



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Silvestre Velasquez Deyvis Fausto

ASESOR:

Mg. Carlos Minaya Rosario

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA- PERÚ

2017-I

Página del Jurado

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a dios por las bendiciones derramadas, a mis padres que siempre están cuando uno más los necesita, siendo su apoyo moral e indispensable en mi aspiración profesional.

Agradecimiento

Gratifico al profesor del curso de proyecto de investigación por su experiencia temática y científica para la culminación del estudio además de sus valiosas críticas en la corrección de la matriz de consistencia, que hace posible la realización del presente trabajo, siendo un resultado de asesoramiento y conocimientos compartidos.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Deyvis Fausto Silvestre Velásquez, con DNI N° 71096900, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideraras en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que todas la documentación que acompaño es verdadera y auténtica.

Así mismo, confieso también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 20 de Julio del 2017

Silvestre Velásquez, Deyvis Fausto.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Ante ustedes me dirijo en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo expongo ante ustedes mi Tesis titulada “Comparación técnica y económica entre las carpetas asfálticas tradicionales y reforzado con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener mi título de Ingeniero Civil.

Autor: Silvestre Velásquez, Deyvis Fausto.

ÍNDICE

Página del Jurado	
Dedicatoria.....	iii
ÍNDICE	vii
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Trabajos previos: (Antecedentes):	17
1.2.1. Antecedentes Internacionales	17
1.2.2 Antecedentes Nacionales.....	19
1.3 Teorías relacionadas al tema	21
1.3.1 Asfalto:	21
1.3.1.1 Definición:.....	21
1.3.1.2 Composición	22
1.3.1.3 Producción del asfalto:	23
1.3.1.4 Propiedades físicas del asfalto (características):.....	24
1.3.1. 4.1 Consistencia:.....	24
1.3.1.4.2 Durabilidad.....	24
1.3.1. 4.3 Viscosidad.....	25
13.1.4.3 Susceptibilidad térmica:	25
1.3.1.4. 5. Elasticidad:	25
1.3.1.4.6 Adhesión y cohesión:	25
1.3.1.4.7 Endurecimiento y envejecimiento:	26
1.3.1.5. Función	27
1.3.2 Clasificación de los asfaltos de pavimentación	27
1.3.2.1 Cementos asfálticos:.....	27
1.3.2. 1. Caracterización por penetración.....	27
1.3.2.1.2 Caracterización por viscosidad:.....	28
1.3.3 Plástico.....	29
1.3.3.1 Definición.....	29
1.3.3.2. Reciclado de plásticos:.....	29

1.3.3.2.1 Obtención del plástico y ubicación:.....	29
1.3.2 Asfaltos modificados.....	30
1.3.4.1 Antecedentes:.....	30
1.3.4.2. Definición.....	32
1.3.4.3. Razones para usar modificadores de Asfaltos:.....	32
1.3.4.3.1. Deformación de la carpeta asfáltica:.....	32
1.3.4. Procesos de modificación del asfalto:.....	34
1.3.5.1. Proceso por vía seca:.....	34
1.3.5.2. Proceso por vía húmeda.....	34
1.3.6. Agentes modificadores de asfalto:.....	35
1.3.6.1. Polímeros:.....	35
1.3.6.1.1. Los elastómeros:.....	35
1.3.6.1.2. Los plastómeros:.....	36
1.3.6.1.3. Caucho molido de llanta:.....	36
1.3.6.2. Pavimento adicionado con plásticos reciclados:.....	37
1.3.6.3. Ventajas del Uso de Asfaltos Modificados:.....	37
1.3.6.3.1. Ventajas del uso de plástico reciclado en el asfalto:.....	38
1.3.6.3.2. Clasificación de las ventajas de los asfaltos modificados:.....	38
1.3.6.3.2. Desventajas del uso de plástico en los asfaltos.....	40
1.3.7. Ensayos en el diseño de asfaltos.....	42
1.3.7.1. Definición:.....	42
1.3.7.2. Ensayo a los agregados:.....	42
1.3.7.3. Ensayo al asfalto:.....	43
1.3.7.3.1. Ensayo a la mezcla asfáltica convencional y con plástico reciclado.....	43
1.4. Formulación del problema.....	46
1.5. Justificación.....	46
1.6. Hipótesis.....	47
1.7. Objetivos:.....	47
II. Método.....	49
2.1. Diseño, tipo y nivel de investigación:.....	49
2.1.1. Diseño de investigación:.....	49
2.1.1 Nivel de investigación:.....	50
2.1. Variables, operacionalización.....	50
2.2.1 mezcla asfálticas reforzada con plástico.....	50
2.2.2 desplazamientos y deformaciones.....	50

2.3. Población y muestra.....	51
2.3.2. Muestra.....	51
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	51
2.3. Métodos de análisis de datos.....	52
2.4. Aspectos éticos.....	52
III. resultados.....	54
3.1. Ensayo de agregado grueso.....	54
3.1.1. Análisis granulométrico norma MAC.....	54
3.1.2. Durabilidad (al Sulfato de magnesio).....	56
3.1.3 Abrasión Los Ángeles.....	57
3.1.4 Partículas chatas y alargadas.....	58
3.1.5 Caras fracturadas.....	59
3.1.6 Absorción.....	60
3.2 ENSAYOS DE AGREGADO FINO.....	61
3.2.1 Equivalente de Arena.....	61
3.2.2 Índice de Plasticidad (malla N.º 40 y Nº 200).....	62
3.2.3 análisis granulométrico del plástico.....	63
3.3 ensayos Marshall a la mezcla asfáltica.....	64
3.3.1 mezcla asfáltica tradicional.....	64
3.4 ensayo Marshall a la mezcla asfáltica modificada con pastico.....	73
3.4.1 mezcla asfáltica modificada.....	73
3.4.2 comparación estadística de las mezclas asfálticas.....	83
3.5 costos.....	86
3.5.1 costos de producción.....	86
3.6 beneficios.....	88
3.6.1 ahorra en la producción de la mezcla asfáltica.....	88
3.6.2 vida útil del pavimento.....	88
IV. DISCUSIONES.....	89
V. CONCLUSIONES.....	90
VI. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIA.....	92
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	93
ANEXOS.....	96
✓ Instrumento.....	97
✓ Panel fotográfico.....	115

RESUMEN

La actual investigación tiene su objetivo primordial determinar un mejor comportamiento de la carpeta asfáltica con plástico reciclado en comparación con una carpeta asfáltica tradicional. Para ello, se ha analizado grupos de ensayo asfáltico como instrumento, por un lado, el grupo de control que una mezcla asfáltica convencional y como grupo experimental una mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado. Según los resultados obtenidos en la parte experimental, se la mezcla asfáltica experimental presenta una leve reducción en el flujo de con respecto a la mezcla de control, lo cual indica que además de proporcionar propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez, obteniendo una mezcla con dos cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes.

Por otro lado, económicamente, Se puede observar que el porcentaje de incidencia del cemento asfáltico modificado con el PET es de. Asimismo, el costo total de producción por m³ de mezcla asfáltica modificada es más económica, representando un menor costo en comparación al costo de la mezcla asfáltica tradicional.

ABSTRACT

The current research has its primary objective to determine a better behavior of the asphalt folder with recycled plastic compared to a traditional asphalt folder. For this purpose, asphaltic test groups were analyzed as an instrument, on the one hand, the control group as a conventional asphalt mixture and as an experimental group an asphalt mixture modified with SBS polymer. According to the results obtained in the experimental part, the experimental asphalt mixture presents a slight reduction in flow with respect to the control mixture, which indicates that in addition to providing elastic properties to the mixture, also provides rigidity, obtaining a mixture with two very important qualities for resistance to permanent deformations. It is evidenced that the experimental asphalt mixture presents a slight reduction in flow with respect to the control mixture, which indicates that in addition to providing elastic properties to the mixture, it also brings rigidity, obtaining a mixture with two very important qualities For resistance to permanent deformations.

On the other hand, from the economic point of view, it can be observed that the percentage of incidence of asphalt cement modified with PET In addition, the total cost of production per m³ of modified asphalt blend less than the traditional asphalt mix cost.

INTRODUCCIÓN

La construcción de carreteras por la misma necesidad y exigencia de las ciudades en la actualidad han hecho q las técnicas de construcción sean más exigentes y cumplan con la demanda, lo cual hoy en día la tecnología en desarrollo de pavimentos ha ido innovando y se cuenta con diferentes y nuevas emulsiones asfálticas realizando diferentes pruebas o ensayos en los materiales que componen un asfalto.

Por ese motivo la presente investigación se realizó con el fin de evaluar las características de un asfalto reforzado o modificado en sus distintas características y así poder proponer un nuevo diseño.

Se evalúa las ventajas y desventajas, beneficios costos y problemas o alternativas que representa el uso de un asfalto modificado; las propiedades físicas y mecánicas y como puedo contribuir en la reducción de diferentes características no favorables en el asfalto, haciéndolo más rígido o flexible a altas y bajas temperaturas.

Con respecto al medio ambiente con el diseño que proponemos se ayudaría mucho a mantener nuestro ambiente al reciclar productos plásticos y poder aprovechar sus características dándoles un uso técnico en el diseño de pavimentos ya que la contaminación producida por ellos en nuestro país es algo que se da cada día y en aumento por lo que también se contribuiría a una cultura de educación ambiental a las personas.

Es necesario adecuarse a las demandas actuales de tráfico, pero también se deben prever las futuras, esto se logra mediante una mejor selección de materiales, es decir, es necesario caracterizarlo para poder evaluar sus propiedades físicas y mecánicas. En el mercado actual este producto se está dando a conocer por lo tanto no existen fuentes escritas de información sobre el tema; la mayoría de la información de este trabajo fue recopilada de páginas webs que contenían dicha información.

1.1. Realidad problemática

La necesidad de interconectar íntegramente al país para desarrollar el mercado interno y mercado externo hace que las carreteras sean infraestructuras muy importantes las cuales ayudan al país en su desarrollo económico, cultural y tecnológico.

En el Perú las vías se encuentran deterioradas o en algunos casos sin asfaltar y sin mantenimiento en un estado de olvido.

De acuerdo con un informe de ProVías Nacional, “las carreteras departamentales asfaltadas poseen los 2.340 km, de un total de 24.235 km. Esto equivale a solo 9,7% de avance. Los otros más de 20.000 km son trochas en pésimo estado o caminos nivelados” (Talledo, 2015, párr.5).

El Pavimento de una carretera está sujeto a la acción continua del tráfico y de la meteorología. Estos dos factores junto con la inadecuada pavimentación y el envejecimiento natural de los materiales hacen que el pavimento sufra progresivamente deterioros lo cual conlleva a un menor periodo de vida útil.

En la siguiente figura 1, 2,3 y 4 elaborado por el MTC se muestra el estado de la red vial nacional y una comparación de costos de la realidad con lo ideal.

Figura 1. Estado de la red vial nacional

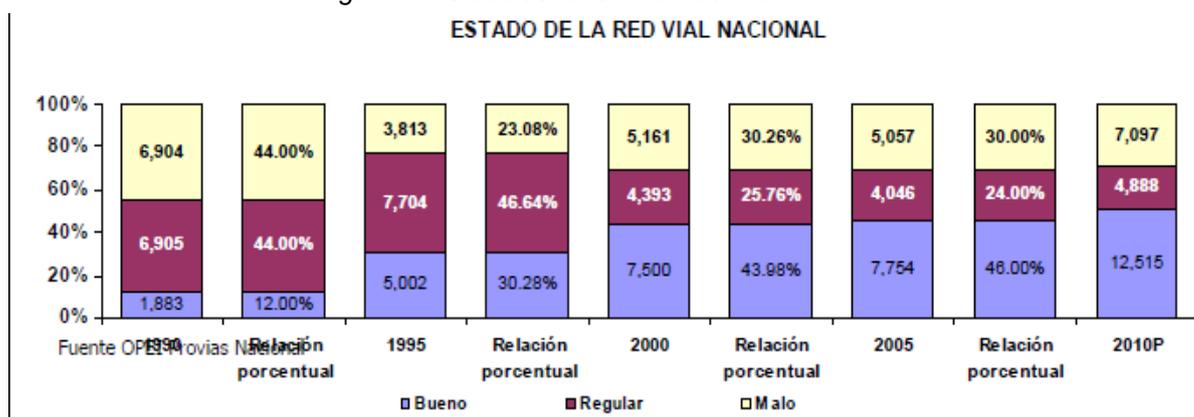


Figura 2.modelos ideal de gestión de mantenimiento de pavimentos.

MODELO IDEAL DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS EN UN PERIODO DE 10 AÑOS			
Actividad	Costo en US\$	Cantidad de intervenciones en 10 años	Costo Total en US\$
Inversión inicial de Rehabilitación por Km.	1,000,000.00	1	1,000,000.00
Inversión de conservación rutinaria pavimento nuevo por Km./año	5,000.00	10	50,000.00
Inversión de conservación periódica por Km. (mortero asfáltico)	50,000.00	2	100,000.00
Costo total para rehabilitar y preservar 01 Km. de pavimento en 10 años			1,150,000.00

Fuente: ministerio de transportes-2010.

Figura 3. Modelos reales de gestión de mantenimiento de pavimentos.

MODELO REAL DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS EN EL PERÚ REALIZADO HASTA ANTES DEL AÑO 2007			
Actividad	Costo en US\$	Cantidad de intervenciones en 10 años	Costo Total en US\$
Inversión inicial de Rehabilitación por Km.	1,000,000.00	2	2,000,000.00
Inversión de conservación rutinaria pavimento nuevo por Km./año	2,000.00	10	20,000.00
Inversión de conservación periódica por Km. (mortero asfáltico)	-	0	-
Costo total para rehabilitar y preservar 01 Km. de pavimento en 10 años			2,020,000.00

Fuente: Fuente: ministerio de transportes-2010.

Figura 4. Recursos perdidos por kilómetro de mantenimiento de pavimentos.

RECURSOS PERDIDOS EN PERÚ POR CADA KILÓMETRO DE CARRETERA QUE NO TUVO UNA CORRECTA CONSERVACIÓN EN UN PERIODO DE 10 AÑOS	
Costo de Modelo Real en US\$	2,020,000.00
Costo de Modelo Ideal en US\$	1,150,000.00
Monto de los Recursos Perdidos por cada kilómetro en US\$	870,000.00

Fuente: *Fuente:* ministerio de transportes-2010.

Como se muestra en las figura 4 nos muestra una gran pérdida de dinero en la mala realización de una conservación lo que no sucedería si se realiza la construcción de una manera adecuada o si los pavimentos tuvieran una mayor vida útil.

Por lo que se debe impulsar el uso de pavimentos ecológicos (actual tendencia mundial).

En busca de nuevas tecnologías para poder prolongar su conservación y vida útil de los pavimentos los cuales generen menos gasto en mediano y largo plazo.

En este contexto el reciclado de plástico y su uso en los pavimentos toman protagonismo y se convierte en una necesidad. Porque la creciente concientización y sensibilización por la conservación y la disminución de la contaminación ambiental hacen que sea una alternativa muy eficiente. En la búsqueda de nuevas tecnologías las cuales puedan tener mayor durabilidad, resistencia y menores costes, pero también se proteja el medio ambiente como parte de ello.

1.2. Trabajos previos: (Antecedentes):

1.2.1. Antecedentes Internacionales

- Para (Gonzales, 2013, p.12). “en su informe 13, su objetivo es proponer esta solución ubicada en una razón profunda para la realidad mexicana con aspectos a problemas en el pavimento, de ello se puede presenciar en distintos países comprendido en el Ecuador, su resultado fue interviniente para la realización de dicha mejora del pavimento, llegando a la conclusión que; en muchas pistas de México, en los lugares que suele ser demasiado calórico, se levantan frecuencias por el peso de vehículos de carga. Esto se halla debido a que la temperatura en el asfalto se reblandece y puede modificarse”.
- (Rodríguez, 2010, p.25). en su tesis titulada: “**Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero**”, para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Austral de Chile, en la ciudad de Valdivia – Chile, su objetivo principal fue hacer un análisis comparativo entre el asfalto convencional versus el asfalto corregido con polímeros, usando básicamente el ensaye Marshall. (Basado en el Manual de Carreteras), sus resultados fueron la dosis de los áridos para consecuencia de la alimentación es en frío, debe alterarse de acuerdo a la dispersión de sus granulometrías en el lapso de la obra y los moldes deberán ser de metal u otro material resistente, de superficies interiores lisas, libres de saltaduras, hendiduras o resaltes. Las superficies de los moldes que entran en contacto con el asfalto se untarán con una delgada película fue concluye lo siguiente:

“Al evaluar las consecuencias obtenidas de permanencia y fluencia se demuestra que las mezclas asfálticas hechas con

asfaltos reformados poseen un mejor comportamiento que las mezclas pulidas con asfalto convencional, tal como se esperaba, ya que la finalidad de modificar los asfalto es optimizar sus propiedades(Rodríguez, 2010, p.25).

Los asfaltos reformados con polímeros, pueden volver a su contextura original cuando se retira el esfuerzo de tensión que fueron sometidos.

- (Huertas y Cazar, 2014, p.25). En su tesis titulado; **“Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante asfáltico ac-20”**, Pará obtener el título de ingeniero civil, Universidad de las fuerzas armadas de Ecuador.

El objetivo fundamental es disminuir la contaminación del ambiente y así crecer los proyectos de reciclaje, cuidado y reutilización de desechos. Pará obtener el título de ingeniero civil, Universidad de las fuerzas armadas de Ecuador, los resultados transmitidos en el trabajo de investigación, se observa que el PET triturado retenido en el tamiz #4 y pasante del tamiz 3/8”, con un porcentaje de vacíos del 4%, tiene rangos menores en estabilidad al igualarlo con una briqueta tradicional con un porcentaje principal de asfalto de 6.5% y al 4% de vacíos, y a la vez muestra valores superiores en flujo tanto para la briqueta normal como para los límites de la norma NEVI-12, por lo tanto, se puede concluir;

Que este método al incorporar el Tereftalato de Polietileno mejor en poca cantidad en la estructura del pavimento con los datos expuestos en los literales 5 y 6 se establece que la mezcla con excelentes resultados logrados en este propósito de nivel es la mezcla asfáltica reformada con el 7,5 % de partículas de elastómero (pasante del tamiz No. 10 y retenido en el tamiz #. 40).

Los tipos de materiales como; elastómero (caucho) y tereftalato de polietileno PET, son utilizados en la transformación de mezclas asfálticas, como reformadores en parte de polímeros ya históricos en el mercado, en este modo se origina una causa alterna de diligencia de desechos no biodegradables que constituyan el manejo del ambiente.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

- (Hernández, 2008, p.10). En su tesis titulado: **“Asfaltos modificados y pruebas de laboratorio para caracterizarlos”**, para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, en la ciudad de Lima – Perú, su objetivo es determinar qué efecto produce el agua en las mezclas asfálticas, con la prueba de desprendimiento por fricción, su resultado fue que los niveles de concentración para disminuir su oxidación es de 0.5 % y para observar la sensibilidad del agua es de 1 a 2 % en agregados seco, lo cual concluye lo siguiente:

Se dio a conocer los materiales que se utilizan, para modificar los asfaltos convencionales, ya que aquellos materiales son el caucho, polímeros y el polvo del acero eficaces para un cambio importante mecánicos de las mezclas asfálticas. El manejo de estos gira en gran amplitud del juicio del proyectista, en que se basa en un juicio objetivo, en un punto de vista técnico.

También explica que el azufre ayuda a las propiedades de asfalto

Como la dureza, resistencia, viscosidad y ablandar la resistencia del envejecimiento.

- (Vargas, 2008, p.36). La tesis titulada: **“Utilización de asfaltos modificados en una vía para mejorar su rendimiento y resistencia Asfaltos”**, para obtener el título de Ingeniero Civil,

Universidad César Vallejo, en la ciudad de Trujillo – Perú, su objetivo principal fue describir el mejoramiento del rendimiento de la resistencia de asfaltos, sus resultados arrojan el 60 % por ciento de probabilidad de que si se podrá lograr el propósito, y el 40 % hay dudas, de lo cual se concluye lo siguiente:

Los asfaltos con polímeros tipo SBS o SB, son súper resistentes cuando inician su base original, sucede cuando se quita el rendimiento de tensión a que fueron sujetos y se dice que la elasticidad es una fuerza energética acumulada al disiparse.

