



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS

**Desempeño de Mezclas Asfálticas en Caliente con Adición
de Polietileno de Tereftalato**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. Vasquez Perez Yerson Antony

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6001-1009>

Asesor:

Mg. Ballena del rio, Pedro Manuel

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0027-3618>

Línea de Investigación:

Infraestructura, tecnología y medio ambiente

Pimentel – Perú

2023

DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON ADICIÓN DE POLIETILENO DE TEREFALATO

Aprobación del Jurado

Dr. Ing. CORONADO ZULOETA OMAR

Presidente del Jurado de Tesis

Mg. Ing. OBLITAS GASTELO BORIS ENRIQUE

Secretario del Jurado de Tesis

Mg. Ing. BALLENA DEL RIO PEDRO MANUEL

Vocal del Jurado de Tesis

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) **egresado (s)** del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

**DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON ADICIÓN DE
POLIETILENO DE TEREFALATO**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Vásquez Pérez, Yerson Antony	DNI: 73416934	
------------------------------	---------------	---------------------------------------------------------------------------------------

Pimentel, 18 de abril de 2023

Dedicatoria

Dedico esta investigación a mis queridos padres por el apoyo inmensurable a lo largo de toda mi formación personal y profesional, son lo más importante para mí.

A mis hermanos por todos los consejos que me dieron en los momentos más difíciles para poder seguir y no rendirme, a mis abuelos que no están presentes físicamente que se me cuidan desde el cielo.

A todos esos amigos que a pesar de las dificultades me apoyaron para esforzarme más y decir si se puede, porque el camino no es fácil, pero con empeño y dedicación todas las metas se pueden cumplir.

Yerson Antony Vásquez Pérez

Agradecimiento

Agradecer a Dios por darme la fortaleza para no rendirme e iluminarme para siempre por el buen camino.

Agradezco a mis padres Servulo y Bremilda que son mi motor y motivo, porque siempre me brindaron su apoyo y me animaron para no rendirme.

A mis vecinos, doña Teresa Vásquez y don Marcial Vera quienes me brindaron con mucho cariño un lugar donde vivir durante mi vida universitaria y gracias a ese gran apoyo pude culminar esta hermosa carrera.

Yerson Antony Vásquez Pérez

Índice

Aprobación del Jurado	ii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	21
1.3. Hipótesis	21
1.4. Objetivos	21
1.5. Teorías relacionadas del tema.....	21
II. MATERIAL Y MÉTODO	27
2.1. Tipo y Diseño De Investigación.....	27
2.2. Variables y operacionalización.....	27
2.3. Población y Muestra	30
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .	32
2.5. Procedimiento de análisis de datos	34
2.6. Criterios Éticos.....	51
III. RESULTADOS	52
3.1. Resultados	52
4.1. Discusión de resultados	87
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
4.2. Conclusiones	89
4.2. Recomendaciones	89
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Agregados. [14].....	22
Fig. 2. PET triturado	26
Fig. 3. Composición Química del PET. [25].....	26
Fig. 4. Flujograma.....	34
Fig. 5. Cemento tipo I.....	35
Fig. 6. Polietileno de Tereftalato fragmentado	36
Fig. 7. Tamices normalizados.....	37
Fig. 8. Ensayo de limite liquido.....	38
Fig. 9. Ensayo de limite plástico.....	39
Fig. 10. Ensayo de absorción y peso específico de agregado grueso	40
Fig. 11. Ensayo de absorción y peso específico de agregado fino	41
Fig. 12. Peso Unitario Suelto	42
Fig. 13. Peso Unitario Compactado.....	43
Fig. 14. Sales Solubles	44
Fig. 15. Chatas y Alargadas.....	45
Fig. 16. Equivalencia de Arena.....	46
Fig. 17. Máquina de los Ángeles.....	47
Fig. 18. Maquina Marshall	48
Fig. 19. Curva granulométrica del conglomerado fino	52
Fig. 20. Curva granulométrica del agregado grueso.....	53
Fig. 21. Combinado teórico	53
Fig. 22. Peso Unitario.....	61
Fig. 23. Porcentaje de Vacíos.....	62
Fig. 24. Vacíos en el agregado mineral V.M.A.	62
Fig. 25. Vacíos llenos de cemento asfáltico	63
Fig. 26. Polvo / Asfalto	63
Fig. 27. Flujo.....	64
Fig. 28. Estabilidad	64
Fig. 29. Estabilidad / Flujo	65
Fig. 30. Curva Granulométrica de PET	76
Fig. 31. Comparación de tanto por ciento de vacíos	81
Fig. 32. Comparación de porcentaje de vacíos de agregado mineral (V.M.A.).....	81

Fig. 33. Comparación de Vacíos Llenos C.A.....	82
Fig. 34. Comparación de relación Polvo/Asfalto.....	82
Fig. 35. Comparación de Flujo	83
Fig. 36. Comparación de Estabilidad.....	83
Fig. 37. Comparación Estabilidad/Flujo	84
Fig. 38. Presupuesto Total Mezcla Asfáltica con adición de PET	85
Fig. 39. Análisis de costos unificados de mezcla asfáltica con agregación de PET ..	86
Fig. 40. Análisis de costos unificados de mezcla asfáltica tradicional	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Composición química del asfalto	24
Tabla II Operacionalización de Variables	29
Tabla III Determinación de muestras patrón	30
Tabla IV Determinación de muestras usando PET	31
Tabla V Resumen de total de briquetas elaboradas.....	32
Tabla VI Parámetros para agregado grueso	49
Tabla VII Parámetros para agregado fino.....	49
Tabla VIII Gradación de MAC - 2	50
Tabla IX Parámetros de mezcla asfáltica según tipo de tránsito	50
Tabla X Resultados de los ensayos de los agregados.....	54
Tabla XI Porcentajes de materiales y su combinación.....	55
Tabla XII Porcentajes de dosificación por porcentaje de asfalto	55
Tabla XIII Peso específico Bulk para transito liviano	56
Tabla XIV Peso específico Bulk para transito mediano	56
Tabla XV Peso específico Bulk para tránsito pesado.....	57
Tabla XVI Estabilidad / Flujo de tránsito liviano según el contenido de asfalto	57
Tabla XVII Estabilidad / Flujo de tránsito mediano según el contenido de asfalto	58
Tabla XVIII Estabilidad / Flujo de tránsito pesado según el contenido de asfalto	58
Tabla XIX Rice según el contenido de asfalto	59
Tabla XX Porcentaje de vacíos según el contenido de asfalto en tránsito liviano.....	59
Tabla XXI Porcentaje de vacíos según el contenido de asfalto en tránsito mediano.....	60
Tabla XXII Porcentaje de vacíos según el contenido de asfalto en tránsito pesado.....	60
Tabla XXIII Resultados muestra patrón según el contenido de asfalto para tránsito liviano	61
Tabla XXIV Resultados muestra patrón según el contenido de asfalto para tránsito mediano	66
Tabla XXV Resultados muestra patrón según el contenido de asfalto para tránsito pesado	67
Tabla XXVI Características Marshall.....	68
Tabla XXVII Gravedad específica	69
Tabla XXVIII Método Marshall con adición de PET tránsito liviano	70
Tabla XXIX Método Marshall con adición de PET tránsito mediano.....	71

Tabla XXX Método Marshall con adición de PET tránsito pesado	72
Tabla XXXI Velocidades de deformación para muestras patrón	73
Tabla XXXII Velocidades de deformación para muestras con adición con PET	74
Tabla XXXIII Granulométrica de PET	75
Tabla XXXIV Características de mezcla asfáltica con adición de PET para tránsito liviano	77
Tabla XXXV Características de mezcla asfáltica con adición de PET para tránsito mediano	78
Tabla XXXVI Características de mezcla asfáltica con adición de PET para tránsito pesado	79
Tabla XXXVII Evaluación de parámetros Marshall para los tres tipos de tránsito	80
Tabla XXXVIII Costo total de la elaboración de estudios de laboratorio	85
Tabla XXXIX Variación de precios de mezcla asfáltica tradicional vs mezcla asfáltica con PET	87

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo la utilización de residuos sólidos reciclados para la realización de una mezcla asfáltica en caliente, en los tres tránsitos liviano, mediano y pesado añadiendo a la mezcla asfáltica una adición de polietileno de tereftalato (PET), se ha utilizado un cemento asfáltico PEN 60/70 para que se cumplan las normativas en esta mezcla asfáltica, es una alternativa para la preparación MAC – B, siendo así la utilización del método Marshall para la obtención de los resultados de la mezcla asfáltica con adición de PET con porcentajes de 1%, 2%, 3% y 4% respecto al peso total mezcla asfáltica y comparándola con la mezcla asfáltica común. En los estudios de laboratorio se elaboró una mezcla patrón y a base de esta se obtuvo una mezcla con óptimo contenido de asfalto, para así aplicar los porcentajes de PET. Se concluye que la adición de PET influye en la mezcla asfáltica considerablemente en el aumento de porcentaje de vacíos en los tres tránsitos, la disminución tanto para el porcentaje en V.M.A, y en Vacíos Llenos de C.A., pero para estabilidad/flujo con adición de PET se logró un alcance en tránsito liviano de 1743 kg/cm, tránsito mediano con 1703 kg/cm y tránsito pesado con 1713 kg/cm que cumplen con los parámetros aceptados pero que está por debajo de una mezcla tradicional, y los costos unitarios de la mezcla asfáltica con adición de PET se determinaron por metro cúbico usando el 1% de PET cumpliendo con los parámetros aceptados por norma.

PALABRAS CLAVE: Mezclas asfálticas, Polietileno de tereftalato, Asfalto, Marshall

Abstract

The present investigation has as objective the use of recycled solid waste for the realization of a hot asphalt mix, in the three light, medium and heavy transits adding to the asphalt mix an addition of polyethylene terephthalate (PET), an Asphalt cement PEN 60/70 to comply with the regulations in this asphalt mix, is an alternative for the MAC - B preparation, thus using the Marshall method to obtain the results of the asphalt mix with the addition of PET with percentages of 1%, 2%, 3% and 4% with respect to the total weight of the asphalt mix and comparing it with the common asphalt mix. In the laboratory studies, a standard mixture was prepared and based on this, a mixture with optimal asphalt content was obtained, in order to apply the PET percentages. It is concluded that the addition of PET influences the asphalt mix considerably in the increase in the percentage of voids in the three transits, the decrease both for the percentage in V.M.A, and in Voids filled with CA, but for stability/flow with the addition of PET a range was achieved in light traffic of 1743 kg/cm, medium traffic with 1703 kg/cm and heavy traffic with 1713 kg/cm that meet the accepted parameters but is below a traditional mix, and the unit costs of the asphalt mix with the addition of PET were determined per cubic meter using 1% PET, complying with the parameters accepted by standard.

