%	6.7	6.6	6.4	6.2	6.2	6.3	6.3	6.2
VOLUMENDE VACIOS (H'E / 100)	I	c.c.	36.38	35.81	34.66	33.58	33.38	34.38	34.09	33.35
CARGA	p	Kg.					381	432	402	426

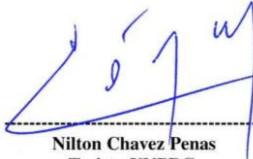
Sa1urac11n: 201111.			MUESTRA SATURADA EN VACIO							
SSD DE LA MUESTRA	B'	Gr.	1253.0	1250.4	1243.6	1243.6				
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C'	Gr.	706.5	704.4	698.0	700.8				
VOLUMENDE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	546.5	546.0	545.6	542.8				
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J'	c.c.	32.6	30.8	21.0	27.3				
SATURACION (100 J' / I)		%	89.6	86.0	60.6	81.3				
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.6	0.6	0.6	0.7				

CONDICIONES DE SATIRACIIN POR 24 Hrs. l 60° C en Agua.										
ESPEJOR	t"	cm.	6.76	6.81	6.80	6.80				
SSD DE LA MUESTRA	B"	Gr.	1258.2	1257.5	1250.6	1248.40				
PESO DE LA MUESTRA EN EL AGUA	C"	Gr.	707.9	708.1	701.2	702.4				
VOLUMEN (B" - C")	E"	c.c.	550.3	549.4	549.4	546.0				
VOL. AGUA DE ABSORCION (B" - A)	J"	c.c.	37.8	37.9	28.0	32.1				
SATURACION (100 J" / I)		%	103.9	105.8	80.8	95.6				
HINCHAMIENTO (100 (E" - E) / E)		%	1.27	1.27	1.25	1.32				
CARGA TRACCION.	P"	Kg.	303	349	326	356				
RESISTENCIA SECA 2P / lDPI	Std	Kg/cm3					3.49	3.95	3.69	3.97
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / l" DPI	Stm	Kg/cm3	2.81	3.21	3.01	3.28				
TSR 100 Sun / S w	TSR	%					80.5	81.4	81.6	82.7
PROMEDIO	TSR	%							81.6	

Observaciones:



Edgard Ticse Cárdenas
Tec°. Suelos y Pavimentos.



Nilton Chavez Penas
Tesisista-UNPRG.



Kellym Gastelo Fernandez
Tesisista UNPRG

Anexos H: Cotizaciones

LISTA DE PRECIOS DE ASFALTOS

LISTA N°: ASFA-05-2021
VIGENTE DESDE: 18-Mar-21

PRECIOS EX- PLANTA TALARA

Despachos	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 40/50 AL 120/150 (*) Código: 63, 64, 65, 66 y 67	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-70 Código: 59	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60
Carros Cisterna	8.11 Soles/Galon + IG V	8.24 Soles/Galon + IG V	8.20 Soles/Galon + IG V
Cilindro (55 galones)	8.16 Soles/Galon + IG V	8.29 Soles/Galon + IG V	8.25 Soles/Galon + IG V

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-30 Código: 57	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-70 Código: 58
Carros Cisterna	8.84 Soles/Galon + IG V	8.81 Soles/Galon + IG V
Cilindro (55 galones)	8.89 Soles/Galon + IG V	8.86 Soles/Galon + IG V

PRECIOS EX- PLANTA CONCHAN

Despachos	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 10/20 Código: 61	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 20/30 Código: 62	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 40/50 AL 120/150 (*) Código: 63, 64, 65, 66 y 67
Carros Cisterna	8.40 Soles/Galon + IG V	8.40 Soles/Galon + IG V	8.11 Soles/Galon + IG V
Cilindro (55 galones)	8.46 Soles/Galon + IG V	8.46 Soles/Galon + IG V	8.16 Soles/Galon + IG V

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-70 Código: 59	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-30 Código: 57
Carros Cisterna	8.24 Soles/Galon + IG V	8.20 Soles/Galon + IG V	8.84 Soles/Galon + IG V
Cilindro (55 galones)	8.29 Soles/Galon + IG V	8.25 Soles/Galon + IG V	8.89 Soles/Galon + IG V