- (Herrada, Chávez, 2013, p.21). En sus tesis cuyo título **“Uso de polímeros en el asfalto y su influencia en la variación de un pavimento”**, cuyo objetivo es análisis del comportamiento de la carpeta asfáltica con el uso de polímeros para evaluar su comportamiento en comparación a una carpeta asfáltica convencional, sus resultados arrojan según la encuesta, que la mayoría del 70 % por ciento es beneficiosa y ayuda a mejorar el pavimento y un 30 por ciento de la encuesta dijeron que no ayuda, llegando el autor a las siguientes conclusiones:

Que al usar las normas correspondientes para la construcción de pavimentos modificados es una buena alternativa que ayuda mucho en la construcción.

Los efectos de un diseño de pavimento, resulta fundamental para la iniciación de una buena obra, en lo cual requiere materiales imprescindibles para que se logre lo que se propone llegar, para trazar lo que se inició.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Asfalto:

1.3.1.1 Definición:

Para (Reyes, 2003, p.45). “El asfalto es como betún, es un material muy útil que está compuesto por agregados del petróleo, constituido por asfáltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad”

Además es sólido o semisólido y tiene propiedades cementantes a temperaturas adecuadas normales. Al calentarse se ablanda gradualmente hasta alcanzar una consistencia líquida.

“Está integrado por asfáltenos, resinas y aceites, de lo cual genera la consistencia, aglutinación y ductilidad, tiene que estar sometido a una temperatura normal, cuando se calienta su composición se vuelve líquido” (Reyes, 2003, párr. 3).

Es considerado un material termoplástico, lo cual es muy usado en la construcción de carreteras, autovías y autopistas al mezclarse con gravilla o arena, que a una determinada temperatura tiene.

Consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad. Se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras de diferentes tipos lo cual nos es muy útil.

1.3.1.2 Composición

La composición de los asfaltos puede darse de distintas maneras:

- **Según Simpson:**

Dice que los asfaltos generalmente consisten de:

- ✓ 70-80% de carbono
- ✓ 7-12% de hidrogeno.
- ✓ 0-1% de nitrógeno
- ✓ 1-7% de azufre
- ✓ 0-5% de oxigeno
- ✓ Una pequeña parte de metales de óxidos o sales dispersos o compuestos orgánicos que contienen metales.

- **Según (Pfieffer. 2002, parr.2).**

“Da la composición del asfalto en:

- ✓ grupos alifáticos saturados o parafinas.
- ✓ grupos nafténicos o ciclo parafinas.
- ✓ grupos conteniendo anillos aromáticos”

- **En el campo de la ingeniería civil se conoce como la composición de los asfaltos a:**

- ✓ 0.8 < de asfáltenos.
- ✓ 0.6 < de resinas.
- ✓ 0.6 < de aceites.

- ✓ En donde las resinas y aceites en conjunto se denominan máltenos.
- ✓ Los materiales de menor peso molecular contienen una cantidad considerable de carbonos en hidrógeno en forma de compuestos orgánicos del tipo de cadenas o alifática.
- ✓ Los compuestos de muy alto peso molecular consisten principalmente de materiales del tipo de anillos con muy pocas cadenas o alifáticos presentes.
- ✓ Debemos enfatizar que los asfáltenos, las resinas y los aceites no son 3 compuestos diferentes, sino que más bien hay un rango de pesos moleculares en cada una de esas 3 funciones.

1.3.1.3 Producción del asfalto:

El asfalto es adquirido del refinado por destilación del petróleo crudo. Es un procedimiento en el cual las diversas porciones (artículos) se aíslan de los no refinados, mediante métodos para una expansión en etapas de temperatura. Hay dos formas de refinación con las que se puede crear a raíz de haber unido petróleo sin refinar:

- ✓ Refinado al vacío
- ✓ Extracción solvente

Las porciones de luz se aíslan mediante refino básico. Los destilados más pesados, también llamados gasoils, se pueden aislar apenas por una mezcla del calor y del vacío.

Se puede crear utilizando refinado al vacío a una temperatura de alrededor de 480 ° C (900 ° F), que puede variar ligeramente dependiendo del aceite que se está refinando, o el nivel de black-top que se entrega. En el mango de extracción disoluble, más

gasóleos son expulsados del aceite, dejando un techo negro restante.

Contingente a la utilización, es el tipo de negro-top. En las refinerías, debe haber enfoques para controlar las propiedades de las tapas negras que se crean con un objetivo final específico para satisfacer ciertas necesidades. Esto se logra más a menudo que no, la mezcla de algunos tipos de petróleo sin refinar antes de la preparación, para crear evaluaciones moderadas. A lo largo de estas líneas un negro extremadamente pegajoso top y un negro menos grueso superior, se puede unir para obtener una negro-top con espesor medio.

1.3.1.4 Propiedades físicas del asfalto (características):

Las características de los asfaltos son generalmente:

1.3.1. 4.1 Consistencia:

Es dureza del material lo cual depende mucho de la temperatura ya que a altas temperaturas se denomina como una consistencia para definirla o moldearla.

1.3.1.4.2 Durabilidad.

Es el grado en que un asfalto puede sostener sus atributos únicos cuando se presenta a los procedimientos típicos de degradación y envejecimiento.

Es una propiedad que se juzga principalmente a través de la conducción del asfalto y por lo tanto es difícil de caracterizar tan lejos como las propiedades de la parte superior del asfalto. Esto se basa en que la conducción del asfalto está influenciada por la configuración de la mezcla, los atributos totales, el trabajo en el desarrollo y los diferentes factores que incorporan una solidez similar de la parte superior del asfalto.

1.3.1. 4.3 Viscosidad.

Es una propiedad pegajosa de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza.

13.1.4.3 Susceptibilidad térmica:

Esto sucede cuando sus propiedades varían con la temperatura.

El asfalto es un material termoplástico, resulta ser más grueso (duro) ya que su temperatura disminuye y menos pegajosa (delicada) a medida que aumenta su temperatura. Este elemento se conoce como vulnerabilidad a la temperatura.

El calor de indefensión cambia entre pavimentos de aceite de varios puntos de partida, independientemente de la posibilidad de que estos tengan un nivel similar de consistencia.

Su significado es que la parte superior del asfalto debe tener una facilidad adecuada a altas temperaturas con el objetivo de que pueda cubrir las partículas totales en medio de la mezcla y de esta manera permitirles moverse entre sí en medio de la compactación.

Debería resultar entonces ser adecuadamente grueso a temperatura ambiente ordinaria para mantener las partículas totales juntas.

1.3.1.4. 5. Elasticidad:

Es la propiedad que poseen algunos materiales para regresar a su estado natural al quitarles las cargas aplicadas.

1.3.1.4.6 Adhesión y cohesión:

La adhesión hace alusión a la capacidad de la parte del asfalto para adherirse al total en la mezcla de pavimentación. El apego, entonces de nuevo, es la capacidad de la parte superior del asfalto de sostener las partículas totales de forma inamovible sobre el asfalto terminado.

1.3.1.4.7 Endurecimiento y envejecimiento:

Los asfaltos tienen una tendencia a solidificarse en la mezcla de asfáltica en medio del desarrollo, y además en el asfalto terminado. Esta solidificación se produce en su mayor parte por el procedimiento de oxidación (negro-top consolidado con oxígeno), que ocurre con mayor eficacia a altas temperaturas (por ejemplo, temperaturas de desarrollo) y en finas películas negras (por ejemplo, Película que cubre partículas del agregado).

El asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas, mientras que cubrir las partículas del agregado en medio de la mezcla, esto hace que la oxidación y la solidificación más graves ocurren en esta etapa.

No todos se solidifican a una velocidad similar cuando se calientan en películas finas. De esta manera, cada asfalto debe ser probado de forma independiente para tener la capacidad de decidir sus atributos de maduración y, por lo tanto, cambiar los procedimientos de desarrollo para limitar la solidificación. Estas modificaciones incorporan la mezcla de la parte superior negra con el total a la temperatura concebible más reducida y por el más breve tiempo concebible prácticamente hablando.

La solidificación de la parte del asfalto se produce en el pavimento después del desarrollo. Una vez más, el conductor principal es la oxidación y la polimerización. Estos procedimientos se pueden diferir si se mantiene una gruesa capa del pavimento sobre el asfalto terminado, cubriendo las partículas totales.

1.3.1.5. Función

Las principales funciones del asfalto son:

- **Impermeabilizar la estructura del pavimento.** esto hace que disminuya la penetración de agua procedente de lluvias o precipitaciones de otros tipos.
- **Proporciona una íntima unión y cohesión entre agregados.** - esto hace que mejore la capacidad portante de la estructura.

Es el único material que garantiza una ejecución económica con estas dos características juntas, lo cual le permite tener la capacidad de flexibilidad sin agrietarse.

1.3.2 Clasificación de los asfaltos de pavimentación

De acuerdo a la *American Society for Testing and Materials* (ASTM), los asfaltos de pavimentación se clasifican en tres grupos generales:

1.3.2.1 Cementos asfálticos:

Están aislados bajo tres marcos únicos, cada uno incorporando grados distintivos con diversos alcances de consistencia.

1.3.2. 1. Caracterización por penetración.

Se aplica la norma ASTM D-946 (Clasificación estándar por grado de penetración para cementos de asfalto utilizados en pavimentación).

Esto incorpora los grados de entrada correspondientes:

- 40-50
- 60-70
- 85 – 100
- 120-150
- 200-300

Esta técnica se realiza dando a una aguja la oportunidad de entrar a la muestra de un asfalto bajo una carga dada. La separación de la aguja en la muestra dentro de un tiempo dado se mide en décimas de milímetro (0,1 mm). Una revisión 200-300 muestra que la aguja entró en el ejemplo, en estados particulares de 200 a 300 décimas de milímetro. Esto significa que un "delicado" asfalto, una revisión 40-50 significa que un "duro" asfalto.

1.3.2.1.2 Caracterización por viscosidad:

La norma ASTM D-3381 (Clasificación estándar por grado de viscosidad para cementos de asfalto utilizados en pavimentación) se delega a la luz de su consistencia total a 60 ° C. El poise (P) es la unidad de medida típica. Contingente sobre esto, los asfaltos se agrupan en:

- AC-5 (500 ± 100): se utiliza como parte de la fabricación de emulsiones de color negro para el sistema de agua de impregnación, el sistema de agua compuesto, el ajuste y las mezclas de asfalto en caliente.
- AC-10 (1000 ± 200): se utiliza como parte de la fabricación de emulsiones de asfalto para carpetas y morteros de mezcla en frío.
- AC-20 (2000 ± 400): utilizado como parte de la fabricación de mezclas calientes, emulsiones asfálticas utilizadas como parte de morteros y fijadores de mezcla en frío.
- AC-30 (3000 ± 600): utilizado como parte de la fabricación de mezclas calientes, emulsiones para carpetas y mezclas en frío.

1.3.3 Plástico

1.3.3.1 Definición

Los plásticos son materiales compuestos por resinas, proteínas y otras sustancias, y son fáciles de moldear y modificarlas ya sea de tamaño textura o forma colocándole a una determinada compresión y temperatura.

Para la revista Reinforced Plastics and Composites magazine (2011), por lo general, los plásticos son polímeros que se moldean a partir de la presión y el calor. Una vez que alcanzan el estado que caracteriza a los materiales que solemos denominar como plásticos, resultan bastante resistentes a la degradación y a la vez son livianos.

1.3.3.2. Reciclado de plásticos:

Es el proceso de recuperación y acopio de desechos de plásticos con la finalidad de su reutilización como materia prima para poder elaborar diferentes nuevos productos.

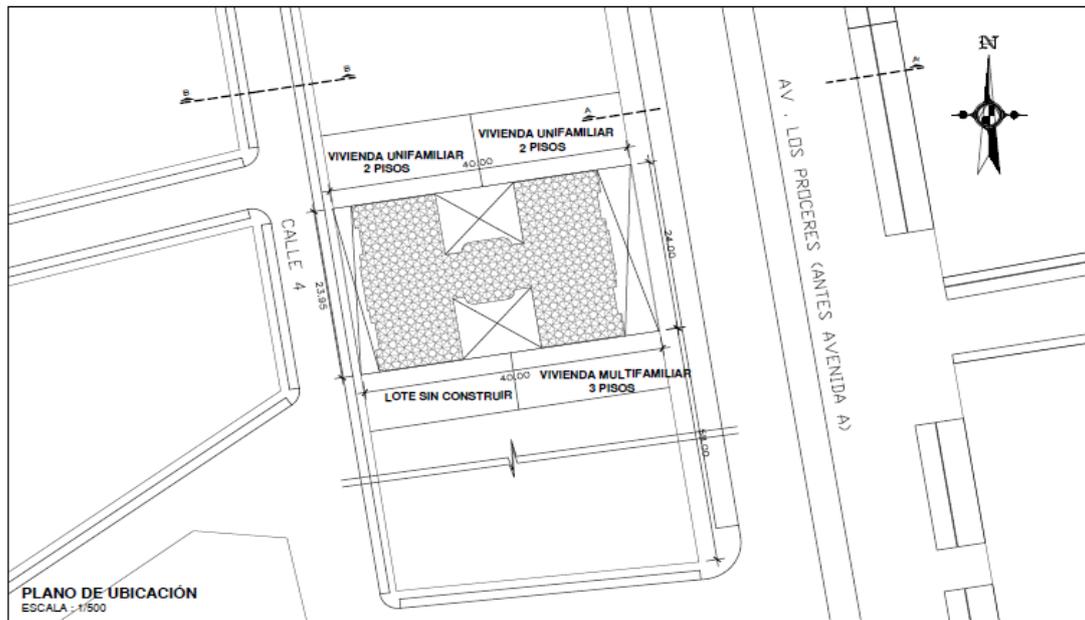
1.3.3.2.1 Obtención del plástico y ubicación:

En esta tesis se logró obtener el plástico a través de la recolección de residuos del distrito de los olivos en la empresa fio piale import.

En la av. Próceres de Huandoy manzana 26 lote PP2 urbanización puerta de pro.

A través de la trituración y posterior molido del pet.

figura 5. Ubicación de planta de trituración de plástico.



Fuente: elaboración propia.

1.3.2 Asfaltos modificados.

1.3.4.1 Antecedentes:

En la medida en que se trata de la parte auténtica del cambio de ligantes, la posibilidad de modificar el asfalto se remonta a 1960 en Italia, Francia y Alemania, donde se completaron las tareas de prueba primarias. En este tiempo en los Estados Unidos también surgió la ansiedad completando las principales empresas de desarrollo en 1960. En Italia se construyeron más de 1.000 km de calles con este tipo de asfalto, poniendo capas de rodamiento con asfaltos alteradas como base seca o látex.

Teniendo en cuenta el objetivo final de hacer la alteración de asfalto, es importante conocer la similitud de esto con el modificador para que existan juntos como sistema, es decir, debe ser miscible, mostrando una mezcla monofásica. La invisibilidad provoca la presencia de una

etapa momentánea. Un polímero es bueno con asfalto cuando la heterogeneidad de la mezcla no puede ser valorada por un examen visual.

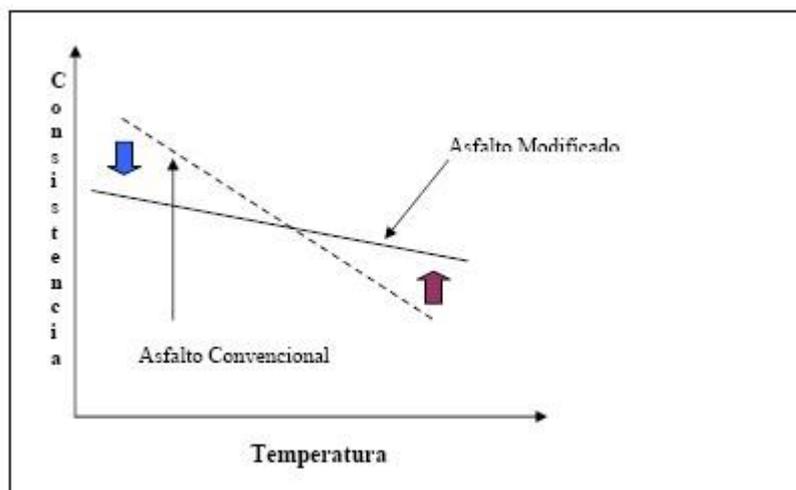
Pavimentos más ricos en partes de olor y alquitranes serán más buenos, ya que estas porciones son las que permiten que el polímero se desintegre. Los pavimentos más ligeros son los más ricos en asfáltenos y sumergidos.

La conducta de asfalto depende esencialmente de tres componentes:

- Temperatura
- Tiempo de carga
- Envejecimiento

A altas temperaturas y bajo cargas gestionadas, el asfalto continúa como un fluido pegajoso, es una mezcla de plástico que hace el que se produzca ahuellamiento. A bajas temperaturas y bajo cargas rápidas, se desarrolla claramente débil, trayendo divisiones transversales y división cálida.

Figura 6. Comportamiento Asfalto Convencional y Asfalto Modificado.



Fuente: Deformaciones Permanentes en mezclas asfálticas. Mórea, Francisco, 2011. p 31.

El objetivo buscado con la expansión de los polímeros a la parte del asfalto es mejorar su reología, buscando:

- Reducir la indefensión cálida
- Reducir la debilidad en las atmósferas frías y aumentar el apego en el clima caliente.
- Reduzca la indefensión al cargar los tiempos de aplicación.
- Aumentar la impermeabilidad a la distorsión y ruptura perpetuas en un ámbito más amplio de temperaturas, tensiones y tiempo de carga.
- Mejorar el cumplimiento de los totales.

1.3.4.2. Definición

El asfalto cambiado es una asfalto a la que altera sus cualidades subyacentes, que puede ser entre otras, el grosor, la dureza, la versatilidad, etc., con lo que es concebible permitir que el cemento asfáltico, Atributos importantes para oponerse a los esfuerzos, los operadores de atmósfera y las condiciones

Su desgaste, que podría ser inoportuno. Los atributos que ajustan el asfalto y el objetivo buscado se indicarán más adelante. Los especialistas en alteración utilizados son polímeros, látex y elástico procesado.

1.3.4.3. Razones para usar modificadores de Asfaltos:

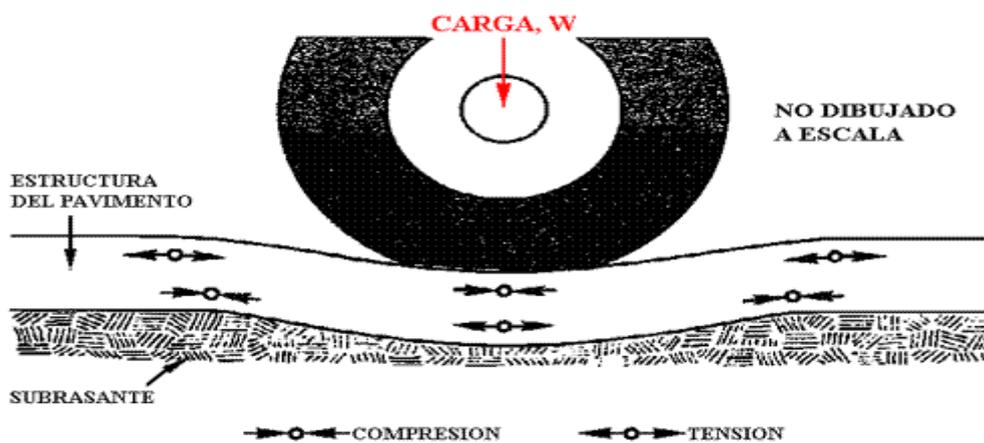
1.3.4.3.1. Deformación de la carpeta asfáltica:

Una distinción entre una carpeta inflexible, y concreto hidraulico, es que cada uno de ellos absorbe y transmite los montones a las capas básicas del asfalto. Como se comprueba que un organizador inflexible ingesta las pilas distribuidas, debido a su carácter de material inflexible, la propiedad con la cual no numera

una carpeta asfáltica, sobre la base de que debido a su temperamento, un organizador asfáltico tiene la carga directamente, lo deforma y lo transmite en una forma apropiada a la capa inferior.