Keywords: Asphalt mixtures, Polyethylene terephthalate, Asphalt, Marshall

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El soporte vial repercute mucho en la economía de un país por la demanda que existe, por el elevado costo que se agrupa tanto en el mantenimiento, construcción del costo que se da por el mal estado de las vías. [1]

Considerando empresas internacionales tal como la industria petrolera venezolana como uno de los líderes del mundo actual en su productividad de asfalto, es importante tener en cuenta la fuente de oportunidades que el asfalto modificado con polímeros (PMA) ofrece en el mercado actual. En base a eso, esta muestra una definición de sus respectivas cualidades de los aglutinantes de polimerasfalto, utilizados principalmente en la industria del pavimento. [2]

El crecimiento de la población junto con la urbanización y el claro aumento del nivel de vida de las personas han llevado a generar mucha cantidad de basura a nivel mundial. Estos residuos sólidos al día son el 9% del total de basura en la india. Estos causan problemas ya que tienen un periodo muy largo de descomposición. El PET tiene mucha demanda ya que se utiliza mayormente para la producción de botellas y fibras sintéticas. [3]

En el mundo la demanda que existe en el parque automotor por la creciente de vehículos y tráfico es alta, el cual millones de neumáticos se eliminan cada año en los estados unidos, por ello estos neumáticos son reutilizados en gran medida para el uso de combustible y para la industria de la pavimentación. [4]

En los estados unidos el 94% de sus carreteras están pavimentadas con asfalto. El aglomerante de asfalto al combinar con materiales tanto grava como arena, ayudan y generan menos ruido, tienen menos costo y es más fácil de reparar. El problema en si es que la producción de aglomerante se obtiene del petróleo crudo el cual para su producción genera gases invernaderos y requiere energía por ello se reemplaza el aglomerante por nuevos materiales permutables y sostenibles. [5]

El gran tráfico pesado que existe en las carreteras trae un alto número de fallas llamadas depresiones longitudinales que es la formación de las huellas de los vehículos al pasar sobre ellas y está en toda la vida útil del pavimento. A ello existen dos mecanismos que causan esto que es la densificación y la deformación de los pavimentos. [6]

Las redes de carreteras en Pakistán tienen un valor aproximado de 24 mil millones de dólares que son 250,000 km, estas redes sirven para el tráfico de carga y pasajeros ya que el problema de estas redes son la presencia de grietas y fatiga que se presentan en estas carreteras que afecta a la economía del país ya que tiene un alto costo asociado en las actividades de mantenimiento y rehabilitación. Por lo cual es fundamental la utilización de materiales nuevos que ayuden al pavimento haciéndola más resistente. [7]

En el ámbito internacional, se ha observado un interés creciente en la utilización de residuos plásticos, como el PET, en la construcción de carreteras y pavimentos. En países como India, China y Europa, se han llevado a cabo investigaciones y proyectos piloto exitosos que demuestran el potencial de esta técnica para aumentar su durabilidad y resistencia de las mezclas asfálticas.

A nivel nacional, el programa de infraestructura vial está diseñado para la mejora de las vías las cuales conforman los ejes para el desarrollo en las zonas rurales, que son las redes viales tanto local, regional y nacional. Se establece que la infraestructura vial sea un medio de beneficio para la calidad en el transporte, según el MTC. Este proyecto Perú aspira establecer un sistema que conserve la infraestructura vial y busca prevenir los daños en las vías mediante el mantenimiento adecuado lo cual ayudara a tener en buen estado las carreteras. [8]

En el Perú hay un gran daño en las carreteras, por el aumento de la población la cual está relacionado directamente con la creciente del tráfico, siendo un factor la utilización de mezclas asfálticas convencionales, y no optan por una investigación de mezclas modificadas que ayudaran en gran medida en la construcción de los pavimentos. [9]

La red vial asfaltada tiene una extensión que sobrepasa los 4,000 km de longitud entre Perú y Bolivia, y su inversión para rehabilitación y construcción es de US\$ 3,500 millones.

Las vías asfaltadas tienen un periodo de mantenimiento cada 4 años mediante una tecnología habitual, en climas fríos el cual presenta oxidación y fuerte gradiente térmica en conjunto con el aumento del parque automotor en el cual es un problema en los pavimentos. [10]

Habiendo elaborado un plan adecuado para la estabilidad vial con el objetivo de prevenir y aminorar la tasa de accidentes de tránsito que llevan consigo un gran porcentaje de víctimas mortales en todo el mundo, se viene trabajando en aplicación de material y auditorias de seguridad vial. [11]

En el Perú, el uso de PET en mezclas asfálticas aún no está ampliamente difundido. Aunque se han realizado algunos estudios sobre el tema, la mayoría de los proyectos de construcción de carreteras y pavimentos aún se basan en las especificaciones tradicionales. Además, la falta de una normativa clara y específica sobre la utilización de PET en mezclas asfálticas dificulta su aplicación a gran escala.

A nivel local, la construcción de la Av. Canal de Chiclayo se inició en 2010 con una inversión de más de 50 millones de soles. Era una ruta regional de alto tráfico que se esperaba mejorara la calidad de vida de los habitantes del distrito José Leonardo Ortiz. El proyecto fue ejecutado por el Gobierno Regional de Lambayeque (GRL), y finalmente costó más de 58 millones de soles, incluyendo un laudo arbitral único (contratista) de 4 millones 699 millones. El Gobierno Regional de Lambayeque (GRL) tiene como error la concepción de esta obra ya que solo considero esta obra para transitabilidad y no para prevención y seguridad social la cual hasta el momento presenta fisuras, grietas en la pavimentación esto hace que el sistema de alcantarillado empezará a causar estragos y es un problema que afecta a miles de habitantes del distrito José Leonardo Ortiz. [12]

Es así que todos los distritos de Chiclayo se encuentran interrelacionados mediante todas sus vías las cuales son los recursos más importantes para el crecimiento económico y social en la provincia de Chiclayo. Estos ejes viales son el desarrollo para así poder mejorar la calidad de vida de los habitantes, así también el desarrollo de Chiclayo, y así garantizar los mercados internos y externos. A ello se encuentra que en un 60 % de los ejes nacionales y

departamentales están en mal estado es por ello que se considera elegir nuevos elementos que ayuden o contribuyan a un diseño asfáltico más eficiente y de menos costo. [13]

Finalmente, en la ciudad de Chiclayo, se han reportado problemas de calidad en las mezclas asfálticas utilizadas en la construcción de carreteras y pavimentos. La falta de durabilidad y resistencia de estas mezclas ha llevado a un deterioro rápido de las vías, lo que genera un alto costo de mantenimiento y reparación para el municipio y los ciudadanos. La adición de PET a las mezclas asfálticas podría ser una alternativa viable para mejorar la calidad y durabilidad de los pavimentos en la ciudad.

A nivel internacional, M. A. Dalhat & H. I. Al-Abdul Wahhab (2015) en su investigación titulada: "Rendimiento de los residuos plásticos reciclados aglutinante asfáltico modificado en Arabia Saudita", cuyo objetivo es el efecto de los residuos plásticos reciclados sobre rendimiento viscoelástico del aglutinante de asfalto local, resultando un mejor rendimiento en la formación de grietas, con grado de desempeño de límite superior en un aumento del 55,19 y 9% del módulo resiliente, concluye que el aumento en el límite de la temperatura máxima del pavimento es un 2% en el contenido de polietileno de baja calidad y alta calidad, que el cual el mejor rendimiento lo tiene el polietileno de alta calidad que las mezclas de polietileno de baja calidad y polipropileno.

Liliana Costa, Sara Fernández, Hugo Silva, Joel Oliveira (2017) en su investigación titulada: "Estudio de la interacción entre el asfalto y los plásticos reciclados en los nuevos ligantes modificados por polímeros (PMB)" tiene como objetivo evaluar varios aglutinantes asfálticos de grado pluma base (35/50, 50/70, 70/100, 160/220) y dos plásticos reciclados diferentes (EVA y HDPE) y da como resultado el buen comportamiento de los aglutinantes similar al aglutinante comercial y concluye que al evaluar varios resultados de diferentes aglutinantes modificados con polímeros, se concluye los aglutinantes modificados con un betún base de 70/100 y el 5% de plástico reciclado tienen resultados favorables en mezclas de asfalto con un mejor rendimiento y aglutinantes modificados con EV tienen mayor aguante a la fatiga.

Nur Mustakiza Zakaria (2018) en su investigación titulado: “El uso de residuos mixtos de plástico reciclado y vidrio como sustituto de los agregados en las mezclas de asfalto” cuyo objetivo de investigación es verificar la viabilidad de la utilización de materiales de desecho como son residuos plásticos, vidrios para la aplicación en mezclas asfálticas y da como resultado que al combinar el 1% de plástico reciclado y 4% de vidrio reciclado muestra resultados que son adecuados para su uso y concluye que el plástico y vidrio reciclado tienen gran posibilidad de sustituir el agregado en las mezclas de asfalto que pueden usarse en pavimentos de carreteras flexibles.

José F. (2014) en su investigación tiene como objetivo es preparar con residuos sólidos una mezcla asfáltica que como resultado a partir de 15 ensayos obtendrá un porcentaje óptimo de desperdicio plástico y poder encontrar un 6.73% de asfalto óptimo concluyendo que en porcentajes bajos de 0.1 y 0.2% de utilización de desperdicios plásticos existe una disminución del 55% en los parámetros Marshall.

Ing. F. Rojas et al. (2018) en su investigación cuyo objetivo es ejercer una paridad entre polímeros SBS Y SBR, como resultado para la determinación de los porcentajes óptimos para las mezclas asfálticas modificadas tanto SBS para mezclas en caliente y SBR para mezclas en frío, concluyendo que al usar polímeros elastómero termoplástico sintético en mezclas en caliente son recomendables para capas de rodadura, pero en mezclas en frío al ser colocadas en obra estas dejan espacios ya que la emulsión asfáltica que contiene agua se evapora.

Guillermo H. y Juan J. (2014) en su investigación titulada: “Diseño de un pavimento flexible adicionando tereftalato de polietileno como material constitutivo junto con ligante asfáltico AC-20” cuyo objetivo es la utilización de botellas de plástico utilizándolas para su fabricación y diseño de pavimentos flexibles, resultando que las muestras asfálticas tienen un tanto por ciento de asfalto óptimo y un 4% de vacíos concluyendo que comparando con muestras con PET tipo fibra de igual porcentaje de vacíos, se percibe que la muestra modificada se muestra con un alto valor de estabilidad y flujo.

Prada Oscar et al. (2010) en su investigación tiene como objetivo la utilización de las pruebas de Marshall para confrontar la conducta de mezclas convencionales y alteradas, y los datos obtenidos mostraron que la mezcla modificada con PVC tenía incremento de rigidez y aguante a la deformación que las convencionales. Este análisis concluye que las mezclas asfálticas que contienen residuos de PVC pueden presentar un comportamiento quebradizo a bajas temperaturas, aunque también tienen una mayor resistencia mecánica.

Kezhen Yan, Lingyun You, y Daocheng Wang en su investigación titulado: “Desempeño de alta temperatura de las mezclas de asfalto modificadas con polímeros: Evaluación preliminar de la utilidad del índice técnico estándar en el asfalto modificado por polímeros”, cuyo objetivo es la evaluación del desempeño de los polímeros en el asfalto a alta temperatura, resultando que la clasificación de mezclas asfálticas alteradas con polímeros en varias pruebas, indicaron el desempeño en pruebas de barrido de temperatura, estabilidad dinámica de las mezclas de asfalto, y concluye que según estos resultados se encuentra que la mezcla de polímeros y la mezcla de asfalto es pobre, pero esto debe probarse mediante pruebas eficientes de laboratorio para el asfalto modificado con polímeros.