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-70 Código: 58
Carros Cisterna	8.81 Soles/Galon + IG V
Cilindro (55 galones)	8.86 Soles/Galon + IG V

PRECIOS EX - PLANTA MOLLENDQ

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60
Carros Cisterna	8.29 Soles/Galon + IG V
Cilindro (55 galones)	8.34 Soles/Galon + IG V

EFFECTO FACTOR TERMICO
(Consultar con representantes de Ventas)

Home > All Industries > Rubber & Plastics > Plastic Raw Materials > Plastic Masterbatches [Subscribe to Trade Alert](#)

High Dispersibility Low Density Polyethylene Pellets polymer distributors Caco3 Filler Masterbatch

1000 Kilograms \$300.00
Ship to Peru To Be Negotiated
LeadTime 3 days (Q)



\$0.30 / Kilogram 1 Kilogram (Min. Order)

Quantity: 1000 Kilograms

Total To Be Negotiated

Customization: Customized logo (Min. Order: 20000 Kilograms)
Customized packaging (Min. Order: 20000 Kilograms)
More v

Start Order
(6 Contact Supplier)
(Call us)

Trade Assurance protects your Alibaba.com orders
Payments: VISA T/T Online Transfer Alipay Western Union WU IU
Alibaba.com Logistics Inspection Solutions Production View One-Stop Service

Add to cart

View larger image



Share

Chat Now

Browsing History

Gold Supplier

Shandong Nuosen Plastic Co., Ltd.
Manufacturer, Trading Company

CN 3YRS

3h Response Time

4,000+ for 6 Transactions

75.0% On-time delivery rate

You may also like



PP/PE/ABS/PIA/EVA bulk plastic material pellets...
\$0.30
1 Kilogram (MOQ)



NUOSEN bulk plastic abs pellets raw material...
\$400.00 - \$1,000.00
5.0 Tons (MOQ)



Polietileno de baja densidad Titanium Dioxide blanco...
\$1.50
1000 Kilograms (MOQ)



High Dispersibility Low Density Polyethylene Pelle...
\$0.30
1 Kilogram (MOQ)



HOT SALE ! Low Density Polyethylene plastic CACO...
\$0.30
1 Kilogram (MOQ)

(J) Lucky participants will get USD 30 !
Quick Survey: tell us your sourcing needs



Product Details Company Profile

Report Suspicious Activity

Product 1 Company Information Certifications Contact Us

Overview

Quick Details

Place of Origin: Shandong, China
Model Number: NS-03
Color: White
MFI(SKG/190°Q) : 5-40g/10min
Calcium Carbonate : 75%-85%

Brand Name: Nuosen
Product Name: Low Price PP/PE Calcium Carbonate Filler Masterbatch for Pl...
Certification: All International Certificates
Carrier: PPPE
Packing: Paper plastic composite bag

MOQ: 1 TON
Appearance: White particles

Application: woven bags container bags hollow plates

Packaging & Delivery

Selling Units: Single item
Single package size: 30X30X30 cm
Single gross weight: 25.000 kg

Package Type: 1. Paper plastic composite bag or pe bag, or as your requirement. 25kg/bag, net weight.
2. 20ft container can load 25 tons without pallets, 22 tons with pallets.

Picture Example:

Lead Time(?): Quantity (Kilograms) 1 - 20000 >20000
Est. Time (days) To be negotiated

Product Description

Calcium Carbonate Filler Masterbatch	
Index	Value
Carrier	PE/PP
Calcium Carbonate Content	75%-85%

[Messenger](#)

[A
TOP](#)

[https://www.alibaba.com/product-detail/High-Dispersibility-Low-Density-Polyethylene-Pellets_62510748393.html?spm=a27ai.12350312.valid-sup.](https://www.alibaba.com/product-detail/High-Dispersibility-Low-Density-Polyethylene-Pellets_62510748393.html?spm=a27ai.12350312.valid-sup)

MFI (SG/190°)	5-40g/10min
Density	1.8-2.2g/cm³
Intermiscibility	PE/PP/PVC

Calcium carbonate filler masterbatch is a kind of plastic masterbatch as the carrier of PE/PP/ABS. The mesh of CaCO₃ powder is determined by clients' usage. As our usual production, it is 800 mesh to 6000 mesh. The masterbatch is widely used in PE/PP/ABS or any other plastic products, such as PE plastic bags, injection molding, extrusion, wire drawing, etc.