La figura 7 muestra esquemáticamente la torsión en la mitad izquierda de un organizador de asfalto, mientras que en el lado correcto la envoltura inflexible está desfigurada.

Figura 7. Deformación de la Carpeta Asfáltica.



Fuente: Deformaciones Permanentes en mezclas asfálticas. Morea, Francisco, 2011. p 35.

Con la posibilidad de que la carga esta aplicada esta oportunidad producida de que es excesivamente inflexible, esto producirá grietas inmutables en la superficie de apoyo.

En el suelo adaptable se produce una torsión sin cambios cuando se agregan agregados de desfiguración plástica, con cargas recalentadas a altas temperaturas incluidas entre 40°C y 65°C (sobre el propósito de ablandamiento de la parte superior negra), tal como se ha dicho anteriormente está soportado por cargas elevadas y tiempos de uso moderados o retardados. Los elementos que soportan la presencia de deformaciones perpetuas son los altos pesos de hinchamiento de los neumáticos de los

vehículos, a pesar de que esto no depende del modelista, de una sustancia asfáltica alta en la mezcla, de la utilización de totales alargados y redonda, a pesar de la afición del pétreo a la humedad.

Otro fenómeno que se presenta, similar a la deformación permanente es el de agrietamiento por baja temperatura, este se presenta cuando el asfalto es demasiado rígido, debido a que presenta una elasticidad demasiado baja, lo que propicia que el asfalto se vea sujetado a esfuerzos de tensión antes de recibir alguna carga.

1.3.4. Procesos de modificación del asfalto:

La modificación de las mezclas asfálticas se pueden dar por dos métodos llamados procesos húmedos y procesos seco.

1.3.5.1. Proceso por vía seca:

Es cualquier método donde el material a adicionar se le adiciona mezclándolo con los agregados antes de adicionar el cemento asfáltico.

Cuando el material se quiere adicionar como un agregado más en la mezcla asfáltica por lo general constituyendo una parte del agregado fino lo cual puede estar entre el 1 y 3 % del peso total de los agregados de la mezcla. Por ello este método no necesita de un equipo especial solo una forma de adicionarla la cantidad necesaria en el momento adecuado para que se mezcle con el agregado cuando estos llegan a alcanzar una temperatura determina antes de añadirle el ligante.

1.3.5.2. Proceso por vía húmeda.

En este proceso húmedo, el plástico es mezclado con el cemento asfáltico para obtener la mezcla modificada asfalto- plástico lo cual será usado al igual que un ligante modificado.

La modificación de un asfaltó ligante depende de varios factores entre ellos; el tamaño, tipo, textura y proporción de plástico, tipo de asfalto, temperatura, tiempo durante el mezclado.

Hay cuatro formas más usadas del proceso húmedo las cuales son:

El mezclado por bachadas o tecnología McDonald, mezclado continuo y mezclado terminal.

1.3.6. Agentes modificadores de asfalto:

1.3.6.1. Polímeros:

Un polímero es una molécula larga formada por la reacción química de varias moléculas pequeñas las que forman largas cadenas.

Uno de los primeros polímeros conocidos por el hombre y su respectivo uso fue el látex natural, también llamado hule. Extraído del sangrado de un árbol llamado ulcuahuitl (árbol del hule)

Los polímeros pueden formarse resultando con distintas propiedades físicas; pero las que se usan en la modificación de asfaltos se clasifican en dos grupos principales.

- Elastómeros.
- Plastómeros.

1.3.6.1.1. Los elastómeros:

Es un material que al estirarse y por poseer elasticidad regresan a su forma original. Lo cual hace que mientras no esté estirado no añade resistencia al asfalto; en cambio en su estado estirado se logra una gran resistencia y que al retirarle el esfuerzo aplicado retoma su forma inicial.

1.3.6.1.2. Los plastómeros:

Es un material rígido tridimensional, este polímero se caracteriza por acelerar la resistencia a temprana edad. Y la desventaja es que puede romperse a una gran deformación si no se tiene con la estructura adecuada porque son bastante rígidos.

Los plastómeros más usados son: el etil vinilo acetato (EVA) polietileno y poliolefinas.

Por ello la mezcla asfáltica en su diseño debe realizarse eligiendo un polímero correcto verificando que sea compatible con el asfalto y su aplicación.

Generalmente se usa el elastómero ya que tiene una mayor resiliencia, y flexibilidad lo cual es necesario en un pavimento, mientras que los plastómeros aportan rigidez y estabilidad en un pavimento.

Lo que se obtiene de la modificación de un pavimento depende básicamente de la concentración, peso, composición y orientación molecular de un polímero, también de la procedencia del asfalto, su refinación y de los agregados que se usa. La diferencia de un asfalto modificado frente al tradicional es que tiene diferente reología, flujo y susceptibilidad térmica.

1.3.6.1.3. Caucho molido de llanta:

Después de su vida útil las llantas de vehículos son desechos no bio-degradables lo cual la eliminación de estos desechos es un problema mundial ya que existen una gran cantidad de vehículos y por ende cada vez hay más desechos de llantas.

El cuidado del medio ambiente es lo que realmente preocupa ahora en la sociedad, pero debido a que no haya una política de reusó no se logra en su totalidad a conservar nuestro medio.

Lo cual en estos tiempos hay estudios que se van dando con grandes resultados de que las llantas se pueden usar como un material para mejorar las características de un pavimento.

1.3.6.2. Pavimento adicionado con plásticos reciclados:

Tiene que ver con la incorporación de plásticos reciclados al pavimento ya sea en partículas o molido que son materiales o sustancias estables ante el cambio de temperaturas lo cual se añade al asfalto para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas y disminuir la susceptibilidad a los cambios de temperaturas y la humedad.

Lo cual al añadirle modificadores producen una actividad que incrementa la adherencia entre los materiales y el asfalto. También aumenta las resistencias a las deformaciones y esfuerzos de tensión repetidos y su flexibilidad reduciendo el agrietamiento.

Estos materiales en este caso el plástico reciclado se aplica directamente al material asfáltico antes de mezclarlos con los demás materiales

1.3.6.3. Ventajas del Uso de Asfaltos Modificados:

Ya que se conocen las diferencias más destacadas entre los asfaltos convencionales y los modificados. A continuación, se clasifican las ventajas de los asfaltos modificados:

1.3.6.3.1. Ventajas del uso de plástico reciclado en el asfalto:

Mars(2014), director de la subdivisión de carreteras de la empresa VolkerWessels asegura que "el plástico ofrece todo tipo de ventajas en comparación con la construcción actual, tanto en desarrollo de las carreteras como en su mantenimiento" (p. 75).

Por ejemplo, estas calzadas de plástico son más ligeras, reduciendo la carga sobre el suelo y permitiendo un mayor espacio para facilitar la instalación de cables y tuberías bajo la superficie.

Los paneles de plástico pueden ser prefabricados en una fábrica y transportados después a donde más se necesiten, lo que evita tener que construir en el mismo lugar por donde pasará la carretera, Ello, al ser más corto el tiempo de construcción y de mantenimiento, significará un menor volumen de retenciones causadas por obras viales.

1.3.6.3.2. Clasificación de las ventajas de los asfaltos modificados:

Mecánicas

1.- Aumenta la resistencia a la deformación y rotura en un rango más amplio de temperaturas y cargas.

2.- Los asfaltos modificados con plástico reciclado son más duros, pero flexibles lo que evita la formación de ahuellamiento y grietas.

3.- tienen más resistencia mecánica como a la tracción y buena adhesión a los agregados.

4.- El plástico reciclado se comprime al aplicar un esfuerzo, pero retoman su forma al ser retirado la fuerza.

5.- Se obtienen mezclas más flexibles a bajas temperaturas de servicio reduciendo el fisuramiento.

6.- tiene mayor durabilidad

7.- menores gastos de mantenimiento debido a la durabilidad que posee.

Térmicas

- Disminuyen la susceptibilidad térmica.
- Disminuyen la fragilidad en climas y aumentan la cohesión en tiempos de calor.
- Varía su comportamiento de acuerdo a la temperatura en que se encuentren.

Económicas

- El costo depende generalmente de su proceso de reciclado.
- Fácilmente disponible en el mercado.
- Menores costes en la obtención.
- Genera ganancias a la ciudadanía

- Menores gastos en conservación de los asfaltos.

Tiempo de vida

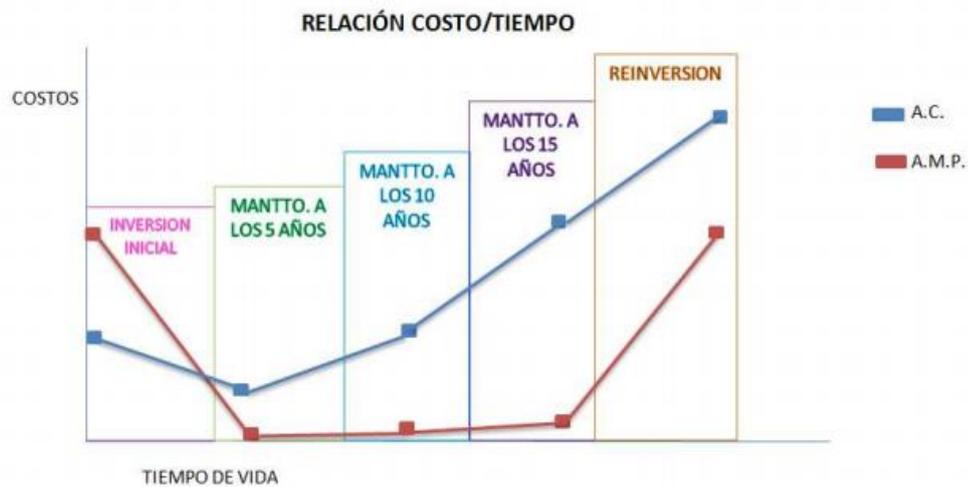
- El plástico reciclado proporciona una excelente resistencia al envejecimiento.
- Mejora la vida útil de las mezclas: reduciendo los trabajos de mantenimiento.
- El plástico reciclado aumenta la rigidez de los asfaltos lo cual ayuda a soportar cargas de una forma prolongada sin deformarse.
- impermeabilidad ante la humedad.

1.3.6.3.2. Desventajas del uso de plástico en los asfaltos.

- No haya lo suficiente plástico reciclado para vías de bastantes kilómetros.
- Dificultad al mezclar no todos los plásticos reciclados son compatibles con el asfalto.
- Deben de tenerse en cuenta los máximos cuidados al realizar la mezcla.
- Los agregados deben de estar muy limpios.
- La colocación debe realizarse a una temperatura determinada por su rápido endurecimiento.

En la siguiente grafica se muestra la diferencia económica entre los asfaltos convencional y modificado con plásticos reciclados.

Figura 8. Relación costo tiempo de un pavimento.



Fuente:(huertas cadena Guillermo, pavimentos con tereftalato de polietileno, 2014,parr.3).

Otras propiedades que el asfalto modificado mejora respecto del asfalto convencional son:

- Mayor plasticidad.
- Mayor cohesión.
- Mejora de la respuesta elástica.
- Mayor resistencia a la acción del agua.

Las propiedades que estos imparten dependen de los siguientes factores:

- Depende también del tipo y composición del plástico reciclado incorporado.
- Característica y estructura y aspensor del asfalto base.
- Proporción adecuada de asfalto y plástico reciclado.

1.3.7. Ensayos en el diseño de asfaltos.

1.3.7.1. Definición:

La mezcla asfáltica está compuesta por agregados y el asfalto lo cual deben de ser seleccionados y evaluados independiente mente y ya luego como un todo.

1.3.7.2. Ensayo a los agregados:

Es el ensayo que se realiza a los agregados para verificar los requisitos de calidad y las verificaciones técnicas de resistencia y durabilidad. Teniendo como base las normas técnicas peruanas, el MTC, ASTM Y EL AASHTO.

❖ ESTOS ENSAYOS QUE SE REALISAN SON:

- Agregados gruesos.

Tabla 1. *Requerimientos para los agregados gruesos*

ensayo	Norma
Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D-422, MTC E 204.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E209
Abrasión los ángeles	MTC E207
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791
Caras fracturadas	MTC E210
absorción	MTC E206

Fuente: manual de crreteras-EG-2013.

- **Agregados finos.**

Tabla 2. *Requerimientos para los agregados gruesos*

ensayos	Norma
equivalente de arena	MTC E 209
índice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 211
índice de durabilidad	MTC E 214
índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 211
absorción	MTC E 205

Fuente: manual de crreteras-EG-2013.

1.3.7.3. Ensayo al asfalto:

- Es el ensayo que se realiza al asfalto para ver el cumplimiento de las propiedades de diseño de la mezcla asfáltica.

1.3.7.3.1. Ensayo a la mezcla asfáltica convencional y con plástico reciclado.

- Es el ensayo que se realiza ya a la combinación de los agregados y el asfalto en su totalidad.

Estos ensayos son:

○ **El ensayo Marshall**

Tabla 3. *Requisitos para las mezclas asfálticas en caliente.*

Parámetro de diseño	Clases 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
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700- 4.000		

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de carreteras-EG- 2013 (MTC)

(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.

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

(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.

(4) El Índice de Compactibilidad mínimo será 5. El Índice de Compactibilidad se define como: $1/GEB\ 50 - GEB\ 5$; Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

❖ **Ensayo Marshall.** – es el ensayo por el cual se determina el contenido óptimo de asfalto para una combinación determinada de agregados.

El método Marshall solo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente y los que usan cemento asfáltico con viscosidad o penetración con agregados máximos a 25 mm o menos. Y usa muestras normalizadas de probetas de 64 mm de espesor y 103 mm de diámetro.

1.4. Formulación del problema

- ¿De qué manera la inclusión del plástico reciclado como agregado en las mezclas asfálticas mejora sus características físicas y estructurales?

Específico:

- ¿Cuánto mejora el comportamiento a las deformaciones permanentes en una mezcla modificada con plástico frente a una mezcla asfáltica tradicional?
- ¿Cómo el uso de plástico reciclado en las mezclas asfálticas mejora su capacidad para soportar cargas?
- ¿es económicamente factible la inclusión de plástico reciclado en la mezcla asfáltica frente a la mezcla asfáltica tradicional?

1.5. Justificación

El Desarrollo de un país debe basarse en la interconexión y en la integración de las distintas poblaciones con los mercados nacionales e internacionales, fomentando el intercambio entre ellas que permita potenciar sus ventajas competitivas.

Por ello es necesario innovar en la búsqueda de nuevas tecnologías que nos ayuden a que se construyan más carreteras con pavimentos asfálticos con mayor durabilidad y reduciendo los costos de mantenimiento.

En esta investigación el fin del diseño de los pavimentos reforzados con plásticos es mejorar las características mecánicas como: la resistencia a deformaciones, a los esfuerzos de tensión repetida, a la fatiga lo cual reduce el agrietamiento y fallas por ahuellamiento, así como la variación de temperatura por factores climatológicos o por el tránsito.

En lo que cada partícula del plástico reciclado le dará una propiedad diferente a la mezcla asfáltica pero también dependiendo de las circunstancias del tráfico, tipo de terreno y de las temperaturas.

Para tal fin es conveniente saber algunos datos acerca de las botellas plásticas para tomar más noción de su efecto negativo si no se reusa

- Las botellas tardan unos 700 años en biodegradarse o descomponerse.
- En un 90% del precio o costo del agua embotellada es por la botella.
- La gran parte de las botellas no se reciclan en un 70% se va a la basura cada año.

1.6. Hipótesis.

- La mezcla asfáltica con incorporación plástico reciclado tiene mejor características físicas y estructurales que la mezcla asfáltica tradicional.

Específicos.

- las mezclas asfálticas con incorporación de plástico reciclado tienen mayor resistencia ante las deformaciones por carga frente a la mezcla asfáltica tradicional.
- las mezclas asfálticas con plástico tiene una mejor capacidad para soportar cargas en comparación a la mezcla asfáltica tradicional.
- La mezcla asfáltica con plástico reciclado reduce los costos de producción y mantenimiento en comparación a la tradicional.

1.7. Objetivos:

General:

- determinar el porcentaje de mejora de las características físicas y estructurales de la mezcla asfáltica modificada con plástico en comparación a la tradicional.

Específicos:

- determinar el porcentaje de incremento en la capacidad para soportar cargas entre una mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado con una mezcla asfáltica tradicional.
- Obtener el porcentaje de incremento a la resistencia a las deformaciones entre una mezcla asfáltica modificada y la mezcla asfáltica tradicional.
- evaluar económicamente la mezcla asfáltica reforzada con plástico reciclado frente a la mezcla asfáltica tradicional.
- Determinar la diferencia de densidades de la mezcla asfáltica modificada y la mezcla asfáltica tradicional.

II. Método

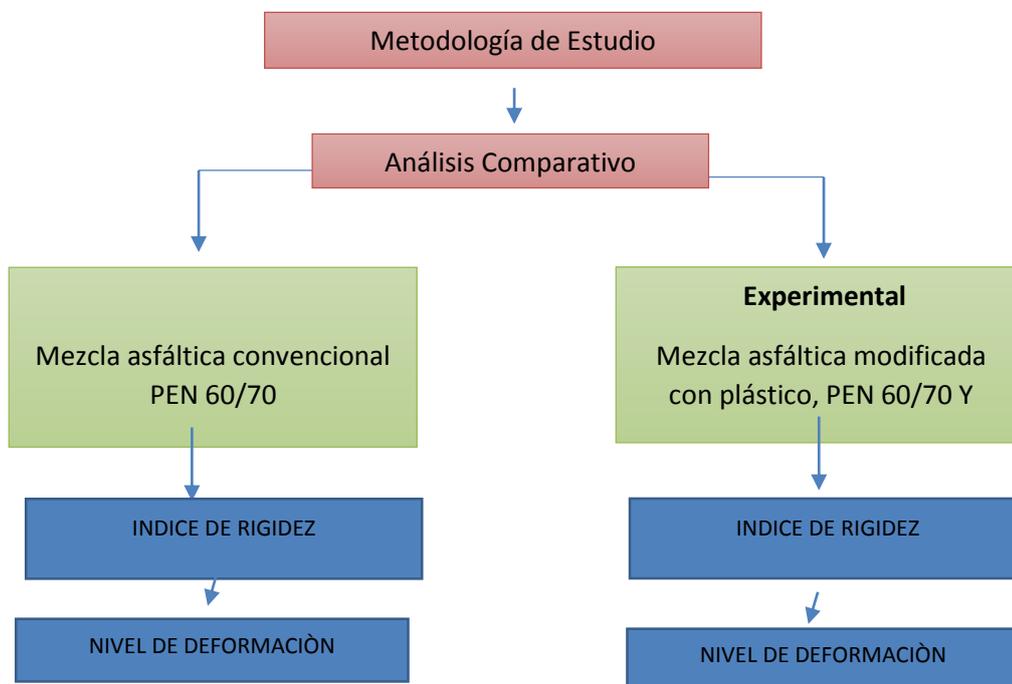
2.1. Diseño, tipo y nivel de investigación:

2.1.1. Diseño de investigación:

EL diseño de la presente investigación es cuantitativo - experimental. Con respecto a este tipo de investigación, Sampieri (2006) indica que la investigación experimental requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.

En el desarrollo de la investigación, se realizará el diseño Marshall con el cemento asfáltico PEN 60/70 y el añadiéndole al agregado el plástico molido, manteniendo las características del diseño de la mezcla asfáltica convencional. Una vez obtenido el porcentaje óptimo de cemento asfáltico y el índice de rigidez de los diseños, para luego con los resultados realizar la comparación respectiva con el grupo de control a través del ensayo Marshall. En la siguiente tabla 4, se muestra la metodología del estudio.

Tabla 4. Metodología de estudio



Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Nivel de investigación: Investigación explicativa:

Pretende explicar la relación causa-efecto entre dos o más variables. Lo cual se alcanza con el Diseño Experimental.

2.1. Variables, operacionalización.

V1: Variable Independiente

2.2.1 mezcla asfálticas reforzada con plástico.