A nivel nacional, Katherine V. y Franklin C. (2018) en su investigación tiene como fin decretar la conducta mecánica de la mezcla asfáltica, adicionando de PET y polímeros elásticos para tránsito pesado, de acuerdo a los resultados se observa una mejora en la mezcla modificada comparada con la mezcla tradicional respecto a su estabilidad, y concluye que la aplicación de polímeros elásticos y PET, si pueden emplearse para la construcción de pavimentos, es así que con el reciclaje de estos materiales ayudaríamos al medio ambiente en gran medida.

Pedro R. y Winsley T. (2018) en su estudio tiene como objetivo resolver la conducta de la carpeta asfáltica con fragmentos de plástico y comparándola con una mezcla tradicional, resultando que el flujo aumenta a razón que la mezcla tradicional lo que indica que presenta buena estabilidad, rigidez y se prolonga su ciclo de vida del pavimento a la vez que se reduce el porcentaje de vacíos, y concluye que al aplicar grageas de plástico en la mezcla asfáltica

esta acrecienta su rigidez en un 4.96% a la tradicional, es así que el pavimento tiene una mejora en su deformación y un mayor tiempo de servicio.

Luis Espinoza (2019) en su investigación tiene como ver el desempeño de plástico PET en la mezcla asfáltica, resultando que el material con plástico PET fundido tiene un comportamiento diferente al asfalto tradicional y concluye que la verificación de la mezcla elaborada con PET, es más rígido parecido al concreto hidráulico.

Marco R. (2015) en su investigación tiene como objetivo es determinar qué tan compatibles son los agregados para elaborar mezclas en frío y caliente con cemento bituminoso PEN 60/70, resultando que las dos mezclas tienen un valor de 6% con diseño del 55% de agregado grueso y 45% agregado fino y en la mezcla tenemos un 60% de emulsión asfáltica y 40% de agua y concluye que el uso de emulsiones asfálticas nos presenta méritos en seguridad, protección ambiental y que pueden ser utilizadas para soportar tráficos pesados.

A nivel local, Rosmery T. (2021) en su investigación tiene como objetivo el diseño de una mezcla asfáltica incorporando PET para aumentar la resistencia en la infraestructura vial resultando que la agregación de plástico PET cumpla con cantidades por debajo de entre 0,5 y 1 % de PET, de cual se obtuvo una mejor solidez cumpliendo con los parámetros establecidos, y concluye que es recomendable utilizar cantidades menores de 1% de PET, también que el tamaño de PET debe ser menor a 0.75 pulgadas.

Martin Navarro (2017) en su estudio estima como objetivo estudiar las mezclas asfálticas con PET, como resultado que las mezclas con PET sean una mejor alternativa para ampliar la vida útil y concluye que las partículas PET en mezclas asfálticas son más factibles para tránsitos livianos y no para tránsitos pesados.

José Ballena (2017) en su investigación tiene como objetivo es el análisis del resultado de la utilización de fibras de polietileno en mezcla asfáltica en frío, resultando que la mezcla se encuentra dentro de los parámetros de estabilidad y flujo, concluyendo que en la realización de las muestras con fibras de polietileno en un estudio para tránsito ligero, medio y pesado, solo para el tránsito pesado ha funcionado en un 5% de su porcentaje óptimo.

Diego C. y Javier Z. (2020). En su investigación titulada “Influencia de los desperdicios plásticos en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas” tiene como objetivo examinar el desempeño que tienen los desechos plásticos en una mezcla asfáltica modificada, resultando un óptimo porcentaje de PET del 1%, flujo de 0.01” y un 3% de relación de vacíos, concluyendo que la mezcla modificada con un 6% de asfalto y 1% de PET cumplen con los parámetros especificados.

En la parte técnica nos dice que la mejora del desempeño de las mezclas asfálticas es un tema de gran importancia en la ingeniería civil, ya que estas mezclas son ampliamente utilizadas en la fabricación, mantenimiento de carreteras y vías. La agregación de politereftalato de etileno (PET) a las mezclas asfálticas en caliente ha demostrado ser una técnica prometedora para mejorar su desempeño. Estudios previos han mostrado que la adición de PET puede mejorar la resistencia a la imperfección persistente, resistencia a la fatiga térmica y el aguante a la fisuración de mezclas asfálticas. Sin embargo, aún hay áreas que necesitan investigación y desarrollo en esta área.

En la parte ambiental la agregación de PET al asfalto en caliente puede tener un impacto antrópico positivo al reducir la cuantía de residuos de plástico que se envían a vertederos y/o incineradores. El PET es un material reciclable y la reutilización de este material en la construcción de carreteras puede reducir la cantidad de residuos de plástico que terminan en el medio ambiente. Además, la adición de PET puede aminorar la cantidad de asfalto que se emplea en la construcción de carreteras, lo que a su vez puede reducir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la producción y transporte de asfalto.

En la parte socioeconómica la mejora del desempeño de las mezclas asfálticas puede tener un impacto positivo en la economía y la sociedad en general. Las carreteras y vías en buen estado son esenciales para el transporte eficiente de bienes y servicios, y son clave para el desarrollo económico. Además, la construcción y mantenimiento de carreteras y vías generan empleo y oportunidades económicas para las comunidades locales.

Concluyendo con la importancia de la agregación de PET a las mezclas asfálticas es un tema de gran importancia en la ingeniería civil debido a su potencial para mejorar el desempeño y la durabilidad de las mezclas asfálticas. Esto puede conducir a una reducción en los costos de mantenimiento y una mayor vida útil de las carreteras y vías, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en la economía y la sociedad en general. Además, la adición de PET puede tener un impacto antrópico positivo al reducir la cuantía de residuos de plástico que se envían a vertederos y/o incineradores.

1.2. Formulación del problema

¿Con la adición de PET la mezcla asfáltica tendrá mejoras y dará beneficios a los pavimentos que presentan cargas de tránsito liviano, mediano y pesado?

1.3. Hipótesis

La agregación de tereftalato de polietileno mejorará el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente en la infraestructura vial.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar una mezcla asfáltica modificada adicionando PET.

1.4.2. Específicos

- Definir la granulometría y dimensiones de las partículas PET para el diseño de la mezcla asfáltica.
- Verificar las proporciones de las partículas PET para la mezcla asfáltica modificada.
- Evaluar los parámetros Marshall de la mezcla asfáltica modificada con polietileno de tereftalato.
- Evaluar el costo de producción de la mezcla propuesta.

1.5. Teorías relacionadas del tema

En fin, de comprender las variables de indagación, se explicarán las teorías que rodean la investigación actual.



Fig. 1. Agregados. [14]

Agregado Fino

Los agregados finos se definen como arena o piedra natural finamente triturada que es de tamaño pequeño, pasa por un tamiz de 9,5 mm (3/8") y cumple con los límites de la norma ITINTEC 100.037. Las arenas se producen por la descomposición de las rocas de forma natural, y las arrastradas por el viento o las corrientes de los ríos se acumulan en zonas específicas. [15]

Agregado Grueso

Se caracteriza por ser un agregado grueso al material retenido en el tamiz de 4,75 mm (N°4) de la desintegración natural o mecánica de las rocas y el cumplimiento establecido en la norma ITINTEC 400.037. Este agregado puede contener grava, piedra chanchada, etc. [15]

Filler

Sus ingredientes principales, que suelen ser cal, aluminio, sílice y óxido de hierro, se producen a partir de la unión calentada de piedra caliza, arcilla y otros ingredientes que se obtiene triturando muy finamente el Clinker y de forma homogénea incinerando la mezcla.

Asfalto

Es una sustancia negra viscosa que según la temperatura ambiente varía a sólido y semisólido. Cuando se calienta, el asfalto se hace líquido lo cual cubre los agregados durante su producción. El asfalto utilizado en las carreteras a menudo se denomina cemento asfáltico.

[16]

El asfalto es una sustancia pegajosa y viscosa. Se pega fácilmente en las partículas del agregado y así mejorar el conglomerado en pavimentos. El asfalto es buen impermeabilizante y esta se obtiene de la derivación del petróleo o combinaciones. [16]

El asfalto es un material bituminoso que se utiliza ampliamente en la construcción de carreteras, pavimentos y otros tipos de infraestructura. El asfalto se clasifica según su origen, lo que puede influir en sus propiedades y su desempeño en la construcción. A continuación, se presentan las principales clasificaciones por origen del asfalto:

Clasificación por origen del asfalto

Asfaltos naturales

Son aquellos que a través de un proceso natural de dispersión se obtiene segmentos asfálticos. Estos se pueden localizar en las islas trinidad y bermudas donde existen lagos de asfalto, y se pueden encontrar mezclados en minerales, en rocas como la gilsonita, estas a su vez llevan un proceso de purificación para poder ser utilizadas en la construcción. [17]

El asfalto natural se produce por la evaporación de los componentes volátiles del petróleo crudo durante millones de años. El asfalto natural se encuentra en yacimientos de petróleo en todo el mundo y se utiliza en la construcción de carreteras y pavimentos. Según Fuentes et al. (2018), el asfalto natural puede variar en composición y propiedades según su origen geográfico.

Los asfaltos naturales por la combinación de diferentes materiales estos son importantes que ayudan en las propiedades físicas y químicas.

Asfaltos derivados del petróleo

Este asfalto es un derivado crudo del petróleo, el cual pasa por procesos que son la destilación el cual ayuda a refinarlo, este es el proceso de separación de los compuestos del petróleo que se da por etapas, esto se da antes de que este se transforme en asfalto. [18]

Composición química

Los betunes están constituidos por moléculas de elevado peso molecular los cuales son hidrocarbonados, heteroátomos y átomos metálicos [19] los cuales contienen:

Tabla I

Composición química del asfalto

Carbono	82 - 88 %
Hidrogeno	8 - 11 %
Azufre	0 - 6 %
Oxigeno	0 - 1.5 %
Nitrógeno	0 - 1 %

Asfalto destilado

El asfalto destilado se produce mediante la destilación del petróleo crudo a alta temperatura y presión. El asfalto destilado se utiliza en la construcción de carreteras y pavimentos y se puede clasificar según su punto de ablandamiento, que indica su resistencia al flujo bajo cargas de temperatura. Según Li et al. (2019), el asfalto destilado es uno de los tipos más comunes de asfalto utilizado en la construcción de carreteras.

Asfalto oxidado

El asfalto oxidado se produce por la oxidación del asfalto destilado con aire caliente. La oxidación del asfalto puede mejorar su resistencia a la deformación y su durabilidad en la construcción de carreteras. Según Gao et al. (2020), el asfalto oxidado se utiliza comúnmente en la construcción de carreteras y pavimentos en todo el mundo.

Asfalto modificado

El asfalto modificado es un tipo de asfalto que se ha mejorado mediante la adición de polímeros, caucho u otros aditivos. La modificación del asfalto puede mejorar su desempeño en la construcción de carreteras, incluyendo su resistencia a la deformación y su durabilidad. Según Zhang et al. (2020), el asfalto modificado se ha convertido en una técnica común para mejorar la calidad de las mezclas asfálticas utilizadas en la construcción de carreteras.