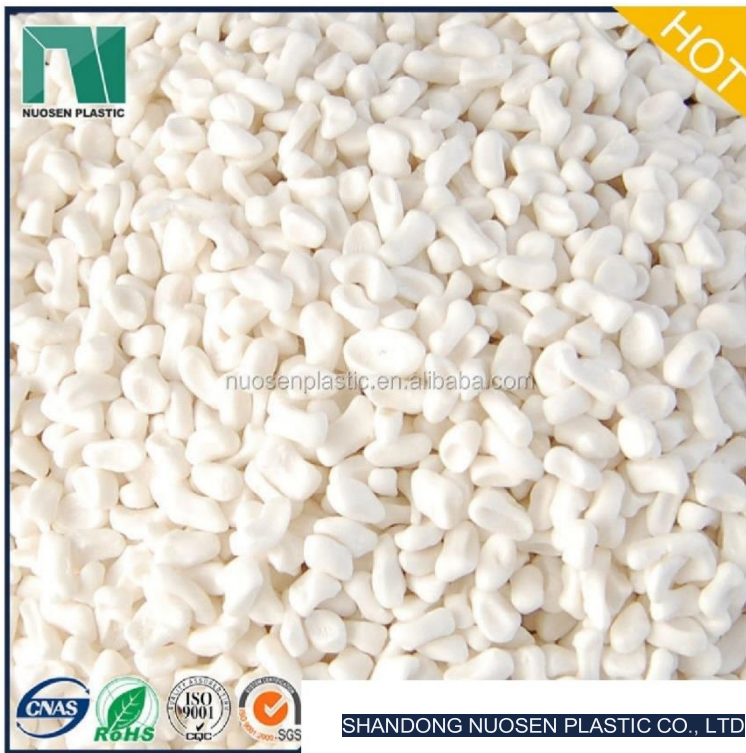
Product Photos&Details



Test Equipment



Related Products



Our Service&Our Advantages

1. For the same price, we supply the best quality products.
2. For the same quality products, we can offer you the lowest price.
3. Wide range of different quality grades products. Can produce as per customer's demand, can do OEM production.

Chat Now

CD
Browsing
History

4. Prompt shipment, very short lead time.
5. Experienced workers and technicians, our boss has been in the plastic field for more than 20 years
6. ISO 9001 certificate, SGS certificates, Food grade certificates
7. Sixteen production lines, annual production capacity can reach to 30,000 metric tons.
8. We have a rich export business experience, and we have exported to USA, Turkey, Lebanon, Pakistan, Taiwan, Venezuela, India, Colombia, Argentina, Brazil and other countries.

Application



Packaging & Delivery



Company profile

ShanDong Nuosen Plastic Co., Ltd., located in Shandong Province (the northern area of China), has been one of the biggest masterbatch manufacturers in China since its establishment in 2008. Now the annual production capacity of our company has reached to 64,000 metric tons, including black masterbatch 20,000 metric tons, defoaming masterbatch 20,000 metric tons, white and color masterbatch 10,000 metric tons, filler masterbatch 10,000 metric tons, polyethylene wax 4000 metric tons. Our masterbatch can be widely applied to film blowing, injection molding, pipe, sheets, electric cables and so on. All the products are carefully put through quality-controlled inspections. The products of the company.

With advanced production and test equipment, skilled workers, experienced technicians and great manufacturing capability, Shandong Nuosen Plastic Co., Ltd. enjoys high reputation among companies in both domestic and international companies. We are cooperating closely with more than 500 companies inside the country and our products have been exporting to many countries or areas including United States of America, Canada, Venezuela, Southeastern Asia, the Middle East, Africa, Europe and so on.

Chat Now

CD
Browsing
History

TOP

Work Place&Production Process



PRODUCTION PROCESS



Raw Materials

2.Mixing and Heating

3.Extrusion

1.