Esta variable es independiente debido a que la acción de modificación con plástico tiene influencia en la resistencia a la deformación permanente. Asimismo, presenta una dimensión lo cual es: Rigidez, esta, a su vez, será medida mediante los indicadores de índice de rigidez y La evaluación de dichos indicadores se realizarán mediante el ensayo: para el indicador de índice de rigidez, el ensayo de diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall, de acuerdo a la norma MTC E 504.

Cabe resalta que, este ensayo se realizará a la mezcla modificada (Grupo Experimental) y también a la mezcla convencional para ser comparados.

V2: Variable Dependiente

2.2.2 desplazamientos y deformaciones.

Para el presente estudio, esta variable es dependiente de la modificación de la mezcla asfáltica. Presenta una dimensión la cual es la resistencia a la deformación plástica dinámica, y esta a su vez, se mide mediante el nivel de deformación o fluencia determinada mediante el ensayo Marshall. Este ensayo se ha realizado tanto a la mezcla asfáltica convencional como a la modificada.

2.3. Población y muestra.

2.3.1. Población.

Debido a que la presente investigación es del tipo experimental y que las muestras son elaboradas en Laboratorio, no presenta una población específica.

Para lo cual se toma como población los laboratorios del ministerio de transportes.

2.3.2. Muestra.

El número de muestras propuestas responde a lo indicado en cada normativa del ministerio de transportes, los ensayos establecidos.

- Serán las 60 briquetas de ensayo Marshall.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Las técnicas: Para desarrollar la presente investigación se ha utilizado las siguientes técnicas:

Una de las principales técnicas de recolección de datos es la observación. Los procedimientos que se emplearán para la toma de datos corresponden a ensayos de laboratorio. Cada ensayo cuenta con sus respectivos instrumentos de medición los cuales se encuentran normados tanto a nivel nacional (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) como a nivel internacional (Aashto).

Los ensayos para evaluar las variables, se realizarán en el laboratorio Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Con respecto a ello, se presenta en los anexos el certificado emitido por el Especialista y encargado del laboratorio respectivo, quien garantiza la validez de los resultados obtenidos de los ensayos mencionados, así como la confiabilidad tanto de los equipos como de los procedimientos empleados, los cual está basado en el Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC.

2.3. Métodos de análisis de datos.

Análisis experimental:

En la presente investigación, los datos obtenidos serán comparados mediante gráficos de barras y tablas a fin de verificar las diferencias entre el grupo de control con respecto al grupo experimental.

2.4. Aspectos éticos.

El trabajo investigación, se toma en cuenta las reglas éticas esenciales, en otras palabras, toda la información brindada para la elaboración de mi trabajo de indagación, se ha citado las fuentes bibliográficas obedeciendo tal cual el estilo ISO 690. Sin embargo se ha evitado incurrir en copia de información de otros autores con faltas de ortografías o el mismo modelo

También se tendrá en cuenta la veracidad de resultados; el respeto por la propiedad intelectual; el respeto por las convicciones políticas, religiosas y morales; respeto por el medio ambiente y la biodiversidad; responsabilidad social, política, jurídica y ética; respeto a la privacidad; proteger la identidad de los individuos que participan en el estudio; honestidad, etc

RESULTADOS

III. resultados.

3.1. Ensayo de agregado grueso.

3.1.1. Análisis granulométrico norma MAC.

- El código NEVI-12 en su volumen 3, capítulo 4, página 420 presenta información detallada acerca de los límites granulométricos para una carpeta asfáltica correspondiente a una mezcla asfáltica en caliente, en función del tamaño máximo nominal para una mezcla asfáltica normal "MAC". En la presente investigación se obtuvo un tamaño máximo nominal de 1/2 plg en el respectivo análisis granulométrico presentado en el capítulo 3 por lo que se escogió los límites correspondientes a MAC-2 como se aprecia en la tabla 7

Tabla 7. *Parámetros de agregados para mezcla asfáltica.*

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC-1	MAC- 2	MAC -3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17.	8-17.	9-19.
75 µm (N.º 200)	14-27	14-28	5-10.

Fuente: Elaboración propia.

En la presente investigación la gradación de los materiales realizados mediante el tamizado son mostrados en la siguiente tabla 8 y figura 12.

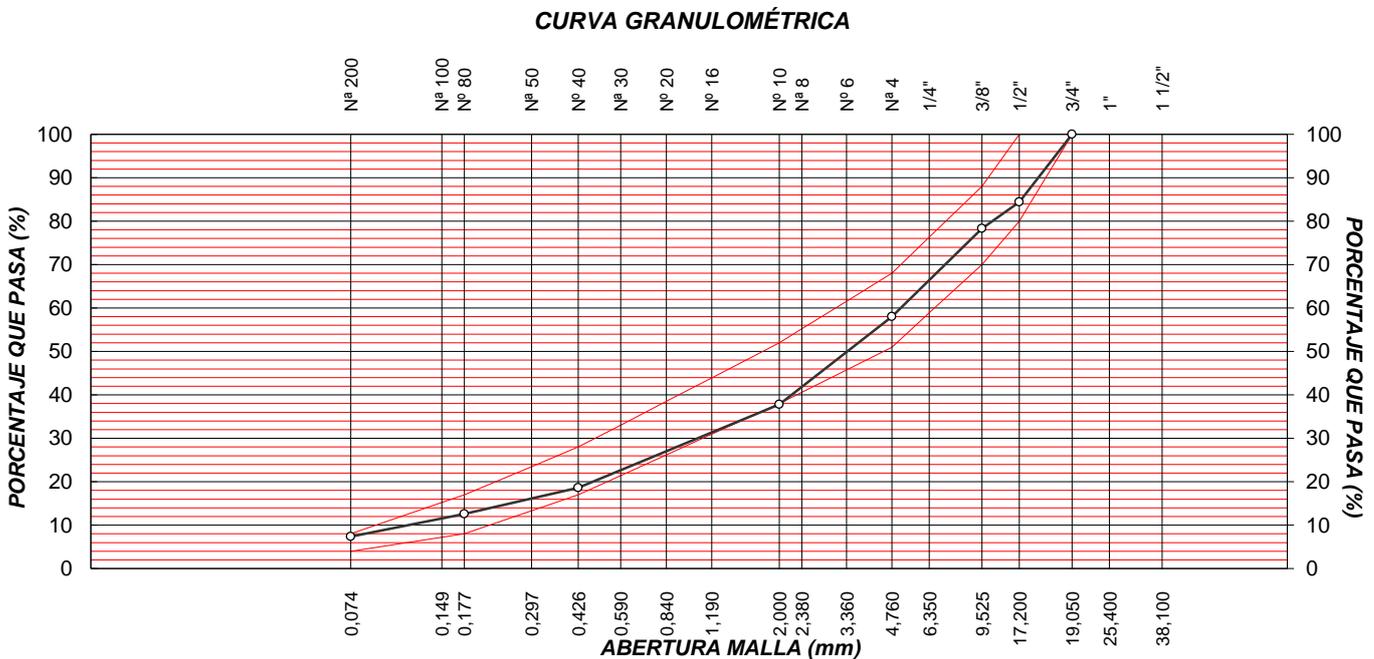
Tabla 8. Granulometría de agregados.

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE				
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN MAC-2	
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050		100	100	
1/2"	12.700	15.6	84.4	80	- 100
3/8"	9.525	6.1	78.3	70	- 88
1/4"	6.350	11.5	66.8		
N° 4	4.760	8.8	58.0	51	- 68
N° 6	3.360	9.0	49.0		
N° 8	2.380	7.9	41.1		
N° 10	2.000	3.3	37.8	38	- 52
N°16	1.190	8.8	29.0		
N° 20	0.840	3.9	25.1		
N° 30	0.590	3.6	21.5		
N° 40	0.426	2.9	18.6	17	- 28
N° 50	0.297	2.5	16.1		
N° 80	0.177	3.5	12.6	8	- 17
N° 100	0.149	1.7	10.9		
N° 200	0.074	3.5	7.4	4	- 8
- N° 200		7.4	-		

RESUMEN DE ENSAYO	
PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS	
(1) Piedra 1"	= 20%
(2) Piedra 1/2"	= 15%
(3) Arena Chancada	= 35%
(4) Arena zarandeada	= 30%
PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE	
- agregado grueso	= 42%
- agregado fino	= 58%
OBSERVACIONES :	
- Especificaciones del MTC EG-2013	
Nota:	
- Eliminar Piedra > 3/4".	

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Curva granulométrica de gradación de agregados.



Fuente: elaboración propia.

Se observa que figura 9 de gradación del agregado si cumple con lo especificado en la norma MAC para mezclas asfálticas en cuanto a su granulometría.

3.1.2. Durabilidad (al Sulfato de magnesio).

- Este ensayo nos sirve para determinar la resistencia de nuestro agregado en cuanto a sus propiedades físicas y de apariencia.

En la siguiente tabla se compara el resultado del ensayo de durabilidad con la norma para verificar si cuenta con los parámetros necesarios.

Tabla 9. Durabilidad al sulfato de magnesio.

Ensayos	Norma	Requerimiento altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3000	> 3000
Durabilidad (al Sulfato de magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.

Fuente: manual de carreteras EG-2013.

Tabla 10. Durabilidad al sulfato de magnesio.

PASA	RET	Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	% PERD. DESP. DE ENSAYO	%PERDIDAS CORREGIDAS
2"	1½"				
1 ½"	1"				
1"	¾"	USA-019	160.6	160.2	0.25
¾"	½"	PCH-02	622.5	620	0.40
½"	3/8"	USA-070	343.1	326.6	4.81
3/8"	Nº 4	K-8	330.3	323.2	2.15
TOTAL					7.61

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 10 se observa que el agregado que utilizaremos obtiene un 7.61% de durabilidad lo cual cumple con lo especificado en la norma del MTC tabla 9 donde es máx. 15%.

- ❖ USA-019, PCH-02, USA-070, K-8: recipientes normalizados para el ensayo de durabilidad.

3.1.3 Abrasión Los Ángeles.

- Este ensayo es para determinar el desgaste de los agregados y la capacidad que tienen para resistir a esfuerzos.

Tabla 11. Abrasión Los Ángeles.

Ensayos	Norma	Requerimiento altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.

Fuente: manual de carreteras EG-2013.

Tabla 12. Resultados de ensayo Abrasión Los Ángeles.

PASA	RET.	GRADO "A"(12)	GRADO "B"(11)	GRADO "C"(08)	GRADO "D"(06)	GRADO "1"(12)	GRADO "2"(12)	GRADO "3"(12)
3"	2 ½"					2500g		
2 ½"	2"					2500g		
2"	1 ½"					5000g	5000g	
1 ½"	1"	1250g					5000g	5000
1"	¾"	1250g						5000
¾"	½"	1250g	2500g					
½"	3/8"	1250g	2500g					
3/8"	Nº3			2500g				
Nº2	Nº4			2500g				
Nº4	Nº8				5000g			

NOTA: los números entre paréntesis indican la cantidad de esferas

código de muestra	M.A2
peso inicial	5000
gradación	B
peso material ret. en la malla nº12	4345,1
peso material pasa en malla nº12	654,1
porcentaje de desgaste	13%

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12 el agregado de la mezcla asfáltica utilizada tiene un 13% de desgaste siendo menor al 40 % tabla 11, lo que especifica como máximo la norma lo cual hace que si cumpla el agregado.

3.1.5 Caras fracturadas.

- Este ensayo es indispensable ya que a través de esta se determina las caras de fractura que tiene el agregado grueso.
- A más caras fracturas mejor adherencia de nuestra mezcla ya que las caras fracturadas son más rugosas y favorece a la adherencia.

Tabla 15. Caras fracturadas.

Ensayos	Norma	Requerimiento altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70

Fuente: manual de carreteras EG-2013.

Tabla 16. Resultados de ensayo de Caras fracturadas.

DESCRIPCION	PESO TOTAL Retenido en Malas (A)	Peso Muestra (B)		% Caras de Fracturas [©]		Escala original (D)	% Caras de Fracturas (E.)	
		1 a más	2 a más	1 a más	2 a más		1 a más	2 a más
MALLAS SERIE AMERICANA								
2" - 1½"								
1½" - 1"								
1" - ¾"	570.6	488.9	187.5	85.7	32.9	18	1542.6	592.2
¾" - ½"	518.6	460.6	286.2	88.8	55.2	64	5683.2	3532.8
½" - 3/8"	296.7	232.5	162.4	78.4	54.7	17	1332.8	929.9
							8558.6	5054.9

% CARAS DE FRACTURAS 1 A MAS: 85.60%

% CARAS DE FRACTURAS 2 A MAS: 51.10%

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 16 se aprecia que los resultados de laboratorio nos muestra un 85.6% de caras fracturadas al menos de una cara y un 51.1 con más de 2 caras fracturadas, entonces cumple ya que en la tabla 15 la norma nos dice que mínimo debe tener 85/50 .

3.1.6 Absorción

Tabla 17. *Absorción.*

Ensayos	Norma	Requerimiento altitud (m.s.n.m)	
		≤ 3000	> 3000
Absorción	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: manual de carreteras EG-2013.

Tabla 18. *Resultados de ensayo de Absorción.*

CODIGO DE LA MUESTRA	#7
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO(EN AIRE) A	1426.6
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO(SUMERGIDO) B	902.3
VOLUMEN DE LA MASA+ VOLUMEN DE VACIOS C=(A-B)	524.8
PESO DE MATERIAL SECO D	1415.5
VOLUMEN DE LA MASA E=C(A-D)	513.2
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) D/C	2.69
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SATURADA) A/C	2.73
PESO APARENTE (BASE SECA) D/E	2.76
ABSORCION	0.78

Fuente: elaboración propia.

Si cumple ya que tabla 18 la absorción de los agregados es de 0.78% y la norma nos dice que máximo es de 1% tabla 17.

3.2 ENSAYOS DE AGREGADO FINO.

3.2.1 Equivalente de Arena.

Tabla 19. *Equivalente de Arena.*

ensayos	norma	requerimiento altitud (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70

Fuente: manual de carreteras EG-2013.

Tabla 20. *Resultados de ensayo equivalente de Arena.*

MUESTRA		ZARANDEADA			CHANCADA		
hora de entrada de saturación	(A)	10:36	10:38	10:40	11:18	11:20	11:22
salida saturación(a+10)	2	10:46	10:48	10:50	11:28	11:30	11:32
hora entrada a saturación	(B)	10:07:24	10:49:25	10:51:25	11:29:25	11:31:25	11:33:27
salida decantación (b+20)	4	11:07:24	11:09:25	11:11:25	4.3	11:51:25	4.3
altura material fino(pulg)	5	6.2	6.4	6.7	3.2	4.5	3.2
altura arena(pulg)	6	2.8	2.9	2.9		3.2	
Equivalente arena (6/5*100) (%)	7						
Promedio equiv. Arena (%)	8		44%			73%	

Fuente: elaboración propia.

En los resultados que se muestra en la tabla 20 son menores valores a lo de la norma en la tabla 19 por ello si cumple.

3.2.2 Índice de Plasticidad (malla N.º 40 y N.º 200).

Tabla 21. Índice de Plasticidad (malla N.º 40 y N.º 200).

ensayos	norma	requerimiento altitud (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP

Fuente: manual de carreteras EG-2013.

Tabla 22. Resultados de ensayo equivalente de Arena.

CODIGO DE MUESTRA	# 40	#200	#40	#200
Nº DE TARRO	-	C-4		C-9
P. Tarro + S. Húmedo		27.22		27.3
P. Tarro s. Seco		23.97		24.18
Agua	N.P	3.25		3.17
Peso de tarro		11.95		11.75
Suelo Seco		12.02		12.48
% de Humedad		27.04		25.44
Nº DE Golpes		24		13

CODIGO DE MUESTRA	# 40	#200	#40	#200
Nº DE TARRO	-			
P. Tarro + S. Húmedo				
P. Tarro s. Seco				
Agua	N.P	N.P	N.P	N.P
Peso de tarro				
Suelo Seco				
% de Humedad				
Nº DE Golpes				
LIMITE LIQUIDO				
LIMITE PLASTICO				
INDICE PLASTICO	N.P	N.P	N.P	N.P

Fuente: elaboración propia.

Nuestro agregado no presenta índice de plasticidad lo que hace que sea bueno ya que la norma tabla 21 nos da un valor de 4% como máximo.

3.2.3 análisis granulométrico del plástico.

Se realizó el análisis granulométrico del plástico para determinar la cantidad de fino que tenía.

Figura 10. granulometría de plástico.



MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES
VIVIENDA Y CONSTRUCCION

ANALISIS DE SUELOS

PROYECTO: TESIS: "Comparación técnica y económica de las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plásticos reciclados en la ciudad de Lima - 2017"

SOLICITADO: BACH. JERVIS E. SAEZ DE VILLASQUEZ REGISTRO: _____ FECHA: 24/05/2017

PROCEDENCIA: _____ ING° RESPONSABLE: _____ TECNICO: _____

MALLAS SERIE AMERICANA	% EN PESO	959,6 g									
		RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA	RET.	PASA
PROFUNDIDAD											
3"	76,200										
2"	50,800										
1 1/2"	38,100										
1"	25,400										
3/4"	19,050										
1/2"	12,700										
3/8"	9,525										
1/4"	6,350										
N° 4	4,760	226,1	23,56								
N° 6	3,360	249,8	26,11								
N° 8	2,380	250,4	26,09								
N° 10	2,000	81,1	8,45								
N° 16	1,190	109,4	11,40								
N° 20	0,840	18,6	1,94								
N° 30	0,590	9,5	0,99								
N° 40	0,426	4,6	0,48								
N° 50	0,297	2,9	0,30								
N° 80	0,177	5,1	0,53								
N° 100	0,149	1,5	0,16								
N° 200	0,074	0,6	0,060								
- 200			0,002								
Limite Líquido %											
Indice de Plasticidad %											
Humedad Natural %											
Clasificación SUCS											
Clasificación AASHTO											

NOTA: LA INTERPRETACIÓN AJENA DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO, SALVO LAS RECOMENDACIONES EXPRESAS ADJUNTAS.



LABORATORIO CENTRAL



ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Av. TUPAC AMARU N° 1590 - RIMAC / TELEFONO: 481-3707

3.3 ensayos Marshall a la mezcla asfáltica.

3.3.1 mezcla asfáltica tradicional.

Para realizar esta variable, se ha procedido a realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall. A continuación, se muestran los materiales utilizados y las dosificaciones correspondientes para el ensayo.

Tabla 23. *Insumos del Diseño de MAC.*

INSUMOS	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
agregados	grava chancada < 1/2 “	Cantera Leticia- torre blanca
	grava chancada < 3/8 “	Cantera Leticia- torre blanca
	arena chancada y zarandeada	Cantera Leticia- torre blanca
	arena natural	Cantera Leticia- torre blanca
aditivo mejorador de adherencia	radicote	
asfalto convencional	PEN 60/70	Petro Perú

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. *Dosificación para el Diseño Marshall*

INSUMOS	PORCENTAJES %
agregado grueso	40.00 %
agregado fino	60.00 %
aditivo mejorador de adherencia (% en peso del PEN)	0.5 %

Fuente: elaboración propia

Para evaluar los parámetros de la mezcla asfáltica, se procedió a realizar el ensayo Marshall. En los siguientes cuadros se muestra el diseño de la mezcla tradicional con respecto a cinco puntos de contenido de cemento asfáltico.

Tabla 24. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (4.5 % C.A)

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.2			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57.3			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	--			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.14	6.15	6.17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1208.2	1206.9	1211.8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1211.2	1210.3	1214.0	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	713.7	711.5	713.5	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3.0	3.4	2.2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm³)	497.5	498.8	500.5	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.60	0.68	0.44	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.429	2.420	2.421	2.423
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.590			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.2	6.6	6.5	6.4
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	16.8	17.1	17.0	17.0
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	62.9	61.5	61.6	62.0
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.38			
25	FLUJO (mm)		2.5	3.0	2.8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)		1249.5	1226.4	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)		1299.0	1275.0	1287.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)		5114.2	4183.1	4649.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje de 4.5% de cemento asfáltico.