Mezclas Asfálticas

Las mezclas de asfalto es la combinación de una gran variedad de agregados tanto finos como gruesos los cuales poseen características adecuadas para su utilización en construcción. Estas mezclas asfálticas es una combinación uniforme de agregados con aglomerante las cuales se calientan antes de mezclarse. [20]

Tipos de mezclas asfálticas

Mezclas asfálticas en frio

Estas tienen granulometría desigual; estas mezclas pueden expandirse y compactarse a temperatura ambiente y se mezclan con emulsiones asfálticas tipo CRM. [21]

El provecho de este modelo de mezcla asfáltica es la de disminución del ruido en la rodadura, facilidad de construcción y una textura superficial buena.

Mezclas asfálticas en caliente

Estas mezclas como su propio nombre lo indica mezclas en caliente son mezclas que se elaboran y compactan a temperaturas altas de 110°C a 120°C. [22]

Polietileno de Tereftalato

Es un plástico muy usado en textiles y envases de bebidas denominadas PET, este es un polímero termoplástico, esta posee una alta resistencia química y térmica, el cual es beneficioso porque ayuda a ser reutilizado es decir reciclado. [23]



Fig. 2. PET triturado

Composición química

Aunque también se utiliza dimetiltereftalato, los dos componentes principales del tereftalato de polietileno (PET) son el ácido terftálico y el etilenglicol. [24]

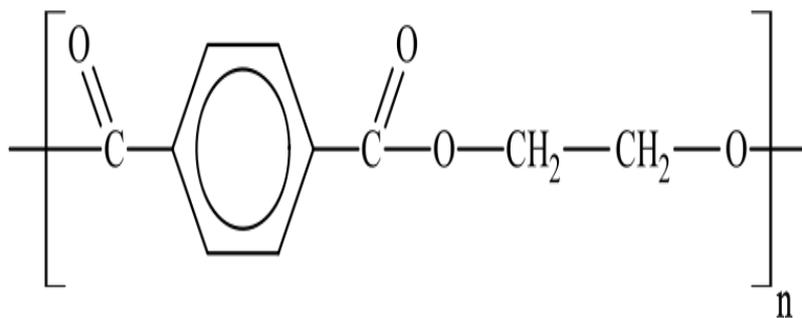


Fig. 3. Composición Química del PET. [25]

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño De Investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

Hernández y Mendoza (2018). En instancia de las constantes indagaciones para ver el tipo de investigación el cual sería de tipo Cuantitativa – Tecnológica ya que mediremos y obtendremos datos.

Este estudio se buscará realizar la mezcla asfáltica modificada adicionando Polietileno Tereftalato (PET) de botellas de plástico para la obtención de una mezcla que mejore en su resistencia, trabajabilidad para cargas de tránsito.

2.1.2. Diseño de Investigación

En el caso del enfoque de diseño de investigación el investigador manipula las variables de estudio y ve las conductas. De tal manera consiste en observar los efectos de la variable dependiente sobre la variable independiente, se considera un diseño de investigación experimental. (Hernández y Mendoza, 2018) cuyo esquema será el siguiente:

$$X \longrightarrow Y$$

Donde:

X: Polietileno de tereftalato

Y: Mezcla asfáltica en caliente

2.2. Variables y operacionalización

2.2.1. Variables

2.2.1.1. Variable dependiente: Mezcla asfáltica en caliente

2.2.1.2. Variable independiente: Polietileno de tereftalato (PET)

2.2.2. Operacionalización de las variables

La variable dependiente, mezclas asfálticas es un material, el cual es de color marrón oscuro a negro el cual está conformado por betunes naturales o que se obtienen a través del petróleo los cuales son la unión de agregados pétreos y cemento asfáltico los cuales se

determinan con ensayos para ver la calidad de sus agregados y también su resistencia y trabajabilidad.

La variable independiente, Polietileno de tereftalato PET, son versiones modificadas de material plástico para su uso, lo podemos usar en la construcción y se usa como material de reemplazo, ya que el PET ayuda enormemente ya que posee una resistencia química alta y una gran durabilidad y por ello la reutilización del plástico ayuda en gran medida tanto en la ayuda de la contaminación como en la reutilización para la construcción.

Tabla II

Operacionalización de Variables

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Índices	Técnica o recolección de datos
Mezcla asfáltica en caliente	Estructura	Asfalto	Cemento Asfaltico	%	Análisis Documental
		Agregados	Agregado Grueso	%	ASTM D422 / MTC E 204 - 2000
			Agregado Fino	%	ASTM D422 / MTC E 204 - 2000
			Filler	%	Indagación Documental
	Propiedades	% Vacios	-	%	Recolección de datos y Observación
		V.M.A.	-	%	Recolección de datos y Observación
		% V. LL.C.A.	-	%	Recolección de datos y Observación
		Relación Polvo/ Asfalto	-	%	Recolección de datos y Observación
		Flujo	-	mm	Recolección de datos y Observación
		Estabilidad	-	kN	Recolección de datos y Observación
	Estabilidad/Flujo	-	Kg/cm	Recolección de datos y Observación	
Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Ítems	Técnica de recolección de datos
Polietileno de tereftalato (PET)	Mezcla asfáltica en caliente	PET	-	%	Recolección de datos y Observación

2.3. Población y Muestra

2.3.1. Población

La población de acuerdo a un grupo de componentes que están dentro de la investigación las cuales son la agrupación de unidades de la muestra. [26]

Lo cual es el asfalto en caliente en tráfico liviano, mediano y pesado aplicando diferentes porcentajes de PET y las muestras patrón.

2.3.2. Muestra

Es un pequeño grupo que está en la población, el cual se encarga de la recolección se datos que ayudan a la población. [27]

Se fabricaron 36 briquetas para cada uno de los 3 tránsitos liviano, mediano y pesado en los porcentajes de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% a una temperatura de diseño de 150–180°C, con el designio de conseguir las muestras estándar de mezcla asfáltica, se muestra donde la tabla 3.

Tabla III

Determinación de muestras patrón

Porcentajes	N° de Briquetas por tránsito		
	TL	TM	TP
5.0%	3	3	3
5.5%	3	3	3
6.0%	3	3	3
6.5%	3	3	3
Sub Total	12	12	12
Total		36	

Nota. Se indica el total de briquetas con adición de PET para los tres tránsitos

TL: Tránsito Liviano, TM: Tránsito Mediano, TP: Tránsito Pesado

Para recabar las muestras con agregación de PET en la mezcla asfáltica en caliente se ejecutó 36 briquetas para los 3 tránsitos tanto liviano, mediano y pesado con los porcentajes de (1%, 2%, 3%, 4%), con un diseño de temperatura de 150 -180°C, como aparece en la tabla 4.

Tabla IV

Determinación de muestras usando PET

Porcentajes	N° de Briquetas por tránsito		
	TL	TM	TP
1.0%	3	3	3
2.0%	3	3	3
3.0%	3	3	3
4.0%	3	3	3
Sub Total	12	12	12
Total	36		

Nota. Se indica el total de briquetas con adición de PET para los tres tránsitos

TL: Tránsito Liviano, TM: Tránsito Mediano, TP: Tránsito Pesado

Se fabricaron 72 briquetas, 36 para la mezcla asfáltica en caliente estándar y 36 para la mezcla asfáltica modificada con PET, ambas fabricadas a 150–180 °C de temperatura, como aparece en la tabla 5.

Tabla V

Resumen de total de briquetas elaboradas

Descripción	N° de Briquetas
Muestra patrón	36
Muestra con adición de PET	36
Total	72

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

Las técnicas e instrumentos son las herramientas con las que el investigador cuenta para la recaudación de datos el cual permita tener resultados confiables tomando como prioridad nuestras variables de estudio y objetivos.

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

El proyecto tendremos que acudir a varios recursos y técnicas de recaudación de datos que son las maneras de poder obtener mayor información. Es así que acudiremos a la técnica de observación y medición en este proyecto de investigación.

Observación directa: Cuando el investigador está en contacto con lo que se está investigando. [28]

Observación de laboratorio: Puede darse de dos maneras, una es la realización de un grupo humano para determinar su comportamiento y otra en un lugar establecido como un laboratorio. [28]

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Es la recaudación para encontrar los datos serán los formatos para las pruebas de laboratorio correspondientes que se harán a fin de obtener los resultados del estudio.

2.4.2.1. Instrumentos de observación

- Formato de ensayo de análisis granulométrico.
- Formato de determinación del límite líquido, plástico e índice de plasticidad.
- Formato de peso unitario
- Formato de peso específico y absorción del agregado grueso.
- Formato de peso específico y absorción del agregado fino.
- Formato de contenido de sales solubles.
- Formato de porcentaje de partículas alargadas y chatas.
- Formato de equivalencia de arena.
- Formato de abrasión de los ángulos de desgaste de agregados.
- Formato de gravedad específica máxima.
- Formato de Marshall.

2.4.3. Confiabilidad de datos

La credibilidad es una herramienta que nos ayudara a determinar resultados con validez y objetividad para obtener resultados congruentes. [27]

En esta investigación no se utilizarán datos de confiabilidad porque tendremos la utilización de formatos de laboratorio.

2.4.4. Método de análisis de datos

Esta indagación de datos, el cual consiste en donde el averiguador interpretara los resultados necesarios para alcanzar los metas trazados en dicho estudio.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Esquema de flujo de procesos