4.Shaping and Filtrating

5.Packing

6.Finished Production

Company Information



SHANDONG NUOSEN
PLASTIC CO., LTD



Certification s

CERTIFICATIONS

Contact Us

Ms Amanda

Chat Now

CD
Browsing
History



Home > All Industries > Rubber & Plastics > Plastic Raw Materials > Plastic Masterbatches

Note: Please be cautious and check with your supplier if this product is for virus protection purposes and if the coronavirus (COVID-19) will affect your order.



PP/PE/ABS/PLA/EVA bulk plastic material pellets plastic color masterbatch

\$0.30/Kilogram 1 Kilogram (Min. Order)

Quantity: Kilograms

Customization: Customized logo (Min. Order: 20000 Kilograms) Customized packaging (Min. Order: 20000 Kilograms) More

Trade Assurance protects your Alibaba.com orders Payments: VISA TIT OneTouch 16:Pay WesternUnionWU AliExpress Alibaba.com Logistics Inspection Solutions Production View One-Stop Service

1 Kilograms \$0.30 Ship to Peru To Be Negotiated Lead Time 3 days (Q)

Total To Be Negotiated

Start Order (6 Contact Supplier)

(Q: Call us) Add to cart

Chat Now

Browsing History

View larger image



Share

You may also like



PP PE color masterbatch for 11m or injection molds... \$1.72 1000 Kilograms (MOQ)



abs pla 3d printer filament bulk plastic material pellet... \$1.00 500 Kilograms (MOQ)



PP/PE/ABS/PLA/EVA bulk plastic material pellets... \$0.30 1 Kilogram (MOQ)



NUOSEN bulk plastic abs pellets raw material... \$400.00 - \$1,000.00 5.0 Tons (MOQ)



plasticdana/pp dana/ Plastic MB black... \$500.00 - \$1,500.00 1.0 Tons (MOQ)

Lucky participants will get USD 30! Quick Survey: tell us your sourcing needs



Product Details

Company Profile

Report Suspicious Activity

Contact Us

Overview

Quick Details

Place of Origin: Shandong, China Model Number: NS-03 Color: White MFI(5KG/190°Q): S-40g/10min Calcium Carbonate: 75%-85%

Brand Name: Nuosen Product Name: Low Price PP/PE Calcium Carbonate Filler Masterbatch for PL... Certification: All International Certificates Carrier: PPPE Packing: Paper plastic composite bag

MOQ: 1TON Appearance: White particles

Application: woven bags container bags hollow plates

Packaging & Delivery

Selling Units: Single item Single package size: 30X30X30 cm Single gross weight: 25.000 kg Package Type: 1. Paper plastic composite bag or pe bag, or as your requirement. 25kg/bag, net weight. 2. 20ft container can load 25tons without pallets, 22tons with pallets.

Picture Example:



LeadTime (d): Quantity (Kilograms) 1 - 20000 >20000

Est. Time(days)

To be negotiated

factory price high quality pp pe pet ps pa plastic color masterbatch

PROPERTIES	RANGE
CARRIER RESIN	PE/PP/EVA
PELLET SHAPE & SIZE	2.5mm-3mm Pellet
COLOR	CUSTOMIZED

Messenger

[A](#)
TOP

PIGMENT(CARBON BLACK)	CUSTOMIZED
PIGMENT CONTENT	10%-60%
FILLER CONTENT	0-40%
COLOR INTENSITY	95%-105%
MELTING POINT	120°C-150°C
MOISTURECONTENT(105°C)	≤0.15 %
MFI 190°C/5KGS	2-20g/10min
DENSITY	1.2-1.6g/cm3

Color masterbatch adopts PE/PP carrier, inorganic, organic, and a variety of special effects pigments, and suitable additives. Custom-made available. We offer the most cost-effective product according to the requirements or the actual production situation of the customers.

Ratio of Dosage :

Mix the masterbatch with resin materials uniformly at the ratio of 1:25-1:50 (or according to specific products' requirements).Use it directly after mixing evenly and drying.

Chat Now

CD
Browsing
History

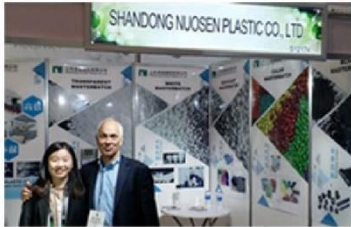
PRODUCT DETAILS



EXHIBITION



9
AMERICAN NPE



9
GERMAN K SHOW



Recommended by seller



Food grade black masterbatch
\$0.50 - \$1.50 / Kilogram
1000.0 Kilograms

1. How to use masterbatch?

A: Simple for using, just mix up with the resin granules according to the dosage ratio under appropriate temperature.