Tabla 25. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (5.0 % C.A)

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57.0			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.16	6.19	6.17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1220.4	1222.6	1213.8	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1224.3	1225.0	1214.2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	725.0	723.3	714.3	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3.9	2.4	0.4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	499.3	501.7	499.9	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.78	0.48	0.08	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.444	2.437	2.428	2.436
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.569			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.9	5.1	5.5	5.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	16.7	16.9	17.2	16.9
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	70.9	69.6	68.1	69.5
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.88			
25	FLUJO (mm)	2.8	3.3	3.3	3.1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1272.6	1355.6	1355.6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1324.0	1410.0	1410.0	1381.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	4738.7	4270.1	4270.1	4426.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje de 5% de cemento asfáltico.

Tabla 26. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (5.5 % C.A)

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.70			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.18	6.13	6.17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1222.8	1218.8	1220.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1223.3	1219.2	1222.6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	722.4	722.1	722.2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.5	0.4	1.9	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	500.9	497.1	500.4	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.10	0.08	0.38	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.441	2.452	2.439	2.444
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.549			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	4.2	3.8	4.3	4.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	17.2	16.9	17.3	17.1
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	75.5	77.6	75.3	76.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.38			
25	FLUJO (mm)	4.1	3.8	4.1	4.0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1364.8	1364.8	1387.8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1419.0	1419.0	1443.0	1427.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3491.6	3724.4	3550.7	3589.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje de 5.5% de cemento asfáltico.

Tabla 27. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (6.0 % C.A)

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.4			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.16	6.19	6.14	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1226.0	1226.0	1221.7	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1226.7	1231.4	1222.8	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	727.0	729.2	724.8	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.7	5.4	1.1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	499.7	502.2	498.0	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.14	1.08	0.22	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.453	2.441	2.453	2.449
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.528			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3.0	3.4	3.0	3.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	17.2	17.7	17.3	17.4
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	82.8	80.6	82.9	82.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.88			
25	FLUJO (mm)	3.6	4.6		4.1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1180.1	1180.1		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1227.0	1227.0		1227.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3450.5	2683.7		3067.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje de 6% de cemento asfáltico.

Tabla 28. Diseño de Mezcla asfáltica tradicional (6.5 % C.A)

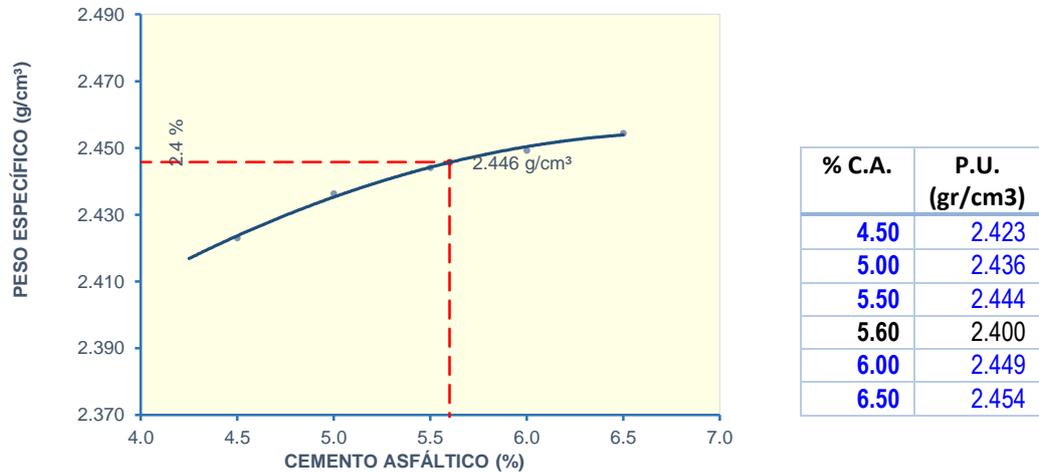
N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.1			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	-.-			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.19	6.17	6.15	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1229.2	1228.2	1226.2	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1230.5	1229.6	1228.6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	728.9	729.1	729.9	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	1.3	1.4	2.4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)	501.6	500.5	498.7	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.26	0.28	0.48	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)	2.451	2.454	2.459	2.454
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.508			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.3	2.2	2.0	2.1
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)	2.787			
20	V.M.A. (%)	17.8	17.7	17.5	17.7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	87.1	87.8	88.8	87.9
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.796			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.12			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	6.38			
25	FLUJO (mm)	5.1	4.8	5.1	5.0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1082.6	1040.8	1040.8	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1126.0	1082.0	1082.0	1097.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2216.5	2242.0	2129.9	2196.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29 se muestra el ensayo Marshall con un porcentaje de 6.5% de cemento asfáltico.

Luego de obtener los datos de los cinco puntos, se procedió a realizar las respectivas gráficas para determinar el óptimo contenido de cemento asfáltico y por consiguiente su respectivo índice de rigidez.

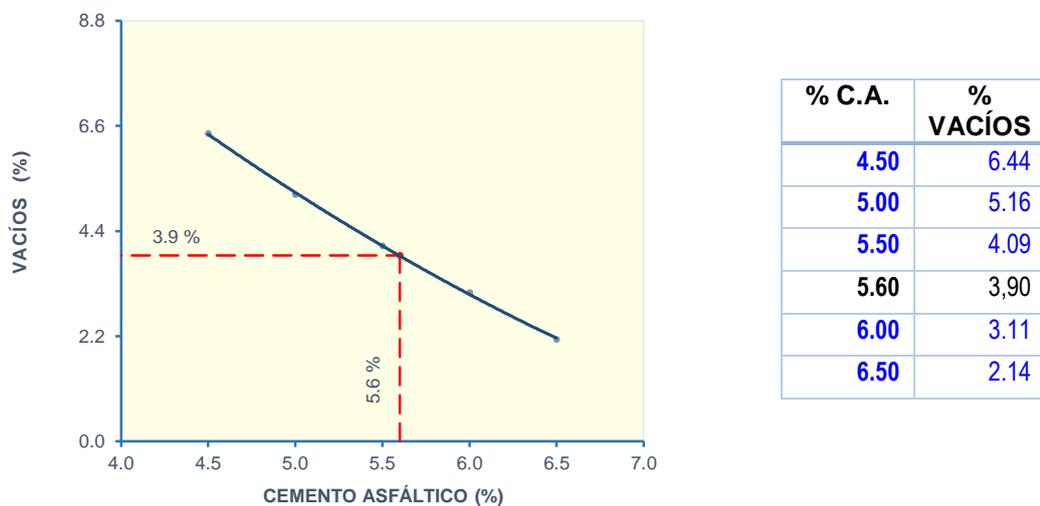
Figura 10. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 10 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.6% con un peso específico de 2.4 g/cm².

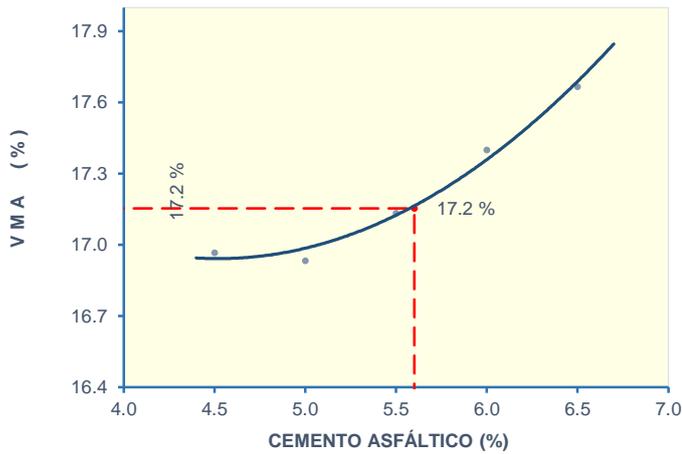
Figura 11. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de Vacíos



Fuente: elaboración propia.

En la figura 11 se muestra el contenido óptimo de cemento asfáltico es un 5.6% con un porcentaje de vacíos de 3.9%.

Figura 12. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de VMA

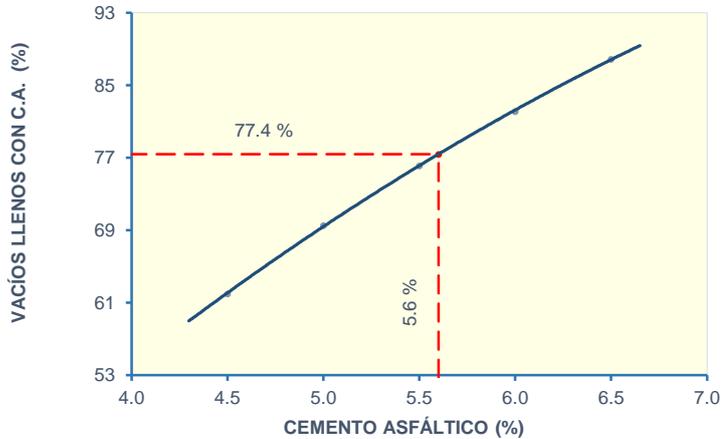


% C.A.	VMA
4.50	16.97
5.00	16.93
5.50	17.13
5.60	17.2
6.00	17.40
6.50	17.67

Fuente: elaboración propia.

En la figura 12 se muestra que con un 5.6% es el contenido óptimo de asfalto con un VMA de 17.2%.

Figura 13. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de V.LL.C.A

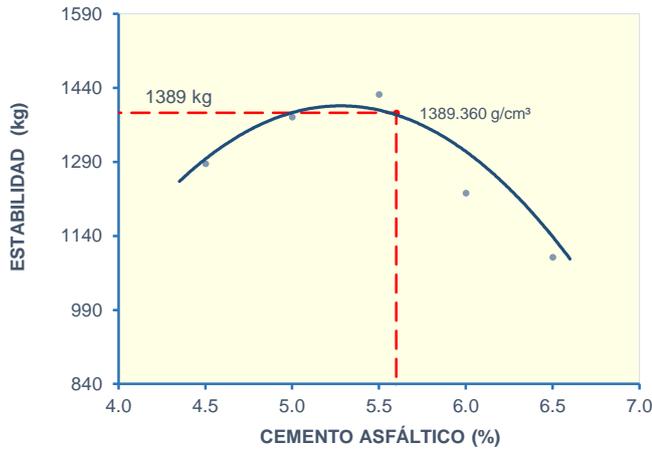


% C.A.	V.LL.C.A.
4.50	62.00
5.00	69.53
5.50	76.13
5.60	77.4
6.00	82.10
6.50	87.90

Fuente: elaboración propia.

En la figura 13 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene un 77.4% de VLLCA.

Figura 14. Porcentaje de Cemento asfáltico vs estabilidad.

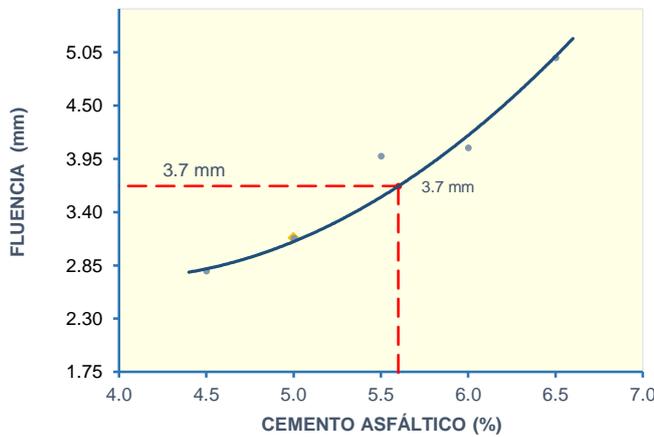


% C.A.	ESTABILIDAD
4.50	1287.0
5.00	1394.0
5.50	1436.0
5.60	1389.0
6.00	1252.5
6.50	1161.0

Fuente: elaboración propia.

En la figura 14 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene una estabilidad de 1389 kg.

Figura 15. Porcentaje de Cemento asfáltico vs flujo.



% C.A.	FLUJO
4.50	2.79
5.00	3.13
5.50	3.57
5.60	3.70
6.00	4.14
6.50	5.03

Fuente: elaboración propia.

En la figura 15 se muestra que siendo el 5.6% el contenido óptimo de asfalto se obtiene una fluencia de 3.7 mm.

3.4 ensayo Marshall a la mezcla asfáltica modificada con pastico.

3.4.1 mezcla asfáltica modificada.

Para realizar esta variable, se ha procedido a realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall. A continuación, se muestran los materiales utilizados y las dosificaciones correspondientes para el ensayo.

Tabla 29. *Insumos del Diseño de MAC*

INSUMOS	CARACTERISTICAS	PROCEDENCIA
agregados	grava chancada < 1/2 “	Cantera Leticia- torre blanca
	grava chancada < 3/8 “	Cantera Leticia- torre blanca
	arena chancada y zarandeada	Cantera Leticia- torre blanca
	arena natural	Cantera Leticia- torre blanca
asfalto convencional	pen 60/70	Petro Perú
plástico de botella (pet)	polietileno tereftalato	industrias PET

Fuente: elaboración propia.

Tabla 30. *Dosificación para el Diseño Marshall*

INSUMOS	PORCENTAJES %
agregado grueso	40.00 %
agregado fino	59.00 %
Plástico molido (pulverizado)	1 %

Fuente: elaboración propio.

Para evaluar estas propiedades, se procedió a realizar el ensayo Marshall. En el siguiente cuadro se muestra el diseño de la mezcla experimental con respecto a cinco puntos de contenido de cemento asfáltico.

Tabla 31. Diseño de Mezcla asfáltica modificada (4.5 % C.A)

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.2			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.3			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	0.900			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.14	6.17	6.16	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1207.2	1206.7	1210.9	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (g)	1210.8	1211.1	1213.3	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (g)	713.2	710.7	714.0	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3.6	4.4	2.4	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (cm ³)	497.6	500.4	499.3	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.72	0.88	0.48	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.426	2.411	2.425	2.421
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.610			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	7.1	7.6	7.1	7.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.726			
20	V.M.A. (%)	15.0	15.5	15.0	15.2
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	53.0	50.9	52.8	52.2
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.821			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.24			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.26			
25	FLUJO (mm)	3.0	2.8	3.0	3.0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1272.6	1295.7	1272.6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1324.0	1348.0	1324.0	1332.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	4343.8	4824.6	4343.8	4504.0

Fuente: elaboración propio.

En la tabla 31 se muestra el ensayo Marshall de la mezcla modificada con un porcentaje de 4.5% de cemento asfáltico y 1% de plástico molido.

Tabla 32. Diseño de Mezcla asfáltica modificada (5.0 % C.A)

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.0			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.1			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	1.0			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	0.900			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.15	6.18	6.17	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1220.1	1223.2	1214.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1223.8	1225.4	1213.8	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	725.4	724.0	713.9	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	3.7	2.2	-0.2	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	498.4	501.4	499.9	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.74	0.44	-0.04	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.448	2.440	2.428	2.439
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.600			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	5.8	6.2	6.6	6.2
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.729			
20	V.M.A. (%)	14.8	15.1	15.5	15.1
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	60.5	59.1	57.4	59.0
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.835			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.38			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.62			
25	FLUJO (mm)	3.0	3.3	3.3	3.2
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1318.7	1364.8	1355.6	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1371.0	1419.0	1410.0	1400.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	4498.0	4297.4	4270.1	4355.0

Fuente: elaboración propio.

En la tabla 32 se muestra el ensayo Marshall de la mezcla modificada con un porcentaje de 5% de cemento asfáltico y 1% de plástico molido.

Tabla 33. Diseño de Mezcla asfáltica modificada (5.5 % C.A)

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.80			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.9			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	0.900			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.18	6.13	6.15	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1223.0	1219.4	1221.1	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1222.7	1219.8	1221.7	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	721.8	722.5	723.1	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	-0.3	0.4	0.6	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	500.9	497.3	498.6	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	-0.06	0.08	0.12	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.442	2.452	2.449	2.448
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.590			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	5.7	5.3	5.4	5.5
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.732			
20	V.M.A. (%)	15.5	15.2	15.3	15.3
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	63.0	64.9	64.4	64.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.849			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.52			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3.98			
25	FLUJO (mm)	3.0	3.0	2.8	3.0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1548.2	1525.3	1539.0	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1610.0	1586.0	1601.0	1599.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	5282.2	5203.4	5730.1	5405.0

Fuente: elaboración propio.

En la tabla 33 se muestra el ensayo Marshall de la mezcla modificada con un porcentaje de 5.5% de cemento asfáltico y 1% de plástico molido.

Tabla 34. Diseño de Mezcla asfáltica modificada (6.0 % C.A)

N° DE BRIQUETAS		1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.0			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.6			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.5			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.9			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	0.900			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.17	6.20	6.14	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1226.5	1225.5	1222.0	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1227.0	1232.1	1223.1	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	726.7	729.4	725.0	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	0.5	6.6	1.1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	500.3	502.7	498.1	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.10	1.31	0.22	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.452	2.438	2.453	2.448
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.540			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	3.5	4.0	3.4	3.6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.729			
20	V.M.A. (%)	15.6	16.0	15.5	15.7
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	77.7	74.9	78.0	76.9
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.812			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.09			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.91			
25	FLUJO (mm)	3.8	4.3		4.1
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1226.4	1272.6		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1275.0	1324.0		1300.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	3346.5	3066.2		3206.0

Fuente: elaboración propio.

En la tabla 34 se muestra el ensayo Marshall de la mezcla modificada con un porcentaje de 6% de cemento asfáltico y 1% de plástico molido.

Tabla 35. Diseño de Mezcla asfáltica modificada (6.5 % C.A)

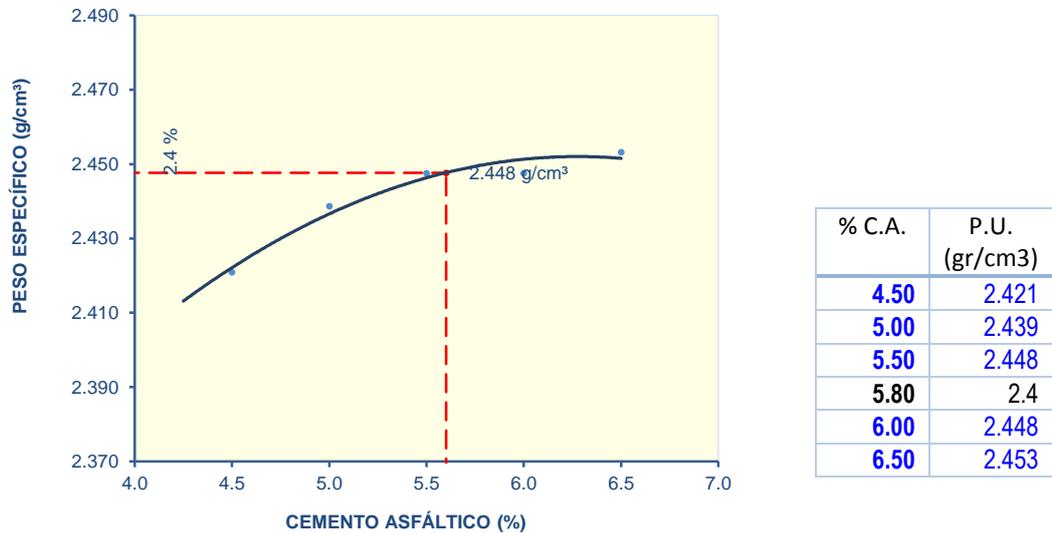
	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.5			
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.4			
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.2			
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.9			
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")	2.734			
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO	2.823			
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	0.900			
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.19	6.17	6.15	
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1228.6	1227.8	1227.1	
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)	1231.0	1229.1	1228.2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)	729.0	728.6	729.2	
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)	2.4	1.3	1.1	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm ³)	502.0	500.5	499.0	
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.48	0.26	0.22	
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.447	2.453	2.459	2.453
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041	2.520			
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	2.9	2.7	2.4	2.7
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.731			
20	V.M.A. (%)	16.2	16.0	15.8	16.0
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	82.2	83.4	84.7	83.4
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.812			
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1.07			
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	5.43			
25	FLUJO (mm)	4.6	5.1	5.1	4.9
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1110.5	1064.0	1050.1	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1155.0	1107.0	1092.0	1118.0
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)	2526.2	2179.1	2149.6	2285.0

Fuente: elaboración propio.

En la tabla 35 se muestra el ensayo Marshall de la mezcla modificada con un porcentaje de 6.5% de cemento asfáltico y 1% de plástico molido.