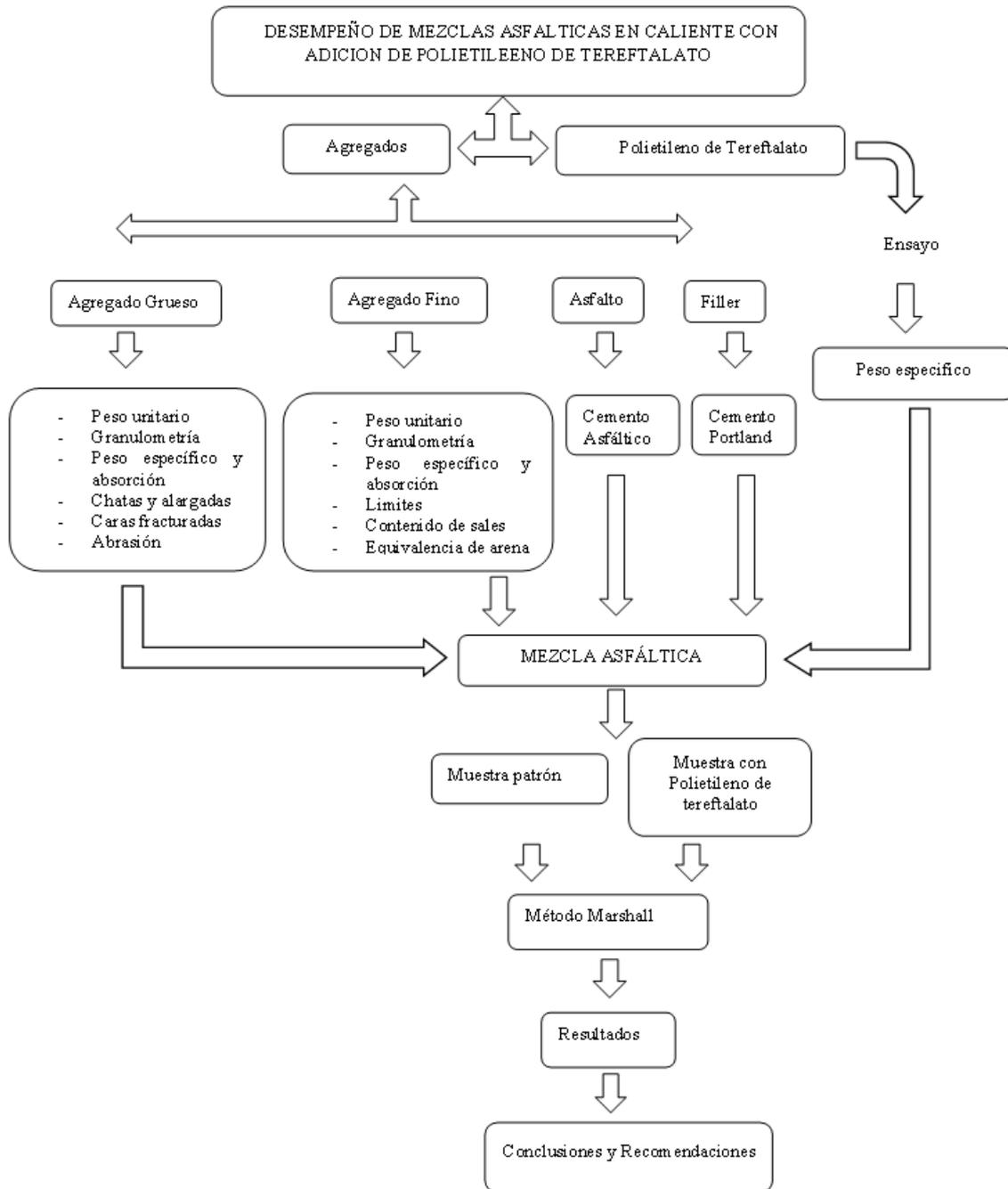


Fig. 4. Flujograma

2.5.2. Descripción del proceso

2.5.2.1. Obtención de materiales

Agregados

El aglomerado fino, aglomerado grueso, cemento bituminoso PEN 60/70 se obtuvieron de la planta de asfalto de batan grande km 5, el cual se ubica en Ferreñafe, Lambayeque.

Material Filler

Este material se obtuvo mediante la compra en cualquier ferretería que nos servirá en este estudio, y consistió en un saco de 42.5 kg de cemento Pacasmayo tipo I.



Fig. 5. Cemento tipo I

Polietileno de Tereftalato (PET)

Este componente se obtuvo del reciclaje de botellas plásticas las cuales se encuentran inutilizadas, a eso se lavan y se secan para posteriormente triturarlas para el uso en esta investigación.



Fig. 6. Polietileno de Tereftalato fragmentado

2.5.2.2. Ensayos de Laboratorio

Ensayo de Granulometría de agregados

Norma

- NTP 400.012.
- MTC E 204

Equipos y herramientas

- Tamices normativos
- Balanza precisión 0.1gr.
- Vasijas
- Brochas
- Escobilla de metal

Procedimiento de ensayo

Se tiene que tener el espécimen seco, se seleccionan todos los tamices correspondientes a la norma y se apila por orden de mayor abertura a menor abertura, se considera una determinada cantidad de muestra la cual pasaremos por los tamices, los cuales se pesaran las cantidades retenidas en cada tamiz.



Fig. 7. Tamices normalizados

Ensayo del límite líquido

Norma

- NTP 339.129.
- MTC E 110

Equipos y herramientas

- Copa Casagrande
- Acanalador
- calibrador
- Espátula
- Envases de porcelana
- Agua destilada

Procedimiento del ensayo

Se amasa muestra con agua destilada, esta muestra se coloca en la copa Casagrande la cual se nivela con ayuda de la espátula, con el acanalador se hace una abertura desde arriba hacia abajo, luego hasta que se cierre la abertura, gire el manubrio a una rapidez de entre 1.9 a 2.1 golpes por segundo, luego cuente los golpes requeridos., posteriormente

repetir el procedimiento con un proceso de cierre de 15 a 20 golpes, 20 a 30 golpes y 25 a 35 golpes.



Fig. 8. Ensayo de limite liquido

Ensayo del Limite plástico e índice de plasticidad.

Norma

- NTPO 339.129.
- MTC E 111

Equipos

- Balanza con precisión 0.1gr.
- Espátula
- Envases de porcelana
- Láminas de vidrio
- Horno
- Agua destilada
- Tamiz

Procedimiento del ensayo

Se moldea el espécimen con ayuda de los dedos en una lámina de vidrio y formamos bastones o cilindros delgados hasta que estos se fracturen.



Fig. 9. Ensayo de limite plástico

Ensayo de Absorción y Peso específico del conglomerado Grueso

Norma

- MTC E 206
- NTP 400.021.

Equipos y materiales

- Balanza
- Deposito para agua
- Cesta con malla
- Tamiz N°4

Procedimiento del ensayo

La muestra se deja en agua 24 horas, pasada este tiempo se seca superficialmente con la ayuda de un paño absorbente, pese la muestra para obtener el peso superficial seco, coloque esa muestra en una canasta de malla para obtener el peso de agua y posteriormente pese la muestra nuevamente después de que se haya secado.



Fig. 10. Ensayo de absorción y peso específico de agregado grueso

Ensayo de Absorción y Peso específico del conglomerado Fino

Norma

- MTC E 205
- NTP 400.022.

Equipos y materiales

- Balanza con precisión 0.1gr.
- Estufa
- Frasco volumétrico de 500cm³
- Varilla para apisonado
- Molde cónico

Procedimiento del ensayo

Se coloca 500 gr. de material fino en la fiola, luego llenar con agua hasta llegar a 500 cm³, mover manualmente el pomo constantemente a fin de suprimir las burbujas atrapadas por unos 15 a 20 min, a esto se puede hacer tanto manualmente o con ayuda mecánica, luego acoplar la temperatura del contenido y la fiola llenarla, pesar el espécimen, el agua y la fiola, y finalmente retirar el espécimen, para secarla y pesarla.



Fig. 11. Ensayo de absorción y peso específico de agregado fino

Ensayo de Peso Unitario suelto del agregado fino y grueso

Norma

- MTC E 203
- NTP 400.017

Equipos y materiales

- Balanza con precisión 0.1gr.
- Recipiente metálico cilíndrico
- Lampa - cucharon
- Varilla compactadora

Procedimiento del ensayo

Con el apoyo del cucharon se deja caer el agregado al envase con una altura no mayor de 2" hasta que se llene el recipiente, y el sobrante se elimina con una regleta y se determina el peso del agregado más el recipiente y el peso del recipiente.



Fig. 12. Peso Unitario Suelto

Ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado fino y grueso

Norma

- MTC E 203
- NTP - 400.017

Equipos y materiales

- Balanza con precisión 0.1gr.
- Recipiente metálico cilíndrico
- Lampa - cucharón
- Varilla compactadora

Procedimiento del ensayo

Llene hasta un tercio del recipiente con la ayuda del cucharón, luego nivele la superficie con la varilla y dé 25 golpes espaciados uniformemente. Una vez que el contenedor está completamente lleno, se calcula el volumen. peso del agregado más el contenedor más el peso del contenedor.



Fig. 13. Peso Unitario Compactado

Ensayo de sales solubles

Norma

- MTC E 219

Equipos y materiales

- Balanza con precisión 0.1gr.
- Tubos de ensayo
- Agua destilada
- Pipetas
- Matraz
- Estufa
- Plancha de calentamiento

Procedimiento del ensayo

Necesitaremos la muestra secada al horno, luego colocar en un vaso precipitado, agregados agua destilada y agitamos en un periodo de 10 minutos, pasado este tiempo se

deja reposar y el líquido se vuelva cristalino, luego vaciar el líquido en un matraz, tomar muestra de 50ml a 10ml, colocarlo al horno y posteriormente pesarlo.



Fig. 14. Sales Solubles

Ensayo de porcentaje de planas y alargadas

Norma

- ASTM D 4791.

Equipos y materiales

- Balanza con precisión 0.1gr.
- Equipo de ensayo
- Dispositivo calibrador

Procedimiento del ensayo

Necesitaremos la muestra secada al horno, luego tamizar en los tamices de 3/8" y N°4, ensayar partícula por partícula y colocarlas en tres grupos alargadas, chatas y ni chatas ni alargadas. Se determinará a las partículas chatas alargada a las que cumplan los parámetros de e/l (e : espesor; l : largo) sea menor a $1/5$.



Fig. 15. Chatas y Alargadas

Ensayo de equivalencia de arena

Norma

- MTC E 114
- NTP 339.146 - 2000.

Equipos y materiales

- Tapón de jebe
- Tamiz N°4
- Embudo
- Papel filtro
- Cilindros graduados
- Tubo irrigador
- Agua destilada
- Botellas de solución

Procedimiento del ensayo

Secar el espécimen de suelo antes de pasarla por el tamiz N°4. Para la prueba, se echa agua destilada en el cilindro graduado hasta una determinada altura, posterior se echa la muestra en el cilindro graduado usando un embudo. Se utiliza 100 gr de muestra la cual se

dejará reposar por 10 minutos, luego se agita la muestra en una dirección horizontal por 30 segundos con un total de 90 movimientos. Después se deja reposar por 20 minutos y obtendremos los datos de arena y finura de la muestra.



Fig. 16. Equivalencia de Arena

Ensayo de abrasión de los ángeles de desgaste de agregados

Norma

- MTC E 207
- NTP 400.019.

Equipos y materiales

- Tamices
- Aparato de los ángeles
- Balanza
- Bolas de material de acero

Procedimiento del ensayo

La aplicación de carga (bolas de material de acero) y la muestra se colocan en la máquina Los Ángeles, que gira a 500 revoluciones de 30 a 33 rpm antes de

descargar, tamizar, lavar el material más pesado a través de una malla N°12, pesar y secar en el horno.



Fig. 17. Máquina de los Ángeles

Ensayo de Marshall

Norma

- ASTM – D6926
- ASTM D6927

Equipos y materiales

- Horma ensamblada
- Martillos de compactación
- Apoyo de compactación
- Horno
- Bandejas metálicas
- Cucharón
- Balanza
- Equipo de estabilidad y flujo
- Termómetro
- Collarines

- Placa base
- Sostén de molde

Procedimiento del ensayo

Los materiales se pesan individualmente para al menos 3 o 4 muestras bien empaquetadas, se cargan en un depósito y se combinan mientras aún están calientes para preparar los agregados. Se debe calentar los moldes entre 90°C y 150°C, poner un papel no absorbente en la parte inferior, dividir la mezcla en porciones iguales y chusear o amasar 10 veces. colocar en partes la mezcla y golpear o chusear 10 veces, luego poner otro papel y cubrir, y por último se ensambla y procedemos a compactar los ejemplares con el martillo dando los golpes respectivos por el tipo de tránsito por ambos lados.



Fig. 18. Maquina Marshall

2.5.3. Parámetros de los agregados y parámetros MAC

Acorde con la MTC EG - 2013, las condiciones que en ella se establecen deben ser cumplidos por agregados.