02. The difference between the general use and the special purpose masterbatches?

1:Special purpose masterbatch : used as the same material as carrier. For example,ABS products often use master batches based on ABS.

2:General use masterbatch: Use one resin as carrier, but also can be used for coloring other resins.

In general, it's easy to use this masterbatch but there are some shortcomings.
A. Poor predictability of the color. The final color changes according to the change of resin.
B. Affect other characters of plastic products.

Especially the hardness of products for it's easy to be deformed and distorted, especially for engineering plastic
C. Higher cost

General use masterbatches often use pigments which have higher heat resistance grade and higher cost.

Contact Us

Chat Now

CD
Browsing
History

APPLICATION FIELD



From FRI OWING

Application:

It is widely used in packaging films, bottles, caps, hoses, appliances, toys, household appliances, office supplies, automotive trims and building pipe materials. It is fit for extrusion, blow molding, casting, injection molding and other processing techniques.

Chat Now

Browsing History

PACKAGING AND SHIPPING



1



2



3

4



OUR EQUIPMENT AND LABORATORY





Amanda Zhou
Sales Manager
Mo bile: +86 17753476377

www.nuosenmasterbatch.com

Address: XU YUANZI INDUSTRIAL PARK, DEZHOU, SHANDONG, CHINA 250000
Tel: +86-534-6106797
Fax: +86-534-6107797
Whatsapp: +86 17753476377
Wechat: amanda17753476377
Skype: +86 17753476377
QQ: 1107749043

WECHAT



Hello dear friend, this is amanda, the sales director.

Chat Now

I'm online, you also can call me and whatsapp, +86 17753476377

We produce :

- Black/white color masterbatch
- Black/white/grey desiccant masterbatch,
- Talc/caco3/baso4/na2so4 filler masterbatch
- Optical brightener OB-1

CD
Browsing History

Send your message to this supplier

To: Amanda Zhou

*Message: Enter your inquiry details such as product name, color, size, MOQ, FOB, etc.

For better quotations, include:
- A self introduction
- Special requests, if any

Your message must be between 20-8000 characters

Quantity: 1

1 Kilogram Kilograms

VI

Recommend matching suppliers if this supplier doesn't contact me on Message Center within 24 hours. [Click!](#) Request for quotation.

Agree to share my Business Card to the supplier.

Supplier's popular products



PP PE Nylon PS Flame Retardant black...

\$1,000.00
1 Ton (MOQ)



Plastic Row Material Yellow Color PE Plastic Color...

\$1.00
1 Ton (MOQ)



black masterbatch for pelleting suppliers

\$400.00 - \$1,400.00
1.0 Tons (MOQ)



PP PE color masterbatch for film or other plastic...

\$1,000.00
1 Ton (MOQ)



Plastic material carbon black masterbatch granule...

\$0.60
1 Kilogram (MOQ)

Not exactly what you want? 1 request, multiple quotations [Get Quotations Now](#)

Related Searches :

biodegradable pla pellet for injection molding wholesale
bulk yellow color masterbatch
wholesale usa



Alibaba.com Site: International - Español - Portugues Deutsch - Français - Italiano - 日本語 - Русский - 中文 - 8

9y.11 W1 -m 1t-1V1U - Ti.Irk - Nederlands - tieng Viet- Indonesian - n!l:w

AliExpress | 1688.com | Taobao Global | Alipay | Lazada

Browse Alphabetically | Onetouch | Showroom | Country Search | Suppliers | Affiliate

Product Listing Policy - Intellectual Property Protection - Privacy Policy - Terms of Use - User Information - Legal Enquiry Guide

© 1999-2021 Alibaba.com All rights reserved. | ifi- | li:l 33010002000092% | il/r82-20120091

https://www.alibaba.com/product-detail/PP-PE-ABS-PLA-EVA-bulk_62511684618.html?spm=a2700.wholesale.0.0.5cf5133Va8Ji5



FICHA TECNICA
BOLSAS DE BASURA 25 Litros
PLANO TACHITOS-GRANEL
(B99750)

ILKO PERU SAC
 Av. Alameda San
 Marcos 393 Urb. Villa
 Marina Chorrillos -
 Lima-Peru.
 Telf: 715 4000
 Fax: 715 404

Características Generales	Material	Polipropileno Baja Densidad R-1
	Pigmentación	Negra
	Formato	PLANO

DIMENSIONES	Ancho	42.5 ± 2 cm
	Largo	54.3 ± 2 cm
	Espesor	1.1 micras
	Peso unitario	1.9 gr.