Luego de obtener los datos de los cinco puntos, se procedió a realizar las respectivas gráficas para determinar el óptimo contenido de cemento asfáltico y por consiguiente su respectivo índice de rigidez.

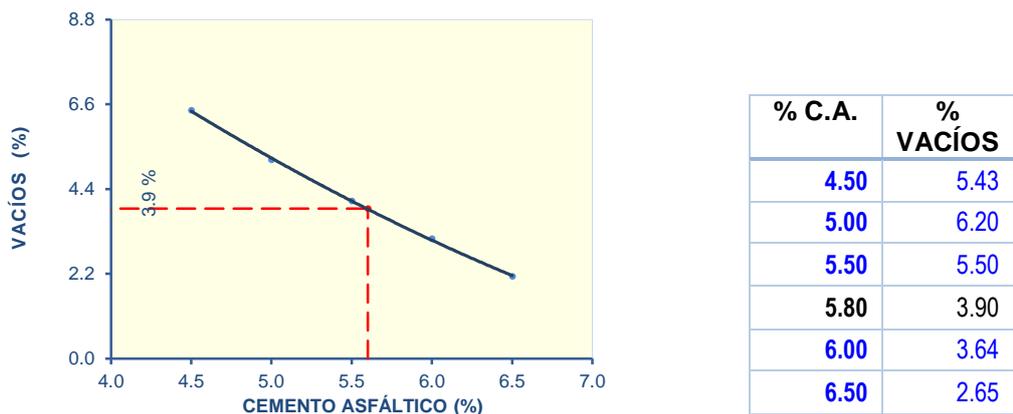
Figura 16. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Peso específico.



Fuente: elaboración propio.

La figura 16 muestra resultados de la mezcla asfáltica modificada con PET en relación al contenido óptimo de 5.8% y porcentaje de vacíos de 2.4%.

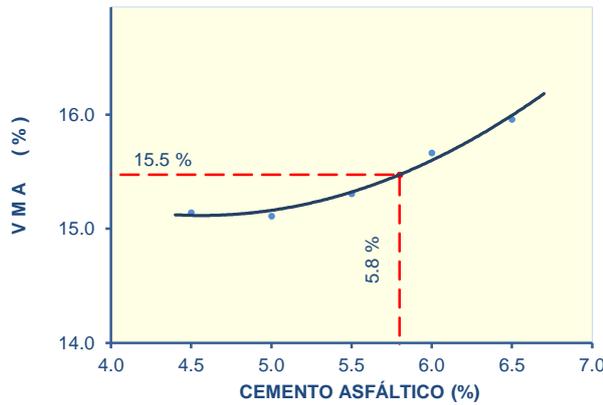
Figura 17. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de Vacíos



Fuente: elaboración propia.

La figura 17 muestra resultados de la mezcla asfáltica modificada con PET los cuales nos da un 3.9% de vacíos con el contenido óptimo del cemento asfáltico de 5.8% y 1% de plástico.

Figura 18. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de VMA

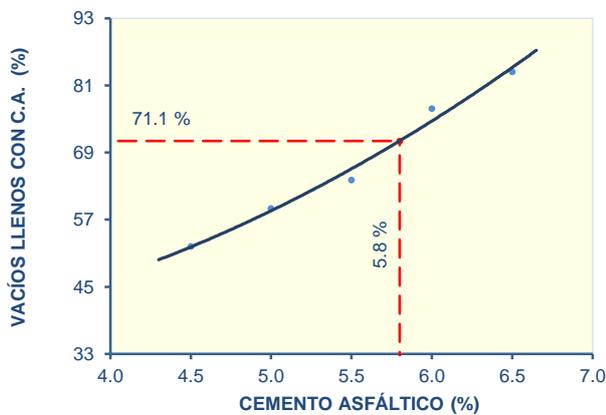


% C.A.	VMA
4.50	17.07
5.00	16.87
5.50	17.03
5.80	15.50
6.00	17.47
6.50	17.70

Fuente: elaboración propio.

La figura 18 muestra resultados de la mezcla asfáltica modificada con PET los cuales nos da un 15.5% de VMA con el contenido óptimo del cemento asfáltico.

Figura 19. Porcentaje de Cemento asfáltico vs Porcentaje de V.LL.C.A

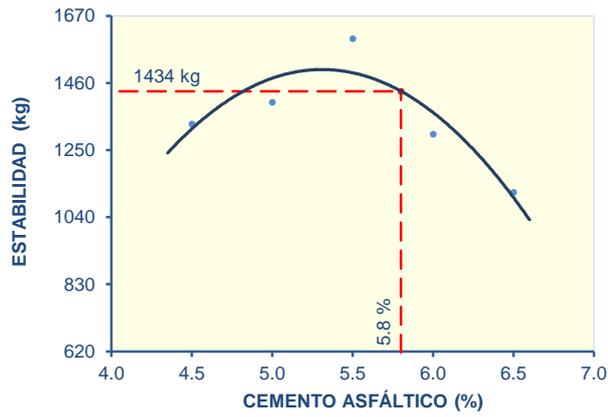


% C.A.	V.LL.C.A.
4.50	68.20
5.00	63.23
5.50	67.73
5.80	71.1
6.00	79.20
6.50	85.03

Fuente: elaboración propio.

La figura 19 muestra resultados de la mezcla asfáltica modificada con PET los cuales nos da un 71.1% de VLLCA con el contenido óptimo del cemento asfáltico.

Figura 20. Porcentaje de Cemento asfáltico vs estabilidad.

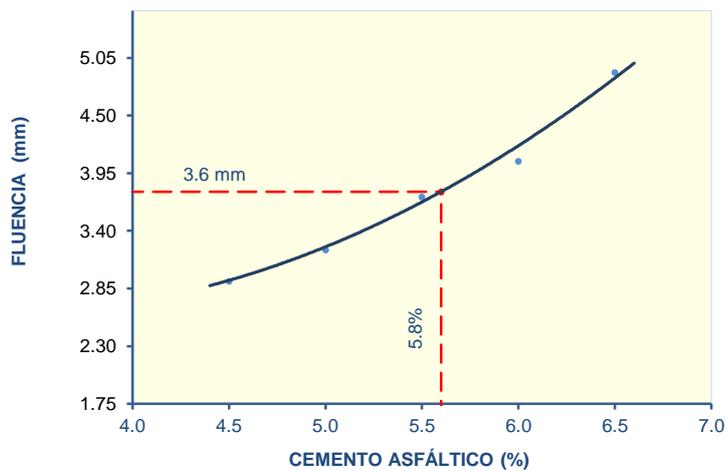


% C.A.	ESTABILIDAD
4.50	1336.0
5.00	1400.0
5.50	1507.0
5.80	1434
6.00	1300.0
6.50	1118.0

Fuente: elaboración propio.

La figura 20 muestra resultados de la mezcla asfáltica modificada con PET los cuales nos da un 1434 kg de estabilidad con un contenido de 5.8% de C.A.

Figura 21. Porcentaje de Cemento asfáltico vs flujo.



% C.A.	FLUJO
4.50	2.92
5.00	3.22
5.50	3.81
5.80	3.60
6.00	4.06
6.50	4.91

Fuente: elaboración propio.

La figura 21 muestra resultados de la mezcla asfáltica modificada con PET los cuales nos da un 3.6 mm de fluencia con el óptimo contenido de C.A. 5.8%.

A continuación, se detalla tanto los parámetros volumétricos de diseño de mezcla convencional como del modificado (Grupo experimental).

Tabla 29. *Características de diseño (convencional y modificado).*

PARÁMETROS DE DISEÑO	Mezcla asfáltica convencional	Mezcla asfáltica modificada con PET (Grupo Experimental)
% Cemento Asfáltico en peso	5.60	5.80
Peso específico Probeta	2.446	2.450
Vacíos	3.9	3.7
Vacíos Agregado Mineral	17.2	15.5
Vacíos llenados con C. Asfáltico	77.41	71.10
Flujo	3.7	3.6
Estabilidad	1389.4	1434
Factor de rigidez	3788	3966

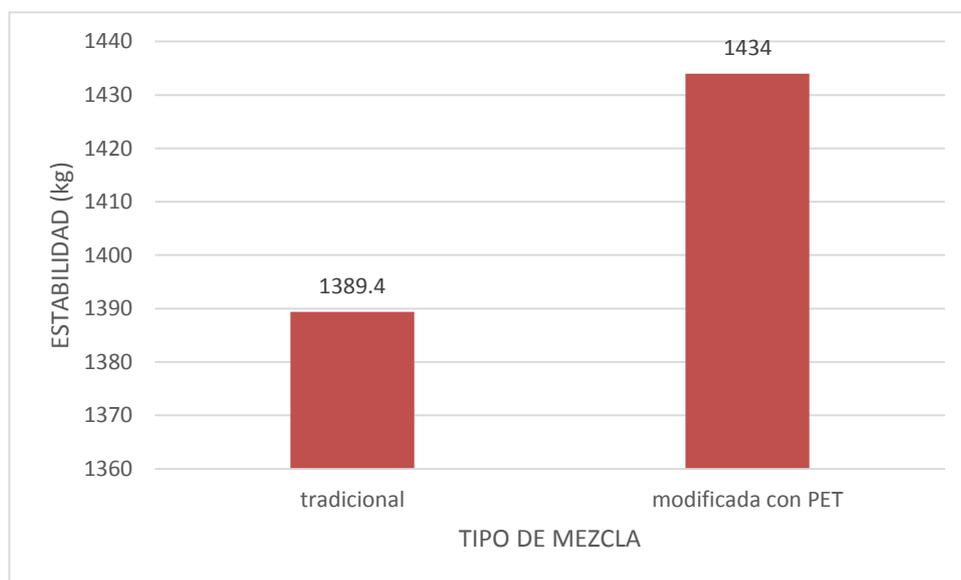
Fuente: Elaboración propia.

En las tablas mostradas, se pueden apreciar diferencias en las características de los dos diseños, por ejemplo, la estabilidad, flujo y el factor de rigidez.

3.4.2 comparación estadística de las mezclas asfálticas.

Previo a analizar la incidencia del índice de rigidez en la resistencia a las deformaciones permanentes, se debe evaluar las diferencias entre los dos tipos de mezclas estudiadas a fin de estimar una posible respuesta ante este tipo de deterioro. Cabe resalta que, el índice de rigidez es la relación entre la estabilidad (rigidez) entre el flujo (deformación). Por ello, en los siguientes gráficos se evalúan dichos parámetros.

Figura 22. Tipo de Mezcla Vs. Estabilidad

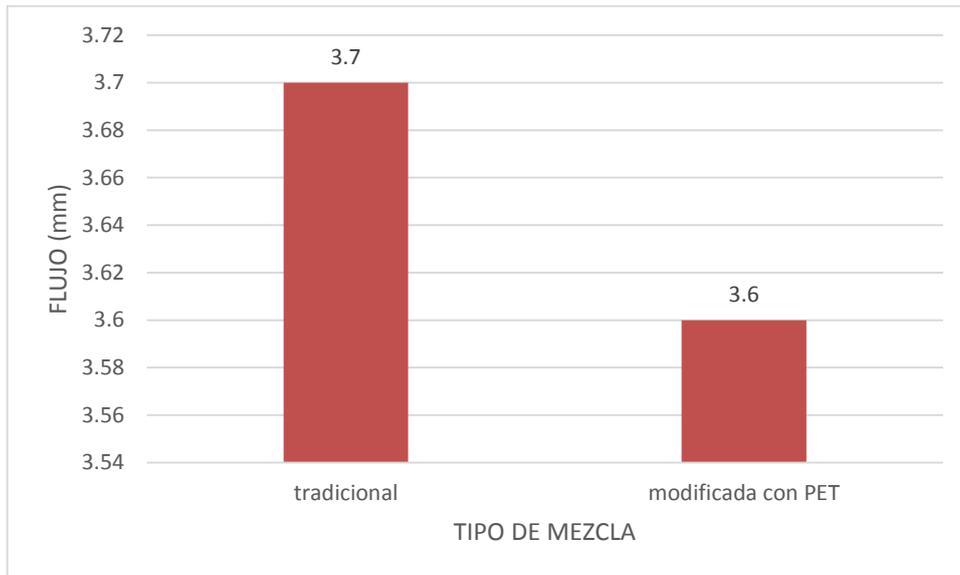


Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se visualiza en la figura 22 que la mezcla asfáltica modificada evidencia un aumento en la estabilidad, resistiendo una carga adicional de 44.6 Kg, es decir, un 3.11 % más con respecto a la mezcla convencional, lo cual es un indicativo que la mezcla asfáltica modificada con PET proporciona mayor resistencia a deformaciones que la mezcla tradicional, ayudando a la resistencia a las deformaciones permanentes.

Figura 23. Tipo de mezcla Vs. Flujo

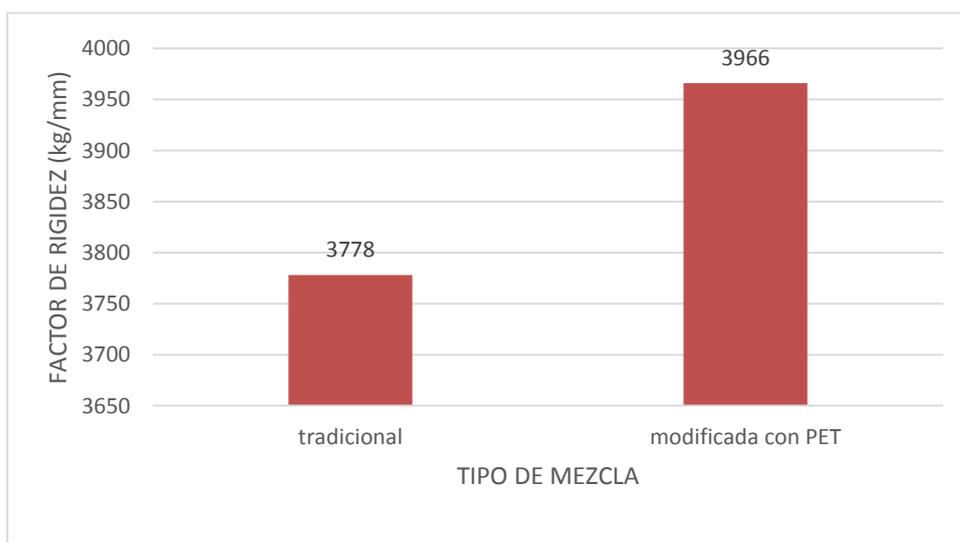


Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Se muestra que la mezcla asfáltica experimental presenta una leve reducción en el flujo de 2.70 % con respecto a la mezcla tradicional, lo cual indica que además de proporcionar propiedades elásticas a la mezcla, también aporta rigidez, obteniendo una mezcla con dos cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes.

Figura 24. Tipo de mezcla Vs. Índice de rigidez



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede apreciar que en este parámetro, existe una gran diferencia entre ambas mezclas. Por un lado, la mezcla tradicional presentó un factor de rigidez de 3788 Kg/cm², mientras que la mezcla experimental presentó un valor de 3966 Kg/cm², representando un incremento de 4.49 %. Por lo tanto, se puede confirmar que el PET en la mezcla aporta una mayor rigidez a la mezcla, lo cual evidencia un mejor comportamiento a las deformaciones permanentes.

3.5 costos.

3.5.1 costos de producción.

En las siguientes tablas, se muestra los costos de producción de la mezcla asfáltica reflejados en el análisis de precios unitarios tanto convencional como modificado.

Tabla 30. Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica convencional

APU MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DIA				
Costo unitario directo por : m3	S/.540.12	(sin igv)			
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OFICIAL	hh	1.0000	0.0321	12.83	0.41
OPERARIO	hh	1.0000	0.0321	14.75	0.47
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0321	19.18	0.62
PEON	hh	3.0000	0.0964	11.58	1.12
					2.62
Materiales					
PETROLEO DIESEL # 2	gal		5.8000	10.84	62.87
ARENA ZARANDEADA (P/ ASFALTO)	m3		0.1200	21.94	2.63
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.5200	34.98	18.19
ARENA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.4300	61.97	26.65
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	kg		132.2980	2.61	345.30
MEJORADOR DE ADHERENCIA (RADICOTE)	kg		0.6614	10.48	6.93
FILLER (CAL HIDRATADA)	kg		42.974	0.88	37.82
					500.39
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.62	0.13
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0321	170.08	5.46
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1.0000	0.0321	172.83	5.55
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2.0000	0.0643	139.38	8.96
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1.0000	0.0321	530.00	17.01
					37.11

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el cemento asfáltico tiene mayor incidencia en el costo de producción, representando un 63.93 % de costo total.

Tabla 31. Análisis de Precios Unitarios - Mezcla asfáltica modificada

APU MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
Partida	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				
Rendimiento	m3/DIA				
Costo unitario directo por : m3	S/. 525.89	(sin igv)			
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OFICIAL	hh	1	0.0321	12.83	0.41
OPERARIO	hh	1	0.0321	14.75	0.47
CAPATAZ	hh	1	0.0321	19.18	0.62
PEON	hh	3	0.0964	11.58	1.12
					2.62
Materiales					
PETROLEO DIESSEL # 2	gal		5.8	10.84	62.87
ARENA ZARANDEADA (P/ ASFALTO)	m3		0.16	21.94	3.51
PIEDRA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.40	34.98	13.92
ARENA CHANCADA (P/ ASFALTO)	m3		0.43	61.97	26.64
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	kg		134.94	2.61	350.42
PLASTICO MOLIDO (PET)	kg		9.6	3	28.8
					486.16
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5	2.62	0.13
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1	0.0321	170.08	5.46
GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	1	0.0321	172.83	5.55
GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	2	0.0643	139.38	8.96
PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 115 Ton/hr	hm	1	0.0321	530	17.01
					37.11

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el porcentaje de incidencia del cemento asfáltico modificado con el PET es de 66.19%. Asimismo, el costo total de producción por m3 de mezcla asfáltica modificada es de S. / 525,89 soles, representando un 2.63 % menos en comparación al costo de la mezcla asfáltica tradicional.

3.6 beneficios

3.6.1 ahorra en la producción de la mezcla asfáltica.

Para determinar esta variable, se procede a comparar los costos del tradicional frente al modificado. En la siguiente tabla 32, se muestra dichos resultados.

Tabla 32. Ahorro en la producción total de mezcla asfáltica

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA TRADICIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA (EXPERIMENTAL)	% VARIACIÓN
PRECIO MEZCLA ASFÁLTICA TOTAL	S/.540.12	S/.525.89	+2.63
AHORRO (M3)	S/ 14.23		

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el precio total de la mezcla asfáltica modificada se disminuye en un 2.63 % con respecto a la mezcla convencional y a su vez añadiéndole mejor comportamiento mecánico.

3.6.2 vida útil del pavimento

Este punto es muy importante en el análisis de una carretera. En el cuadro 33 se muestran los años de vida útil tanto del pavimento con mezcla convencional como utilizando mezcla modificada con plástico (PET).

Tabla 33. Vida útil del pavimento con los dos tipos de alternativas

DESCRIPCIÓN	MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO SBS	VARIACIÓN (%)
VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO	20 AÑOS	30 AÑOS	+ 5 AÑOS

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la utilizando la mezcla modificada con plástico (PET), el periodo de vida útil del pavimento se extiende 10 años más con respecto al pavimento con mezcla convencional, mejorando así el tiempo de servicio de las carreteras.

IV. DISCUSIONES.

A partir de los resultados obtenidos decimos que guardan relación con lo que sostiene (Huertas y Cazar, 2014, p.25). En su tesis titulado; **“Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante asfáltico ac-20”**, quienes señalan que los tipos de materiales como; elastómero (caucho) y tereftalato de polietileno PET, son utilizados en la transformación de mezclas asfálticas, como reformadores en parte de polímeros ya históricos en el mercado, en este modo se origina una causa alterna de diligencia de desechos no biodegradables que constituyan el manejo del ambiente.

Mejorando la mezcla asfáltica en la resistencia, rigidez y contribuyendo a la conservación ambiental.

Al comparar muestras de mezclas asfálticas las cuales contienen un porcentaje óptimo de asfalto de 5.6% con el cual la mezcla asfáltica alcanza su nivel más adecuado para su uso, así como también un 3.9% de vacíos de diseño, con briquetas a la cuales se le incorporó un porcentaje de 1% de plástico dando con ello el óptimo tipo gránulos de agregado para obtener un porcentaje de vacíos del 3.7%, se observó que las briquetas modificadas con PET presentan valores superiores de flujo y mayor resistencia a deformación concluyendo así que se obtuvo un pavimento más resistente pero a su vez con menos deformación.