Tabla VI

Parámetros para agregado grueso

Ensayos	Normas	Parámetros
Partículas de caras Fracturadas	MTC E210	85/50
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% Max
Sales solubles totales	MTC E219	0.5% Max
Abrasión de los ángeles	MTC E209	40% Max
Absorción	MTC E206	1% Max

Tabla VII

Parámetros para agregado fino

Ensayo	Normas	Parámetros
Índice de plasticidad malla N°200	MTC E111	4 Max
Sales solubles Totales	MTC E219	0.5% Max
Equivalencia de arena	MTC E114	60
Absorción	MTC E205	0.5% Max

Tabla VIII

Gradación de MAC - 2

Tamiz	Abertura	% que pasa MAC - 2
1"	250 mm	
3/4"	19.00 mm	100
1/2"	12.50 mm	80 - 100
3/8"	9.50 mm	70 - 88
N°4	4.750 mm	51 - 68
N°10	2.000 mm	38 - 52
N°40	0.425 mm	17 - 28
N°80	0.180 mm	8.0 - 17
N°200	0.075 mm	4.0 - 8

Tabla IX

Parámetros de mezcla asfáltica según tipo de tránsito

Parámetros	Mezcla A	Mezcla B	Mezcla C
N° de golpes por lado	75	50	35
Vacios	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Peso específico Bulk	-	-	-
V.M.A.	14.0	14.0	14.0
V. LL.C.A.	-	-	-
Polvo / Asfalto	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3
Flujo	8-14	8-16	8-20
Estabilidad	8.14kN	5.44kN	4.53kN
Estabilidad / Flujo	1700 - 4000	1700 - 4000	1700 - 4000

2.6. Criterios Éticos

El estudio opta parámetros de la norma técnica peruano y el manual de agregados del MTC. También a ello el estilo APA como referencias, para evitar el plagio de los autores citados sin faltas ortográficas. Y así considerando a los autores con responsabilidad y ética.

2.6.1. Ética de la aplicación

Para cualquier estudio futuro que pueda ayudar a mejorar algunos de los hallazgos, esta investigación es crucial. La investigación se desarrolló de acuerdo con los estándares aceptados mediante la obtención de información de diversas fuentes, incluidos artículos de repositorios, que ayudarán en el desarrollo de esta investigación.

2.6.2. Fiabilidad

Según la investigación, se pueden verificar los resultados encontrados en los diferentes ensayos realizados.

2.6.3. Validez interna

Después de las pruebas, revisaremos los diversos conceptos mencionados por los distintos autores para ver si tienen alguna validez para un estudio futuro.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados

3.1.1. Ensayo de Granulometría de Agregado Fino

Para granulometría del conglomerado fino se empleó 500 gr de muestra, y obtenemos los siguientes resultados.

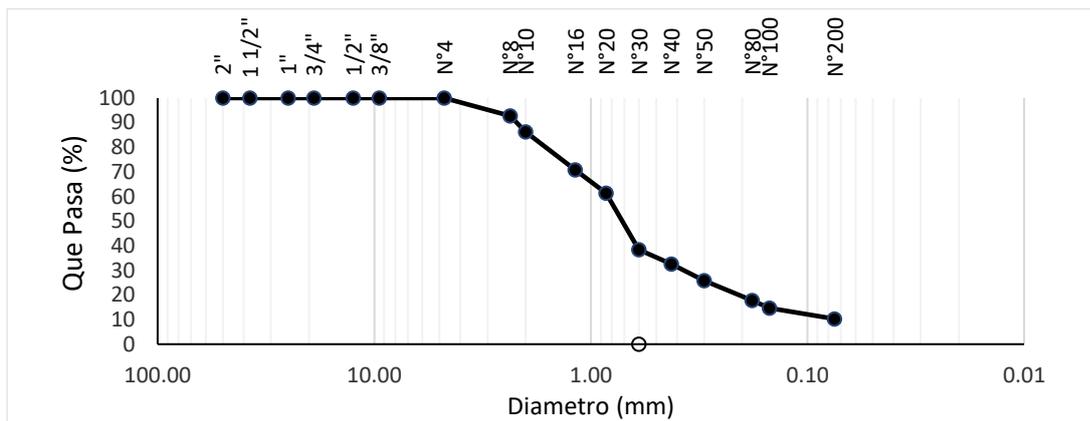


Fig. 19. Curva granulométrica del conglomerado fino

De la figura 19 se puede apreciar la granulometría del conglomerado fino la cual el porcentaje que pasa es mayor desde la malla N°8 y N°20.

3.1.2. Ensayo Análisis Granulométrico de Agregado Grueso

En la granulometría del conglomerado grueso se empleó 4591 gr de muestra, y obtenemos los siguientes resultados.

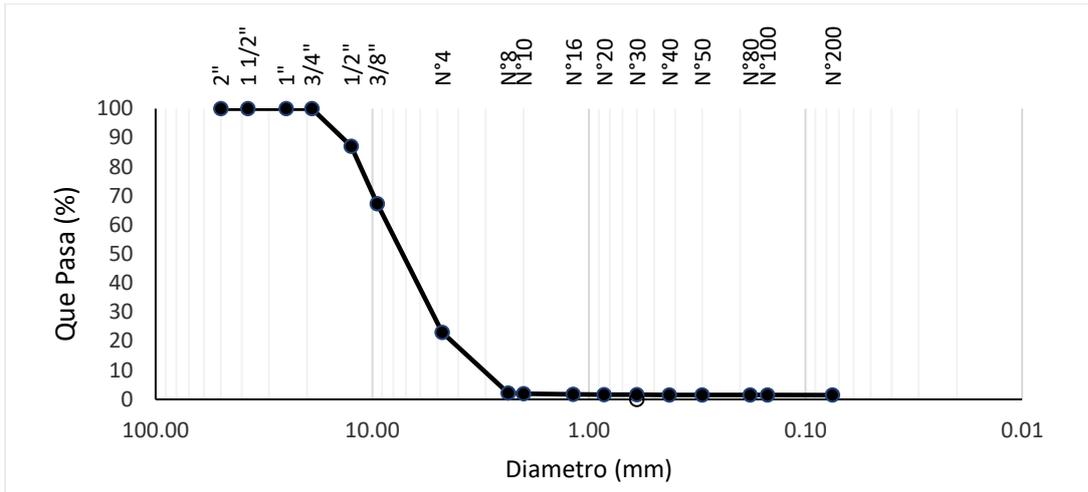


Fig. 20. Curva granulométrica del agregado grueso

De la figura 20 se puede apreciar la granulometría del conglomerado grueso el cual podemos apreciar que hay mayor cantidad de agregado desde la malla N° 3/4" a la N°4.

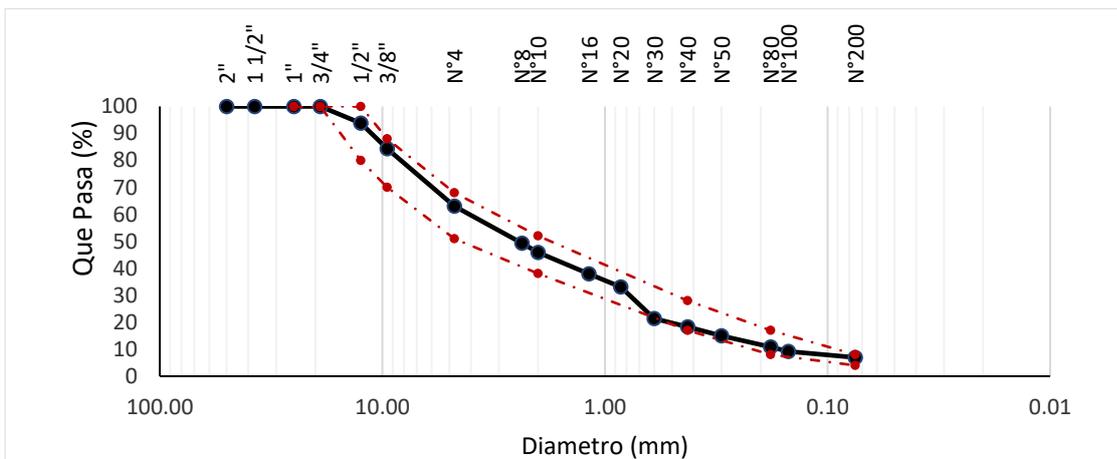


Fig. 21. Combinado teórico

De la figura 21 se puede apreciar el combinado teórico de la curva granulométría del conglomerado fino y conglomerado grueso los cuales cumplen con los parámetros de MAC - 2.

Tabla X

Resultados de los ensayos de los agregados

Ensayo	A. fino	A. grueso
Sales solubles totales	0.40%	0.40%
Índice de plasticidad	2.20%	-
equivalencia de arena	60%	-
Absorción	0.44%	0.91%
Partículas planas y alargadas	-	8.30%
Partículas fracturadas	-	87.7/83.8
Abrasión de los ángeles	-	14.20%

De la tabla 10 se puede apreciar los resultados que hemos obtenido en los diferentes ensayos para el agregado grueso y agregado fino y están dentro de los rangos de la norma.

Método Marshall - Diseño MAC Patrón

El diseño C se utilizó como alternativa para el MAC patrón para tránsito liviano, diseño B para tránsito mediando y diseño A para tránsito pesado y se corroboró que se cumplan los parámetros de la norma.

3.1.3. Dosificación de los agregados

De acuerdo a lo que se muestra en la Tabla 7, los aglomerados se dosificaron mediante el MAC-2 con las proporciones de 51% aglomerado fino, 48% aglomerado grueso y Filler 1%, con 1.2 kg por cada asfalto.

Tabla XI

Porcentajes de materiales y su combinación

Malla		51%	48%	1%	100%
		% Que Pasa			
Pulg.	mm	A. Fino	A. Grueso	Filler	Combinado
3/4"	19.000	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.500	87.02	100.00	100.00	93.77
3/8"	9.500	67.26	100.00	100.00	84.29
Nº 4	4.750	22.99	100.00	100.00	63.04
Nº 10	2.000	1.91	86.22	100.00	45.89
Nº 40	0.425	1.54	32.53	100.00	18.33
Nº 50	0.300	1.53	25.88	100.00	14.93
Nº 80	0.180	1.49	17.76	100.00	10.78
Nº100	0.150	1.48	14.63	100.00	9.17
Nº200	0.075	1.46	10.29	100.00	6.95

Nota. En la tabla se muestra el combinado de agregado grueso 48%, agregado fino 51% y Filler 1%

Tabla XII

Porcentajes de dosificación por porcentaje de asfalto

Agregados	AF	AG	Filler	Asfalto
	51%	48%	1%	5.0%
Porcentajes Usados	51%	48%	1%	5.5%
	51%	48%	1%	6.0%
	51%	48%	1%	6.5%

Por ello, los pesos de los materiales a utilizar se determinaron mediante porcentajes. Los porcentajes de asfalto en la tabla 12 son 5%, 5.5 %, 6 % y 6.5 %, correspondientemente la muestra patrón, y determinando así el porcentaje ideal de asfalto.

3.1.4. Peso específico bulk

La gravedad específica media en este estudio y el número de vacíos se determina utilizando el método de Marshall.