CAPACIDAD	<u>Kg.</u>	L
	6	25

Característica Físicas	Forma	Rectangular
	Color	Opacas
		No translucidas
	Sellado	Pareja
		Sin roturas
	Terminación	Lisa
Sin roturas		
Presentación	Sin aceites	
	Sin polvo	

Embalaje	Paquete	100 un x paquete
	Master	<i>Es granel</i>

Código	EAN13	Depende de la presentación*
	DUN14	<i>No tiene</i>
Código de Producto	Normal	B99750

*Ver Anexo



FICHA TECNICA
BOLSAS DE BASURA 25 Litros
PLANO TACHITOS-GRANEL
(B99750)

ILKO PERU SAC
Av. Alameda San
Marcos 393 Urb. Villa
Marina Chorrillos -
Lima-Peru.
Telf: 715 4000
Fax: 715 404

Sellado

Fonda y lateral

Fuelle	Tipo	Laterales
	Dimension	15.0 ± 10 % cm

Control	Planilla	En Unea
	Inspección	Final

Observaciones:

Se rechazaran todas las bolsas que no cumplan con los parametros especificados.

Los contenedores deben ir correctamente etiquetados y ubicados en pallet de acuerdo a lo especificado por el cliente

Si el lote es aceptado, pasa a ser almacenado y sera materia prima para la presentaci6n de dos productos (Ver Anexo)



FICHA TECNICA
BOLSAS DE BASURA 25 Litros
PLANO TACHITOS- GRANEL
(B99750)

ILKO PERU SAC
Av. Alameda San
Marcos 393 Urb. Villa
Marina Chorrillos -
Lima-Peru.
Telf: 715 4000
Fax: 715 404

ANEXO - Presentación 1

BOLSAS P/BASURA NEGR 25 L x 7 UNID TACHITOS



Características	Código	17750005
	Código EAN	7750943000010
	Modelo Empaque	1
	Contenido en empaque	7 bolsas por empaque
	Dimensiones	Largo: 37.4 ± 2 cm Ancho: 18.3 ± 2 cm
	Peso de empaque	12 ± 2 gr
	Master	25 empaques

FICHA TECNICA

BOLSA BASURA 25 LT CARGA LIGERA X 50 UN TACHITOS



Ficha Tecnica

Atributos	Detalle
Características	Biodegradables, Carga ligera _____
Mic	1.4
Capacidad	25 litros 20" x 20"
Material	Plastico _____
Uso	Residuos Hogar _____
Ancho	50.8cm
Largo	50.8cm
Origen	Peru _____
Tamaño	Grande
Incluye	50 unidades _____
Color	Negro _____



Botella PE'r. 500 ml Modelo 45

M Descarga especificaciones del producto

Gramajes disponibles:

16.7 g

Colores disponibles:



Medidas de la pieza:

Alto: 205.5 mm

Largo:

Ancho: 64.5 mm

Diámetro de la rosca

Tapa de rosca 28 mm

Capacidades

Capacidad Nominal: 500 ml

Capacidad de Oerrame: 500 ml

Compartir:

Anexos I: Panel Fotográfico



LABORATORIO DE MATERIALES Y PAVIMENTOS



Foto N° 01



Foto N° 02



Foto N° 03



Foto N° 04

Prensa Marshall

PLANTA ASFALTICA Y MATERIAL PETREO



Foto N° 01
Agregado fino -Arena chancada



Foto N° 02
Grava chancada.



Foto N° 03
Planta asfáltica "Corporación Asfalpaca S.AC".

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL -MARSHALL



Foto N° 01

Calentamiento de las componentes de las mezclas
asfálticas.