Pero en lo que no concuerda el estudio con los autores referidos en el presente es que ellos mencionan que el porcentaje de plástico a incorporar en un 6 a 7 % del cemento asfáltico lo cual en esta investigación se mostró que el óptimo es 1% ya que en la investigación menciona anteriormente le incorporaron plástico en tiras de fibras y este investigación se usó como material de agregado granular

La norma Marshall MTC E 504 indica que el flujo de la mezcla asfáltica en condiciones de diseño en la costa debe estar entre un 8-14mm lo cual se observa en esta investigación que se llegó a obtener un 9 mm lo que tiende hacia el mínimo.

V. CONCLUSIONES.

- Esta investigación se basa en la norma que nos brinda el ministerio de transportes y comunicaciones (manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013). En el capítulo IV pavimentos flexibles, sección 423 (pavimentos de concreto asfáltico en caliente) donde nos brinda todos los requerimientos necesarios para que una mezcla asfáltica cumpla con los parámetros de diseño.
- Todos los ensayos se realizaron por el método de modificación de la mezcla asfáltica por la vía seca ya que el plástico se utilizó como un agregado más reemplazando el 1% del agregado fino, existiendo la posibilidad de realizarse por vía húmeda modificando directamente al cemento asfáltico.
- Habiéndose realizado tres ensayos Marshall de la mezcla asfáltica modificada con plástico, con 45 briquetas como muestra con diferentes porcentajes de plástico (PET) con un 0.5%, 1% y 1.5% del agregado fino, se llegó a verificar que el contenido óptimo con el cual mejora las características físicas y estructurales la mezcla asfáltica es 1%. y un ensayo Marshall de la mezcla tradicional con 15 muestras de briquetas.
- Se comprueba que la deformación por carga, obtenidas mediante el ensayo de diseño Marshall en la mezcla con incorporación de plástico mejora la resistencia a la deformación en un 3.11% lo que implica mayor soporte de cargas frente al tradicional.
- La relación entre las deformaciones y la capacidad para soportar cargas de la mezcla asfáltica modificada con plástico se incrementa en un 4.49 % en comparación a la mezcla asfáltica tradicional lo cual hace que sea mucho más resistente a la hora de soportar cargas.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados en esta investigación se observa que el plástico (PET) triturado

pasante a la malla #16 hace que la mezcla obtenga un mejor comportamiento en cuanto al porcentaje de vacíos obteniendo un 2.5% de reducción de vacíos en comparación al tradicional lo cual mejora las estabilidad.

- En la investigación se comprueba que existe una reducción de la densidad de la mezcla en un 1.7% mejorando la productividad de la producción y colocación.
- Se comprueba que existe un ahorro de 2.63% en la producción de la mezcla asfáltica y mejorando las características físicas y mecánicas de la mezcla y dándole mayor factibilidad económica. Ya que no es necesario usar el filler ni mejorador de adherencia, el plástico actúa como un mejorador de adherencia y un agregado fino.
- En el cuadro 33 de periodos de mantenimientos, se puede evidencia que con el uso de la mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado (PET) existe una prolongación 25% en la vida útil de la carpeta asfáltica ya que al tener menos vacío hace que sea más impermeable, más resistente deformaciones.
- El plástico reciclado no llegaría a abastecer la colocación de tramos de longitudes de gran envergadura, para ello sería ideal crear plantas de plásticos para las mezclas asfálticas

VI. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIA.

El uso del plástico reciclado en mezclas asfálticas ha evidenciado una mejora con respecto al tipo de deterioro de deformación permanente, sin embargo, se recomienda seguir con dichas investigaciones cambiándole la densidad del plástico. En nuestro país con respecto a este tipo de diseño de mezcla asfáltica, a fin de verificar la incidencia del plástico (PET) en mezclas asfálticas.

Se recomienda complementar el presente estudio realizando pruebas de fatiga a las mezclas analizadas, debido a que, por ser mezclas asfálticas con un alto índice de rigidez, estas podrían ser susceptibles a las fisuras, obteniéndose por otro lado las fallas por fatiga dinámica (altas cargas de tráfico).

Se recomienda extender el presente estudio realizando modelos estadísticos tanto del deterioro por deformación permanente y realizar tramos de prueba en vías (escala real) con plástico reciclado a fin de verificar, corroborar o encontrar diferencias con los ensayos de laboratorio con los de escala real.

En donde se utilice a escala real otra clase de ensayos como son (rugosidad, rueda de Hamburgo, etc.)

Se sugiere realizar estudios siguiendo los mismos métodos del presente estudio en zonas de la selva y zonas con temperaturas extrema.

Se puede realizar otra investigación realizando la modificación por la vía húmeda en laboratorio y a escala real para ver las incidencias que tiene, para lo cual se debe tener en cuenta la disponibilidad de los laboratorios certificados y el tiempo.

Se puede encontrar nuevas fórmulas para estudios superiores en pavimentos con mesclas asfálticas modificadas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016. *Manual de ensayo de materiales.* Dirección general de caminos y ferrocarriles, MTC. Lima : 2016. pág. 1269.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013. *Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.* Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, MTC. Lima : 2013. pág. 1274, Manual.

Salazar, Jorge. 2008. *Evaluación de factibilidad del uso en Costa Rica de polímeros modificantes de asfalto incorporados en planta.* Unidad de Investigación, Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca : 2008. pág. 12, Investigación.

Salcedo de la Vega, Carlos. 2008. *Experiencia de Modificación de Cemento Asfáltico con Polímeros SBS en Obra.* Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Piura : 2008. pág. 64, Tesis de Maestría.

Jie, J.G y Ji, J. 2004. *Comparison of rut resistance between mixtures of conventional and SBS.* : Highway, 2004. págs. 212-221.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos. y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación.* México: Mc Graw-Hill, 2010. pp. 56-67.

VALDERRAMA, Santiago. *Pasos para elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica.* Lima: San Marcos, 2006. pp. 67-75.

BETRAM, George. *Ensayos de Suelos Fundamentales para la Construcción.* Washington: International Road Federation, 1963, pp.89.95.

1. Manual de carreteras, normas para la evaluación de proyectos y geometría [en línea]. Lima: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, Inc., 2011 [fecha de consulta: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.mopc.gov.py/userfiles/files/gap.pdf>
2. Mora, Carlos. Manual de supervisión de aspectos sociales para la ejecución de obras de infraestructura vial. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Recuperado de: <http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/asuntos/guias/pdf/MSAS.pdf>
ISBN: 980470170658
3. Olf Mars Carrertas de plástico [en línea]. Lima: Informe S.L, Inc..., 2014 [fecha de consulta: 05 de Diciembre del 2016]. Disponible en: <http://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/6865383/07/15/Carreteras-de-plastico-reciclado-alternativa-al-asfalto-rapida-barata-y-verde.html>
4. Rodríguez, Juan. Mejora con plástico reciclado [en línea]. Lima: Informe S.L, Inc., 2016 [fecha de consulta: 03 de Noviembre del 2016]. Disponible en: <http://www.informador.com.mx/tecnologia/2010/186215/6/proponen-mejorar-pavimento-con-plastico-reciclado.htm>
5. Reyes, Alberto. Diseño Racional de Pavimentos [en línea]. Lima: Cep E.L, Inc., 2016 [fecha de consulta: 03 de Setiembre del 2016]. Disponible en: <http://myslide.es/documents/disenio-racional-de-pavimentos-fredy-alberto-reyes-lizcano.html>
6. Rodríguez, Fernando. Asfaltos modificados con polímeros [en línea]. Lima: JAT ET, Inc., 2016 [fecha de consulta: 03 de Setiembre del 2016] Disponible en: <http://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/264/1/CIVI0401.pdf>

7. Airey, G. D., Rahimzadeh, B., Collop, A. C., (2004). "Linear Rheological Behavior of Bituminous Paving Materials." J. Materials in Civil Engineering. 16(3). Pp. 212-220.
8. BECKER, Yonel, MÉNDEZ, Mario y RODRÍGUEZ, Yack. "Polymer Modified Asphalt.. Venezuela: J. Vis Technol, 2004. pp. 39-50.4.
9. Rodríguez, Fernando. Asfaltos modificados con polímeros [en línea. Lima: JAT ET, Inc., 2016 [fecha de consulta: 03 de Setiembre del 2016] Disponible en: <http://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/264/1/CIVIO401.pdf>
10. Airey, G. D., Rahimzadeh, B., Collop, A. C., (2004). "Linear Rheological Behavior of Bituminous Paving Materials." J. Materials in Civil Engineering. 16(3). Pp. 212-220.
11. BECKER, Yonel, MÉNDEZ, Mario y RODRÍGUEZ, Yack. "Polymer Modified Asphalt.. Venezuela: J. Vis Technol, 2004. pp. 39-50.4.

ANEXOS.

Tabla 34: matriz de consistencia.

✓ **Instrumento.**

✓ **Tabla 35:** hoja de cálculo para el Ensayo Marshall.

	N° DE BRIQUETAS	1	2	3	PROMEDIO
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL				
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA				
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA				
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA				
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE				
6	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO GRUESO (MENOR 1")				
7	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DEL AGREGADO FINO				
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER				
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)				
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)				
11	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AIRE (g)				
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO EN AGUA (g)				
13	PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)				
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECO (cm³)				
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)				
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)				
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) - ASTM D 2041				
18	PORCENTAJE DE VACÍOS (%)				
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)				
20	V.M.A. (%)				
21	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)				
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL				
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)				
24	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)				
25	FLUJO (mm)				
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)				
27	FACTOR DE ESTABILIDAD				
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)				
29	RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO (kg/mm)				

Fuente: Ministerio de transportes-2017.

Figura 25. Recibo turnitin.



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Devis Silvestre Velasquez
Título del ejercicio:	Prueba DPI 2017 I
Título de la entrega:	DPI 2017 I - Deyvis Silvestre
Nombre del archivo:	DESARROLLO_DE_TESIS_SILVEST.
Tamaño del archivo:	2.83M
Total páginas:	82
Total de palabras:	11,748
Total de caracteres:	63,580
Fecha de entrega:	27-jun-2017 05:50p.m.
Identificador de la entrega:	827830913



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE LAS
CARPETAS ASFÁLTICAS TRADICIONALES Y REFORZADO CON
PLÁSTICO RECICLADO EN LA CIUDAD DE LIMA-2017.
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

Ingeniero Civil

AUTOR

SILVESTRE VELASQUEZ, DEYVIS FABIÁN

ASESOR

Mg. Ing. CARLOS MORAÑA ROSARIO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Infraestructura vial.

LIMA- PERÚ
2017
1

Derechos de autor 2017 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Figura 26. Porcentaje de similitud turning.

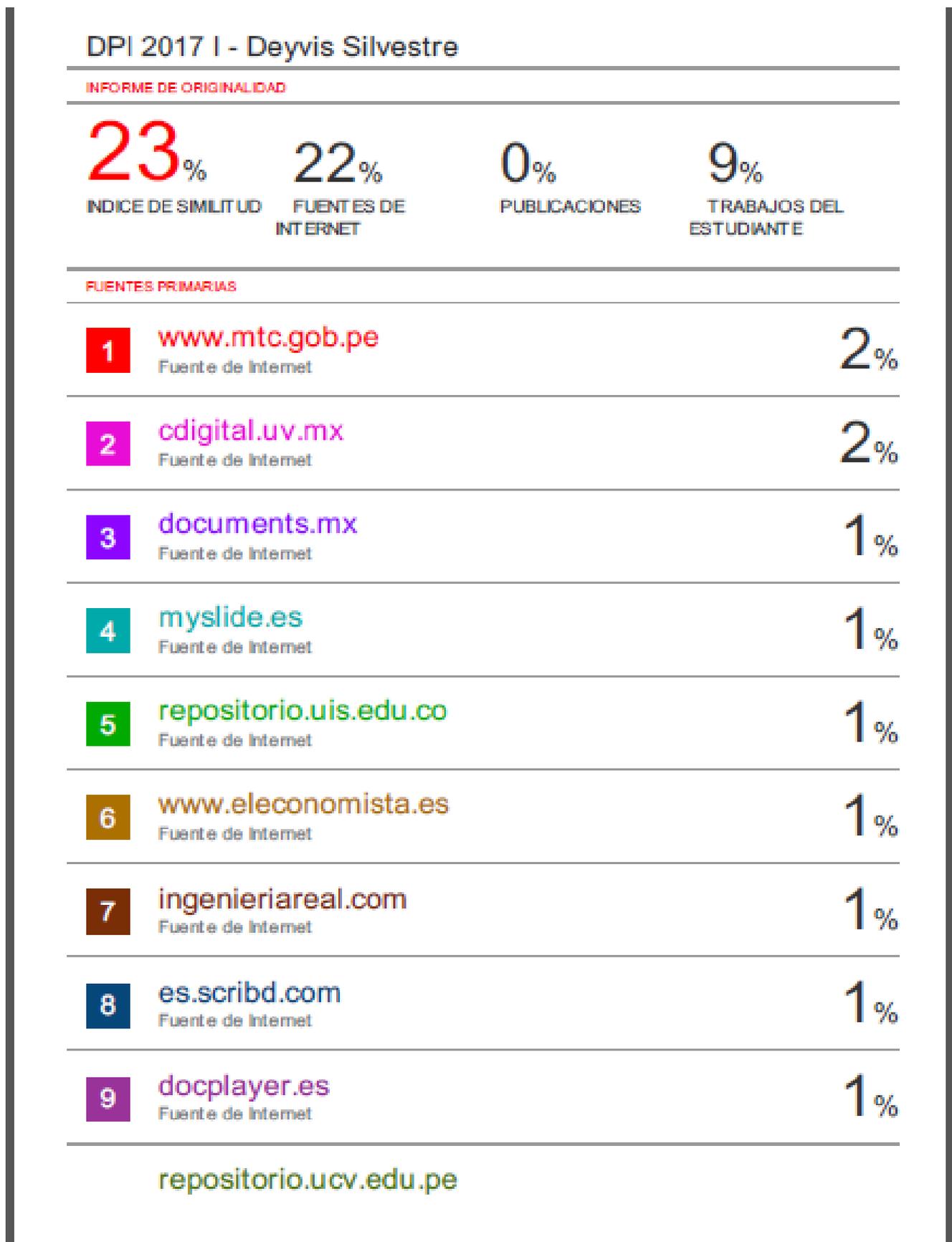


Figura 27: porcentaje de similitud turniting.

10	Fuente de Internet	1%
11	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	1%
12	docslide.us Fuente de Internet	1%
13	www.clubensayos.com Fuente de Internet	1%
14	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
15	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	1%
16	www.buenastareas.com Fuente de Internet	1%
17	materiales-de-construccion-ujcv.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
18	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
19	edukavital.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
20	www.afin.org.pe Fuente de Internet	<1%
21	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%

Figura 28. Porcentaje de similitud turniting.

22	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1%
23	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
24	exploredoc.com Fuente de Internet	<1%
25	docslide.net Fuente de Internet	<1%
26	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1%
27	Submitted to University of Ulster Trabajo del estudiante	<1%
28	www.imt.mx Fuente de Internet	<1%
29	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1%
30	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1%
31	fr.scribd.com Fuente de Internet	<1%
32	prezi.com Fuente de Internet	<1%
33	www.lanamme.ucr.ac.cr Fuente de Internet	<1%

Figura 29. porcentaje de similitud turniting.

34	metrologia.com.ve Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1 %
36	www.icfes.gov.co Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
38	www.monografias.com Fuente de Internet	<1 %
39	www.calameo.com Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to INACAP Trabajo del estudiante	<1 %
41	mtbethuniversity.webs.com Fuente de Internet	<1 %
42	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	<1 %
43	www.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
44	www.respiros-web.com.ar Fuente de Internet	<1 %
45	www.biblioteca.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Figura 30. Porcentaje de similitud turniting.

46	intranet.cip.org.pe Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to Universidad Militar Nueva Granada Trabajo del estudiante	<1 %
48	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
49	aprendolaboratorio.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
50	www.deguate.com Fuente de Internet	<1 %
51	www.anvisa.gov.br Fuente de Internet	<1 %
52	www.nutricion.org Fuente de Internet	<1 %
53	lemac.frlp.utn.edu.ar Fuente de Internet	<1 %

EXCLUIR CITAS
EXCLUIR
BIBLIOGRAFÍA

APAGADO
APAGADO

EXCLUIR
COINCIDENCIAS

APAGADO

Fichas de ensayos Marshall validados por el ingeniero responsable del laboratorio del MTC.

Figura 31. Informe de ensayo Marshall mezcla asfáltica tradicional.



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO.

SOLICITANTE	BACH. DEYVIS F. SILVESTRE VELASQUEZ	MUESTRA	Agregados, Pen 60/70 y plástico.
DOMICILIO LEGAL	Mz. D Lote 19 Comité 12 - Flor de Amancaes - Rimac.	IDENTIFICACIÓN	La que se indica
PROYECTO	TESIS: "Comparación Técnica y Económica de las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plásticos reciclados en la ciudad de Lima - 2017"	CANTIDAD	La que se indica
REFERENCIA		PRESENTACIÓN	Sacos.
FECHA DE RECEPCIÓN	Junio - 2017.	FECHA DE ENSAYO	Junio -2017.

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :	Mezcla tradicional			
- N° de golpes por cara		75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	5.4	5.6	5.8	
- Peso Específico bulk, g/cm ³	2.443	2.446	2.448	
- Vacíos, %	4.3	3.9	3.5	
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	74.6	77.4	79.9	
- V.M.A., %	17.1	17.2	17.3	
- Estabilidad, kg (kN)	1401.1 (13.740)	1389.4 (13.625)	1365.4 (13.292)	
- Flujo, mm (10 ⁻² pulg)	3.4 (13.6)	3.7 (14.4)	3.9 (15.4)	
- Absorción de Asfalto, %		0.12		
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	4063.0 (10.0)	3788.0 (9.0)	3461.0 (9.0)	
- Temperatura de la Mezcla, °C		140 - 145		

Proporciones de mezcla :	
(1) Agregado grueso, % **	40.0
(2) Agregado fino, % **	60.0
(3) Filler mineral, % **	-
(4) Aditivo, % ***	0.5

Materiales :	
Tipo de Asfalto	PEN: 60 - 70
Agregado grueso	Piedra chancada - Cantera "Leticia"
Agregado fino	Arena chancada - Cantera "Leticia"
	Arena chancada - Cantera "Leticia"

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total

(**) Porcentaje en peso de los agregados

Observaciones :

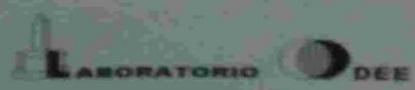
Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición, aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001.

Agregados, proporcionados e identificados por el solicitante.

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. RESPONSABLE
Junio - 2017



LABORATORIO DEE

Figura 32. Informe de ensayo Marshall mezcla asfáltica tradicional.