Tabla XIII

Peso específico Bulk para transito liviano

Porcentaje de asfalto	P. Especifico
5.00%	2.287
5.50%	2.295
6.00%	2.361
6.50%	2.345

Tabla XIV

Peso específico Bulk para transito mediano

Porcentaje de asfalto	P. Especifico
5.00%	2.361
5.50%	2.354
6.00%	2.373
6.50%	2.370

Tabla XV

Peso específico Bulk para tránsito pesado

Porcentaje de asfalto	Peso Especifico
5.00%	2.375
5.50%	2.365
6.00%	2.387
6.50%	2.385

De la tabla 13, 14 y 15 que representan a los 3 tránsitos los cuales son liviano, mediano y pesado se indica que, al aumentar el tanto por ciento de asfalto en la mezcla, el peso específico bulk tiene un incremento en su porcentaje.

3.1.5. Estabilidad y flujo

A lo largo del desarrollo del método Marshall, que arroja resultados de acuerdo a la cantidad de asfalto en la mezcla, determina la estabilidad y el flujo.

Tabla XVI

Estabilidad / Flujo de tránsito liviano según el contenido de asfalto

% de asfalto	Estabilidad/Flujo
5.00%	1268.22
5.50%	1311.01
6.00%	1939.93
6.50%	1770.30

Tabla XVII

Estabilidad / Flujo de tránsito mediano según el contenido de asfalto

% de asfalto	Estabilidad/Flujo
5.00%	2601.70
5.50%	2379.70
6.00%	2527.41
6.50%	2386.07

Tabla XVIII

Estabilidad / Flujo de tránsito pesado según el contenido de asfalto

% de asfalto	Estabilidad/Flujo
5.00%	3431.25
5.50%	3034.68
6.00%	3454.02
6.50%	3097.66

El enlace que hay entre estabilidad y flujo de acuerdo al tanto por ciento de asfalto que se aplican en la mezcla, se muestra en las tablas 16, 17 y 18, se ve la variación que se tiene de acuerdo al porcentaje de betún que se aplica.

3.1.6. Peso específico teórico máximo (RICE)

Según el contenido de asfalto, los resultados fueron los siguientes:

Tabla XIX

Rice según el contenido de asfalto

% de asfalto	RICE
5.00%	2.507
5.50%	2.465
6.00%	2.459
6.50%	2.436

En la tabla 19 acorde al contenido de asfalto si este se incrementa, el peso teórico máximo disminuye.

3.1.7. Porcentaje de Vacíos

Según el contenido de asfalto, los resultados fueron los siguientes.

Tabla XX

Porcentaje de vacíos según el contenido de asfalto en tránsito liviano

% de asfalto	% Vacíos
5.00%	8.765
5.50%	6.877
6.00%	4.003
6.50%	3.717

En la tabla 20 si el contenido de asfalto aumenta, el tanto por ciento de vacíos disminuye en la mezcla.

Tabla XXI

Porcentaje de vacíos según el contenido de asfalto en tránsito mediano

% de asfalto	% Vacíos
5.00%	5.795
5.50%	4.506
6.00%	3.516
6.50%	2.688

En la tabla 21 si el contenido de asfalto incrementa, el tanto por ciento de vacíos disminuye en la mezcla.

Tabla XXII

Porcentaje de vacíos según el contenido de asfalto en tránsito pesado

% de asfalto	% Vacíos
5.00%	5.239
5.50%	4.062
6.00%	2.949
6.50%	2.076

De la tabla 22 si el contenido de asfalto aumenta, el tanto por ciento de vacíos disminuye en la mezcla.

3.1.8. Método Marshall

Se muestran los valores obtenidos de muestra patrón en la metodología de Marshall.

Tabla XXIII

Resultados muestra patrón según el contenido de asfalto para tránsito liviano

Asfalto	%	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Agregado Fino	%	51%	51%	51%	51%
Agregado Grueso	%	48%	48%	48%	48%
Filler	%	1%	1%	1%	1%
Diámetro Promedio	cm	10.19	10.18	10.18	10.19
Altura Promedio	cm	6.75	6.73	6.54	6.62
Peso específico Efectivo	g/cm ³	2.716	2.687	2.704	2.697
Peso específico Máximo	-	2.507	2.465	2.459	2.436
Peso específico Bulk	g/cm ³	2.287	2.295	2.361	2.345
Porcentaje de Vacíos	%	8.765	6.877	4.003	3.717
VMA	%	13.17	13.31	11.31	12.36
Vacíos llenados con C. A	%	33.46	48.33	64.61	70.07
Polvo / asfalto	-	0.3	0.4	0.5	0.5
Flujo	mm	17.67	17	13.87	14.67
Estabilidad	kN	8.62	8.62	9.72	10.14
Estabilidad / Flujo	kg/cm	1268.22	1311.01	1939.93	1770.3

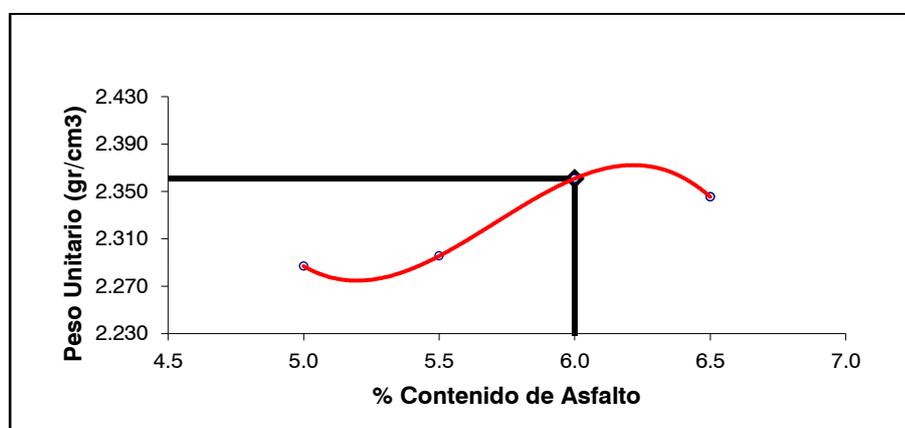


Fig. 22. Peso Unitario

De la figura 22 se reconoce la variación que al aumentar el contenido de asfalto el peso unitario tiende a aumentar.

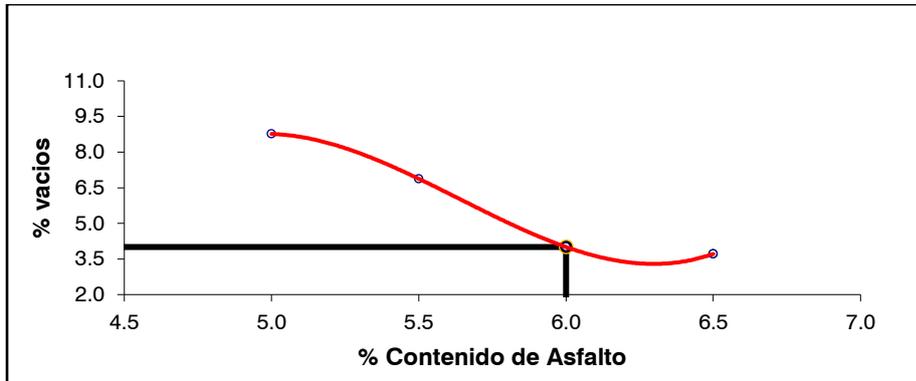


Fig. 23. Porcentaje de Vacíos

De la figura 23 se aprecia que, al aumentar el contenido de asfalto, el contenido de Vacíos disminuye.

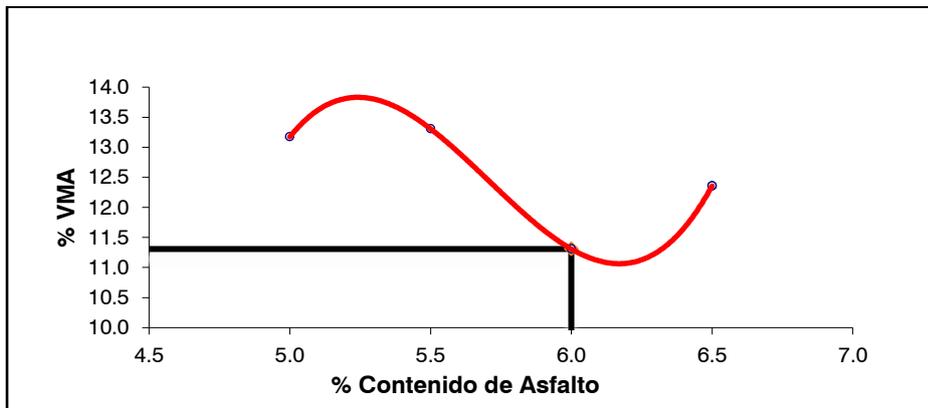


Fig. 24. Vacíos en el agregado mineral V.M.A.

De la figura 24 se aprecia los V.M.A. disminuyen y luego aumenta según el contenido de asfalto.

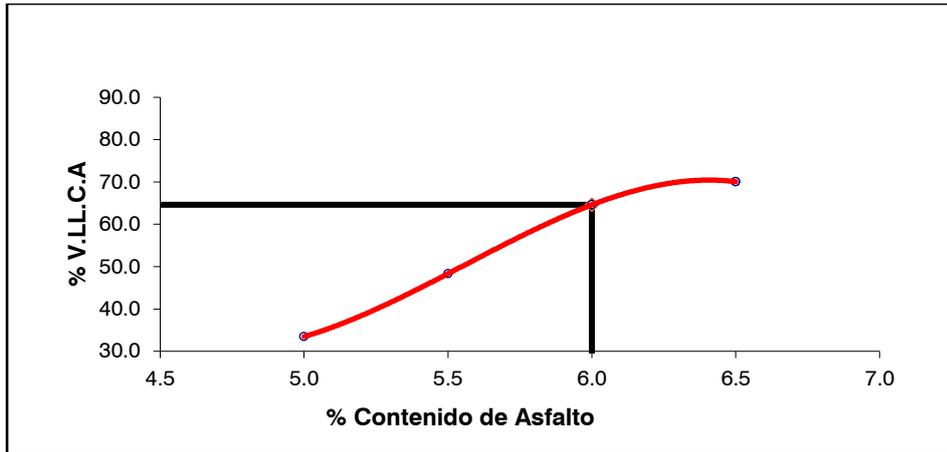


Fig. 25. Vacíos llenos de cemento asfaltico

De la figura 25 podemos apreciar, los vacíos llenos de C.A aumentan cuando el contenido de asfalto también incrementa.

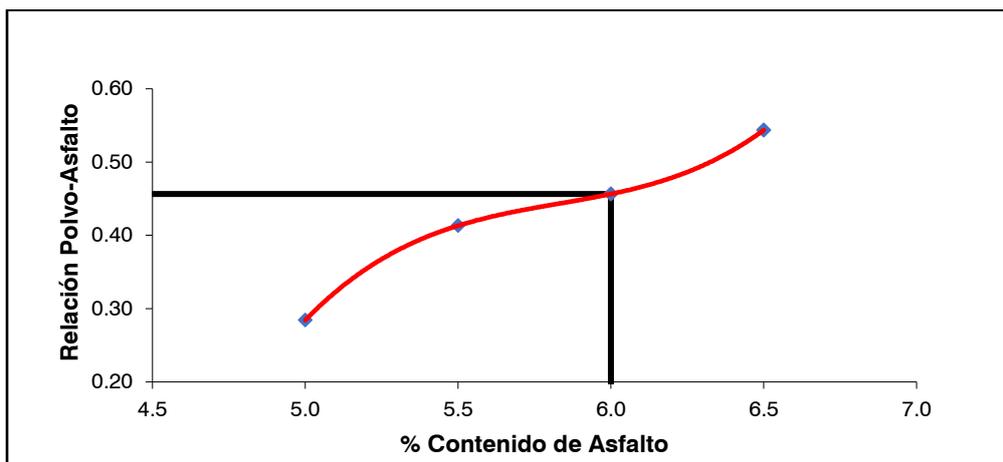


Fig. 26. Polvo / Asfalto

De la figura 26 podemos apreciar el enlace polvo/asfalto aumenta cuando el contenido de asfalto aumenta.