Foto N° 02

Calentamiento de los moldes Marshall.



Foto N° 03

Elaboración de mezcla asfáltica convencional



Foto N° 04

Medición de la temperatura



Foto N° 05

Compactación mecánica manual de la probetas Marshall



Foto N° 06

Compactación mecánica manual de la probetas Marshall



Foto N° 07

Producción de probetas Marshall convencional

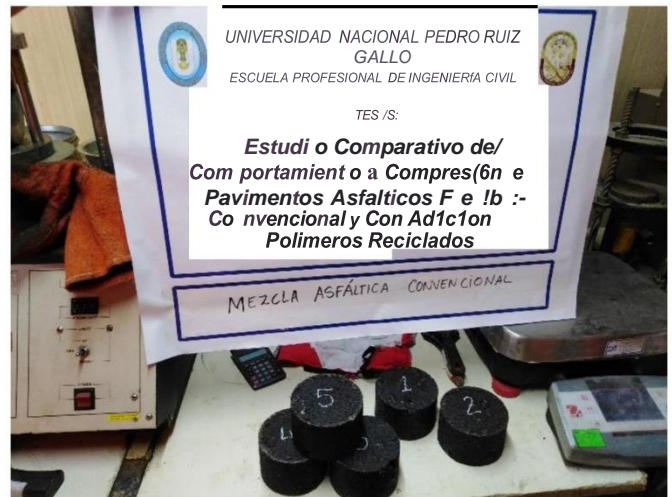


Foto N° 08

Producción de probetas Marshall convencional



Foto N° 09

Determinación del peso específico de probetas Marshall convencional

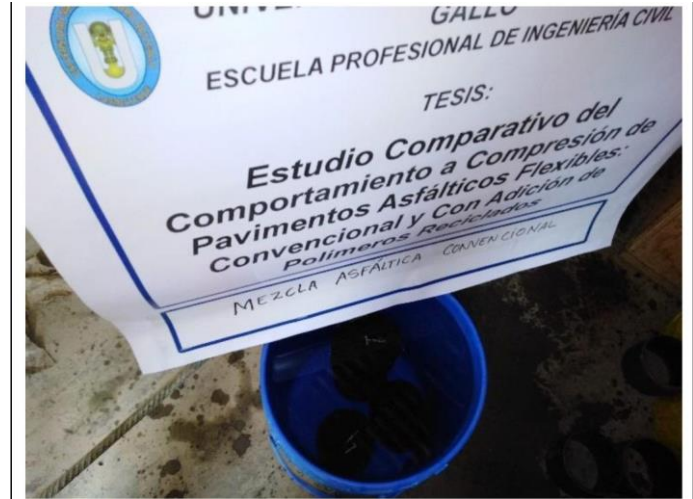


Foto N° 10

Determinación del peso específico de probetas Marshall convencional



Foto N° 11

Baño María de probetas Marshall a 60°C



Foto N° 12

Rotura de briquetas en la presa Marshall



Foto N° 13

Disefio Marshall convencional

DISENO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMEROS RECICLADOS



Foto N° 1

Lugar de acopio de los polfmeros reciclados



Foto N° 2

Maquina trituradora y aglutinadora del plastico



Foto N° 3

Maquina peletizadora del plastico

Foto N° 4

Polimeros reciclados peletizado



Foto N° 5

Colocaci6n polfmeros reciclados



Foto N° 6

Probetas de mezcla asfaltica modificada



Foto N° 7

Probetas de mezcla asfáltica modificada



Foto N° 8

Probetas desmoldadas de mezcla asfáltica modificada



Foto N° 9

Probetas desmoldadas de mezcla asfáltica modificada



Foto N° 10

Determinación del peso específico de las probetas de mezcla asfáltica modificada



Foto N° 11

Bafio Marfa a 60°C de las probetas de mezcla modificada



Foto N° 12

Diseño Mezcla Asfáltica Modificada con Polímeros Reciclados

ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO



Foto N° 1

Colocación de mezcla asfáltica dentro del molde de compactación.



Foto N° 2

Especímenes de mezcla asfáltica convencional y mezcla modificada



Foto N° 3

Saturación de las muestras al 55% y 80%



Foto N° 4

Rotura a tracción indirecta de los especímenes