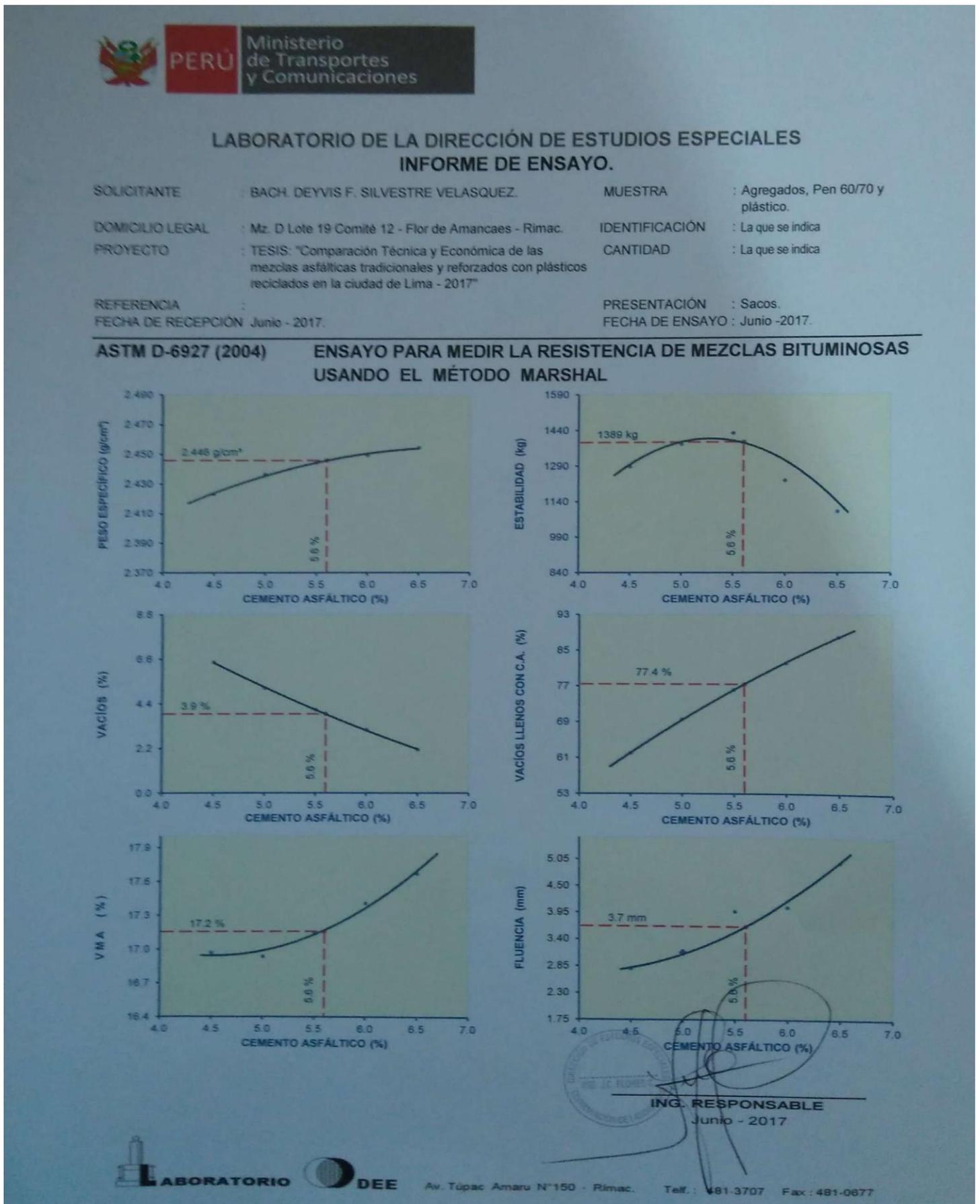


Figura 33. Informe de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica modificada con 1% de plástico.



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	BACH. DEYVIS F. SILVESTRE VELASQUEZ.	MUESTRA	: Agregados, Pen 60/70 y plástico.
DOMICILIO LEGAL	: Mz. D Lote 19 Comité 12 - Flor de Amancaes - Rimac.	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: TESIS: "Comparación Técnica y Económica de las mezclas asfálticas tradicionales y reforzados con plásticos reciclados en la ciudad de Lima - 2017"	CANTIDAD	: La que se indica
REFERENCIA	: Carta N° 004-2017-UCV-L-DA-ING-CIV/DE	PRESENTACIÓN	: Sacos.
FECHA DE RECEPCIÓN	: Junio - 2017.	FECHA DE ENSAYO	: Junio -2017.

ASTM D-6927 (2004)

ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL MÉTODO MARSHAL

Características de la Mezcla :	Mezcla Modificada con 1% de plástico pulverizado					
- N° de golpes por cara	:					75
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.6		5.8		6.0
- Peso Especifico bulk, g/cm ³	:	2.448		2.450		2.451
- Vacíos, %	:	5.0		4.5		3.9
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	67.7		71.1		74.6
- V.M.A., %	:	15.4		15.5		15.6
- Estabilidad, kg (kN)	:	1478.5	(14.499)	1434.4	(14.067)	1367.7 (13.413)
- Flujo, mm (10 ⁻² pulg)	:	3.4	(13.3)	3.6	(14.2)	3.9 (15.4)
- Absorción de Asfalto, %	:			1.26		
- Relación Estabilidad / Flujo, kg/cm (lb/pulg)	:	4390.0	(11.0)	3966.0	(10.0)	3487.0 (9.0)
- Temperatura de la Mezcla, °C	:			140 - 145		

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % ** : 40.0

(2) Agregado fino, % ** : 59.0

(3) Plástico pulverizado, % ** : 1.0

Materiales :

Tipo de Asfalto : PEN 60 - 70

Agregado grueso : Piedra chancada - Cantera "Leticia"

Agregado fino : Arena chancada - Cantera "Leticia"

Arena natural - Cantera "Leticia"

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total

(**) Porcentaje en peso de los agregados

Observaciones :

Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000), 2da edición, aprobado con R.D. N° 028-2001-MTC/15.17 del 16/01/2001

Agregados, proporcionados e identificados por el solicitante.

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. RESPONSABLE
Junio - 2017



LABORATORIO DEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac. Telf. : 481-3707 Fax : 481-0677

Figura 34. Informe de ensayo Marshall de la mezcla asfáltica modificada con 1% de plástico.

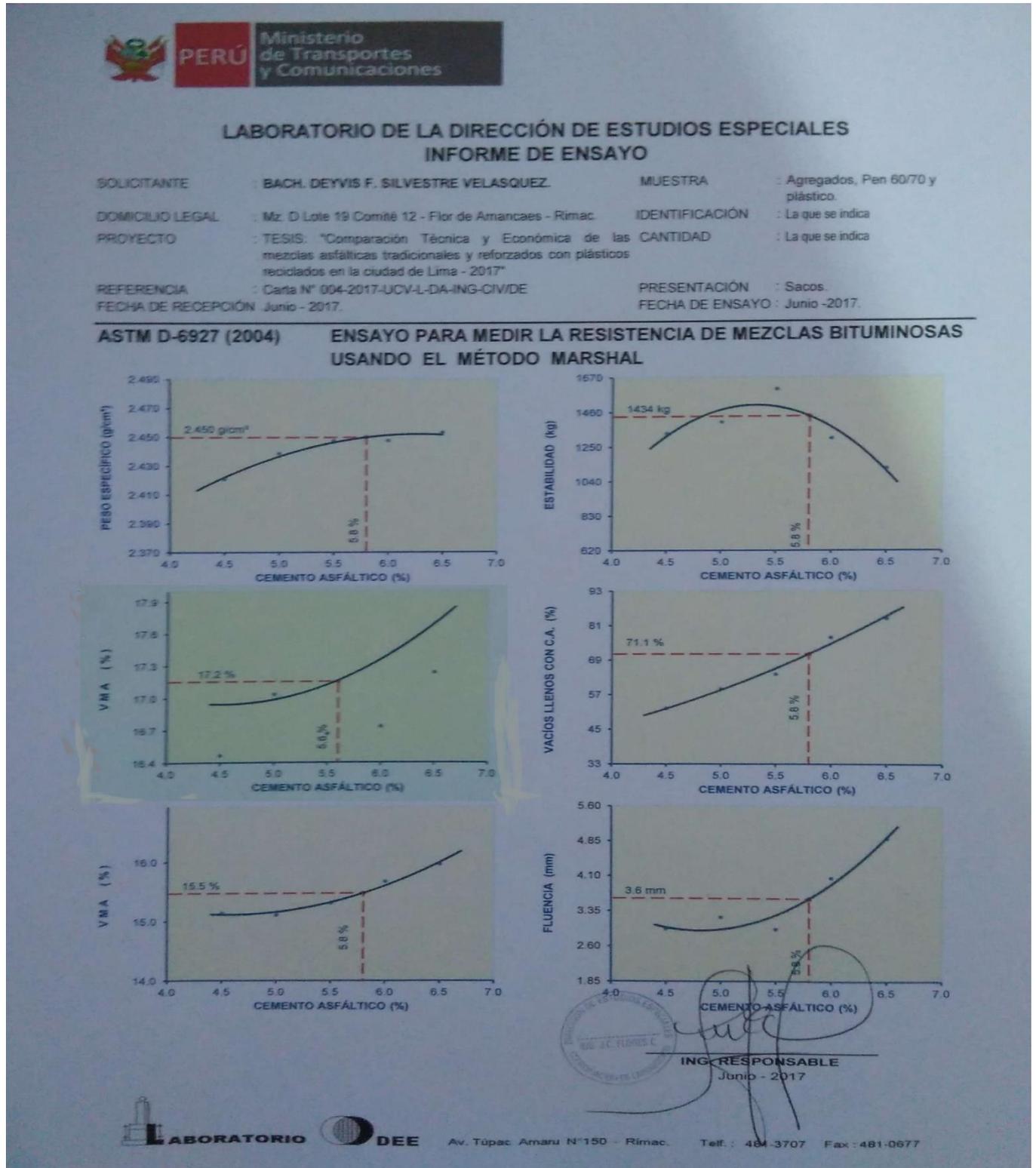
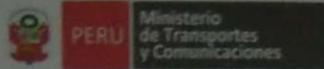


Figura 35. Informe de ensayo (equivalente de arena) de agregado.



**LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUELOS Y AGREGADOS**

ORDEN DE SERVICIO: BACH. DEYVIS F. SILVESTRE VELASQUEZ.

FECHA: MAYO 2017

TESIS

"COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS TRADICIONALES Y REFORZADO CON PLÁSTICO RECICLADO EN LA CIUDAD DE LIMA-2017"

ENSAYO(S): EQUIVALENTE DE ARENA

EQUIVALENTE DE ARENA							
MUESTRA N		ZARANDEADA			CHANCADA		
HORA DE ENTRADA DE SATURACION	(A)	10:36	10:38	10:40	11:18	11:20	11:22
SALIDA SATURACION(A+10)	2	10:46	10:48	10:50	11:28	11:30	11:32
HORA ENTRADA A SATURACION	(B)	10:07:24	10:49:25	10:51:25	11:29:25	11:31:25	11:33:27
SALIDA DECANTACION (B+20)	4	11:07:24	11:09:25	11:11:25	4.3	11:51:25	4.3
ALTURA MATERIAL FINO(pulg)	5	6.2	6.4	6.7	3.2	4.5	3.2
ALTURA ARENA(pulg)	6	2.8	2.9	2.9		3.2	
EQUIVALENTE ARENA(6/5*100)(%)	7						
PROMEDIO EQUIV. ARENA(%)	8		44%			73%	



ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Figura 36. Informe de ensayo de agregado (los ángeles).



**LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUELOS Y AGREGADOS**

SOLICITADO: BACH. DEYVIS F. SILVESTRE VELASQUEZ.

FECHA: MAYO 2017

TESIS

"COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS TRADICIONALES Y REFORZADO CON PLÁSTICO RECICLADO EN LA CIUDAD DE LIMA-2017"

ENSAYO(S): LOS ANGELES

PASA	RET.	GRADO "A"(12)	GRADO "B"(11)	GRADO "C"(08)	GRADO "D"(06)	GRADO "1"(12)	GRADO "2"(12)	GRADO "3"(12)
3"	2 ½"					2500g		
2 ½"	2"					2500g		
2"	1 ½"					5000g	5000g	
1 ½"	1"	1250g					5000g	5000
1"	¾"	1250g						5000
¾"	½"	1250g	2500g					
½"	3/8"	1250g	2500g					
3/8"	Nº3			2500g				
Nº2	Nº4			2500g				
Nº4	Nº8				5000g			

NOTA: LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS INDICAN LA CANTIDAD DE ESFERAS

CODIGO DE MUESTRA	M.A2				
PESO INICIAL	5000				
GRADACION	B				
PESO MATERIAL RET. EN LA MALLA Nº12	4345,1				
PESO MATERIAL PASA EN MALLA Nº12	654,1				
PORCENTAJE DE DESGASTE	13%				



ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Figura 37. Informe de ensayo de agregados (peso específico y absorción).



**LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUELOS Y AGREGADOS**

SOLICITADO: BACH. DEYVIS F. SILVESTRE VELASQUEZ.

FECHA: MAYO 2017

TESIS

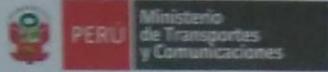
"COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS TRADICIONALES Y REFORZADO CON PLÁSTICO RECICLADO EN LA CIUDAD DE LIMA-2017"

ENSAYO(S): PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN

NTP 400.021 AGREGADOS. Metodo de ensayo normalizado para peso especifico y absorcion del agregado grueso.		
CODIGO DE LA MUESTRA	#7	
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO(EN AIRE) A	1426.6	
PESO MAT. SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO(SUMERGIDO) B	902.3	
VOLUMEN DE LA MASA+ VOLUMEN DE VACIOS C=(A-B)	524.8	
PESO DE MATERIAL SECO D	1415.5	
VOLUMEN DE LA MASA E=C(A-D)	513.2	
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) D/C	2.69	
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SATURADA) A/C	2.73	
PESO APARENTE (BASE SECA) D/E	2.76	
ABSORCION	0.78	
NTP 400.022 AGREGADOS. Metodo de ensayo normalizado para peso especifico y absorcion del agregado fino.		
CODIGO DE LA MUESTRA	#22	
PESO FIOLA(CALIBRDA CON AGUA) A	650.5	
PESO FIOLA(CALIBRADA CON AGUA) + PESO MATERIAL B	456.9	
PESO FIOLA + AGUA +MATERIAL S.S.S. (EXTRAIDO DEL AIRE) C	850.1	
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACIOS D=(B-C)	106.8	
PESO DE MATERIAL SECO E	298	
VOLUMEN DE LA MASA F=D-(PESO MATERIAL S.S.S-E)	104.9	
PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) E/D	2.79	
PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) MAT.S.S.S./D	2.8	
PESO APARENTE(BASE SATURDA) E/F	2.84	
ABSORCION	0.67	
NTP 400.022	PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SOLIDOS DE SUELO	


ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Figura 38. Informe de ensayo de agregados (límite líquido y plástico).



LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUELOS Y AGREGADOS

ORDEN DE SERVICIO: BACH. DEYVIS F. SILVESTRE VELASQUEZ.

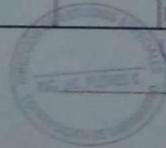
FECHA: MAYO 2017

TESIS

"COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS TRADICIONALES Y REFORZADO CON PLÁSTICO RECICLADO EN LA CIUDAD DE LIMA-2017"

ENSAYO(S): LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

NTP 339,129(1999)		LIMITE LIQUIDO			
CODIGO DE MUESTRA	# 40	#200	#40	#200	
Nº DE TARRO		C-4		C-9	
P.Tarro + S. Humedo		27.22		27.3	
P. Tarro s. Seco		23.97		24.18	
Agua	N.P	3.25		3.17	
Peso de tarro		11.95		11.75	
Suelo Seco		12.02		12.48	
% de Humedad		27.04		25.44	
Nº DE Golpes		24		13	
LIMITE PLASTICO					
CODIGO DE MUESTRA	# 40	#200	#40	#200	
Nº DE TARRO					
P.Tarro + S. Humedo					
P. Tarro s. Seco					
Agua	N.P	N.P	N.P	N.P	
Peso de tarro					
Suelo Seco					
% de Humedad					
Nº DE Golpes					
LIMITE LIQUIDO					
LIMITE PLASTICO					
INDICE PLASTICO	N.P	N.P	N.P	N.P	



ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Figura 39. Informe de ensayo de agregados (caras fracturadas).



**LABORATORIO DE LA DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUELOS Y AGREGADOS**

ORDEN DE SERVICIO: BACH. DEYVIS F. SILVESTRE VELASQUEZ.

FECHA: MAYO 2017

TESIS

"COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS TRADICIONALES Y REFORZADO CON PLÁSTICO RECICLADO EN LA CIUDAD DE LIMA-2017"

ENSAYO(S): CARAS FRACTURAS

ENSAYO DE PARTICULAS CON CARAS DE FRACTURAS								
ASTM D - 5821								
DESCRIPCION MALLAS SERIE AMERICANA	Peso Total Retenido en Malas (A)	Peso Muestra (B)		% Caras de Fracturas ©		Escala original (D)	% Caras de Fracturas (E.)	
		1 a más	2 a más	1 a más	2 a más		1 a más	2 a más
2" - 1½"								
1½" - 1"								
1" - ¾"	570.6	488.9	187.5	85.7	32.9	18	1542.6	592.2
¾" - ½"	518.6	460.6	286.2	88.8	55.2	64	5683.2	3532.8
½" - 3/8"	296.7	232.5	162.4	78.4	54.7	17	1332.8	929.9
							8558.6	5054.9

% CARAS DE FRACTURAS 1 A MAS: 85.60%

% CARAS DE FRACTURAS 2 A MAS: 51.10%

DESCRIPCION MALLAS SERIE AMERICANA	Peso Total Retenido en Mallas (A)	Peso Muestras Chatas Y alargadas (B)	Porcentaje de chatas Y alargadas	Escala Original (D)	Porcentajes Parciales
					De chatas y alargadas (E)
2" - 1½"					
1½" - 1"					
1" - ¾"	570.6			18	
¾" - ½"	518.3			64	
½" - 3/8"	296.7	6.4		17	36.7
					36.7

% DE CHATAS Y ALARGADAS E/D: 0.37 %

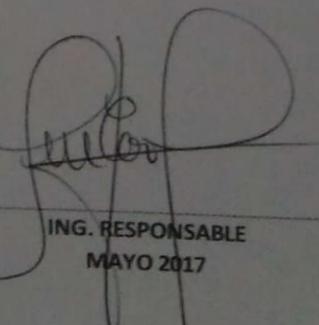


ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

Figura 40. Informe de ensayo de agregados (durabilidad al sulfato de magnesio).



Ministerio de Transportes y Comunicaciones

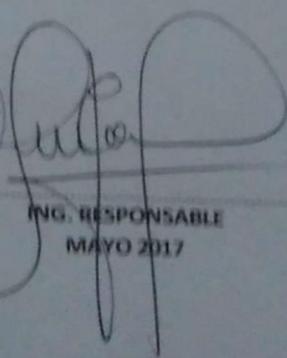
**DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS POR MEDIO DE SO4NA2
DEE-A5-1964**

SOLICITADO: BACH. DEYVIS F. SILVESTRE VELASQUEZ. FECHA: MAYO 2017

TESIS
"COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS TRADICIONALES Y REFORZADO CON PLÁSTICO RECICLADO EN LA CIUDAD DE LIMA-2017"

ENSAYO: DURABILIDAD

IDENTIFICACION							
PASA	RET	Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERD. DESP. DE ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	%PERDIDAS CORREGIDAS
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	USA 019	160.6	160.2			
3/4"	1/2"	PCH-02	622.5	620		39	
1/2"	3/8"	USA 070	343.1	326.6	1.97	16.9	1.1
3/8"	Nº 4	K-8	330.3	323.2	2.15	44.6	0.96
TOTAL							2.09
IDENTIFICACION							
PASA	RET	Nº RECIPIENTE	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	% PERD. DESP. DE ENSAYO	ESCALONADA ORIGINAL	%PERDIDAS CORREGIDAS
3/8"	Nº 4	J2	100.0	93.5	6.5	11	0.72
Nº4	Nº8	USA-331	100.0	91.3	8.7	25.5	2.22
Nº8	Nº16	USA-55	100.0	96.4	3.6	18.5	0.67
Nº16	Nº30	UCC-067	100.0	93.1	6.9	11.5	0.79
Nº30	Nº50	25	100.0	89.8	10.2	8.5	0.87
TOTAL							5.27

ING. RESPONSABLE
MAYO 2017

✓ **Panel fotográfico**

Ensayo de agregados norma MAC.

Figura 42. Cantera de agregados.



Figura 43. Tamizado de agregados.



Figura 44. Análisis granulométrico.



Figura 45. Contenido de humedad.



Figura 46. Peso específico.



Figura 47. Ensayo de durabilidad.



Figura 48. Partículas chatas y alargadas.



Figura 49. Granulometría del plástico.



Ensayo Marshall.

Figura 50. elaboración de briquetas.



Figura 51. Muestras para el ensayo.



Figura 52. Preparación para la colocación a la maquina Marshall.



Figura 53. Briqueta después del ensayo Marshall.