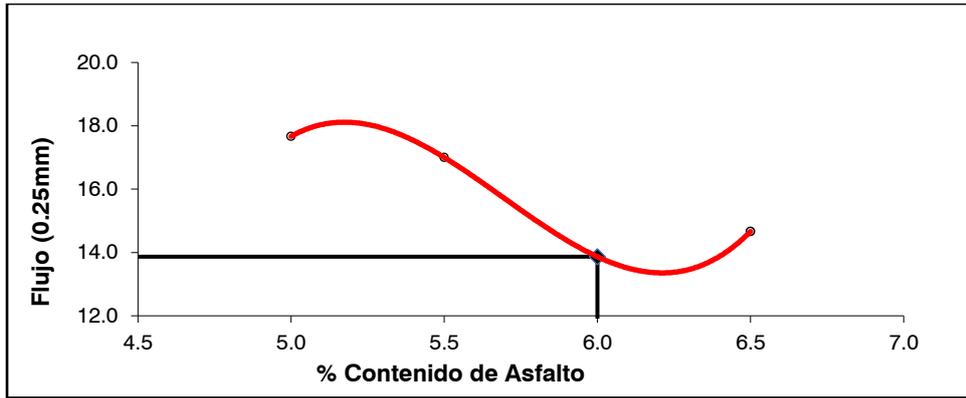


Fig. 27. Flujo

De la figura 27 logramos estimar según el contenido de asfalto el flujo se incrementa y disminuye

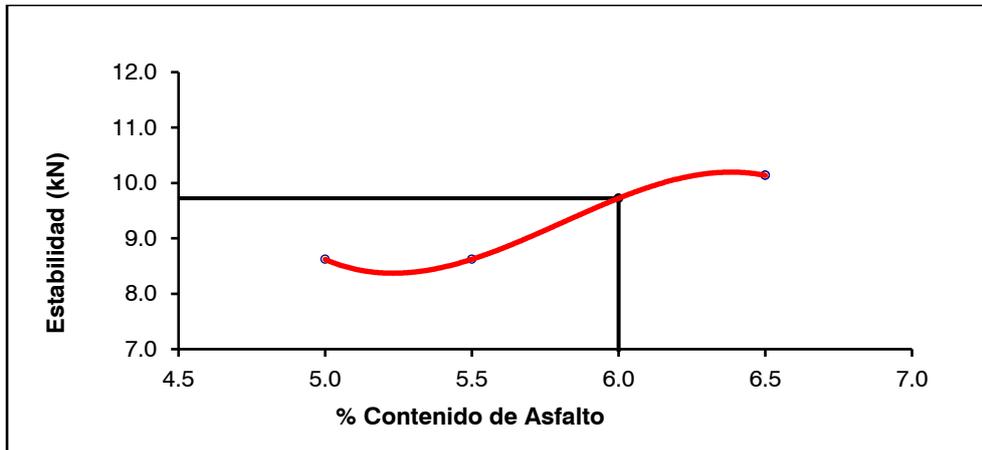


Fig. 28. Estabilidad

De la figura 28 podemos apreciar según el contenido de asfalto la estabilidad se incrementa.

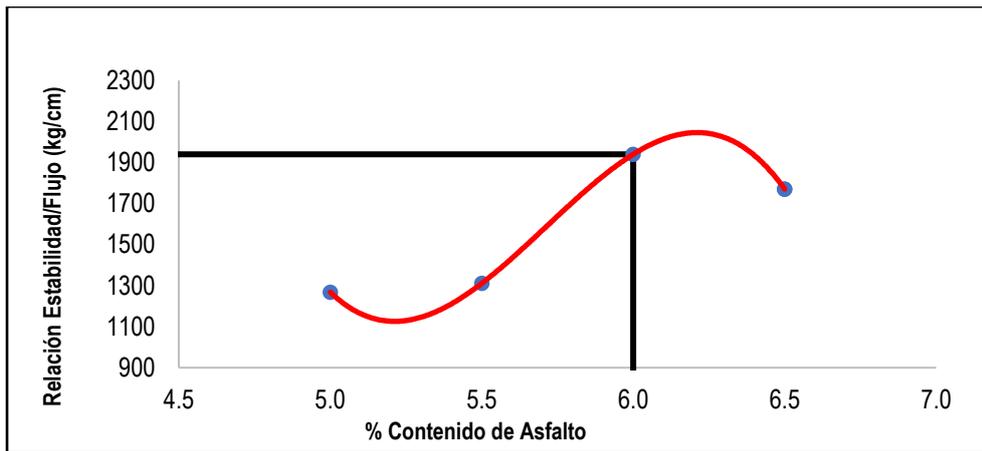


Fig. 29. Estabilidad / Flujo

De la figura 29 podemos apreciar según el contenido de asfalto la relación estabilidad y flujo disminuye y luego aumenta.

Tabla XXIV

Resultados muestra patrón según el contenido de asfalto para tránsito mediano

Asfalto	%	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Agregado Fino	%	51%	51%	51%	51%
Agregado Grueso	%	48%	48%	48%	48%
Filler	%	1%	1%	1%	1%
Diámetro Promedio	cm	10.19	10.19	10.19	10.17
Altura Promedio	cm	6.52	6.49	6.51	6.44
Peso específico Efectivo	g/cm ³	2.716	2.687	2.704	2.697
Peso específico Máximo	-	2.507	2.465	2.459	2.436
Peso específico Bulk	g/cm ³	2.361	2.354	2.373	2.37
Porcentaje de Vacíos	%	5.8	4.51	3.52	2.69
VMA	%	10.35	11.10	10.86	11.42
Vacíos llenados con C.	%	44.06	59.43	67.84	76.62
A					
Polvo / asfalto	-	0.3	0.4	0.5	0.5
Flujo	mm	13.23	13.67	13.2	13.6
Estabilidad	kN	13.29	12.6	12.84	12.51
Estabilidad / Flujo	kg/cm	2601.7	2379.7	2527.41	2386.07

Tabla XXV

Resultados muestra patrón según el contenido de asfalto para tránsito pesado

Asfalto	%	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Agregado Fino	%	51%	51%	51%	51%
Agregado Grueso	%	48%	48%	48%	48%
Filler	%	1%	1%	1%	1%
Diámetro Promedio	cm	10.18	10.19	10.19	10.19
Altura Promedio	cm	6.39	6.49	6.42	6.35
Peso específico Efectivo	g/cm ³	2.716	2.687	2.704	2.697
Peso específico Máximo	-	2.507	2.465	2.459	2.436
Peso específico Bulk	g/cm ³	2.375	2.365	2.387	2.385
Porcentaje de Vacíos	%	5.24	4.06	2.95	2.08
VMA	%	14.24	15.06	14.73	15.23
Vacíos llenados con C.	%	63.2	73.04	80.03	86.66
A					
Polvo / asfalto	-	0.6	0.7	0.7	0.8
Flujo	mm	12.33	13.33	12.33	13
Estabilidad	kN	16.21	15.3	16.19	15.45
Estabilidad / Flujo	kg/cm	3431.25	3034.68	3454.02	3097.66

De las tablas 23, 24 y 25 se observa que los resultados adquiridos para el óptimo contenido de asfalto, estén adentro de los parámetros de la tabla 9 según la norma, a ello se ve las características más óptimas para la mezcla asfáltica.

De las figuras 22 a la 29 vemos los gráficos correspondientes a los valores del tránsito liviano las cuales se asemejan y tienden a ser similares a los otros dos tránsitos mediano y pesado.

Tabla XXVI

Características Marshall

CARACTERISTICAS MARSHALL				
GOLPES	35	50	75	-
% C. A.	6.00	5.9	5.8	-
P. UNITARIO	2.36	2.37	2.38	-
VACIOS	4.0	3.70	3.37	3 - 5
V.M.A.	15.7	15.30	14.87	14.0
V. LL.C.A.	74.4	75.90	77.42	65-78
POLVO / ASFALTO	0.73	0.72	0.71	0.6 - 1.3
FLUJO	13.9	13.28	12.74	8-16
ESTABILIDAD	9.72	12.79	15.84	5.44kN
ESTABILIDAD/ FLUJO	1939.9	2499.9	3290.2	1700 - 4000

De la tabla 26 se obtuvo el contenido de asfalto ideal lo cual según la norma se cumplió con las características que se muestra en la tabla 9, dando así el resultado para tránsito liviano 6%, tránsito mediano 5.9% y tránsito pesado 5.8%, con estos porcentajes se utilizó para la adición de PET.

Diseño MAC adicional polietileno de tereftalato (PET)

Al obtener los porcentajes óptimos de asfalto 6%, 5.9% y 5.8%, se trabajó la MAC de acuerdo a los tránsitos que son clase C para tránsito liviano, clase B para tránsito mediano y clase A para tránsito pesado, con la adición de PET de 1%, 2%, 3% y 4%, al peso de la mezcla.

3.1.9. Gravedad específica máxima RICE con adición de PET

Se alcanzo resultados conforme al tanto por ciento de PET.

Tabla XXVII

Gravedad específica

% PET	Rice		
	TL	TM	TP
1.00%	2.366	2.344	2.370
2.00%	2.371	2.357	2.336
3.00%	2.409	2.323	2.322
4.00%	2.330	2.301	2.312

En la tabla 27 podemos apreciar la gravedad específica teórica máxima en los tres tránsitos y vemos que esta disminuye cuando se aumenta el porcentaje de PET.

Tabla XXVIII

Método Marshall con adición de PET tránsito liviano

PET	%	1.00%	2.00%	3.00%	4.00%
Asfalto	%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Agregado Fino	%	51%	51%	51%	51%
Agregado Grueso	%	48%	48%	48%	48%
Filler	%	1%	1%	1%	1%
Diámetro Promedio	cm	10.18	10.21	10.19	10.2
Altura Promedio	cm	6.78	6.95	7.3	6.86
Peso específico Efectivo	g/cm ³	2.592	2.591	2.639	2.539
Peso específico Máximo	-	2.372	2.371	2.409	2.33
Peso específico Bulk	g/cm ³	2.591	2.51	2.511	2.511
Porcentaje de Vacios	%	4.8	10.6	14.2	8.5
VMA	%	14	18.1	19.4	16
Vacios llenados con C. A	%	65.4	41.4	26.7	47.2
Polvo / asfalto	-	0.74	0.72	0.61	0.85
Flujo	mm	15.3	15.3	21.3	22.3
Estabilidad	kN	10.32	5.6	5.6	6.4
Estabilidad / Flujo	kg/cm	1743	977	680	749

En la tabla 28 podemos reconocer conforme al contenido de adición de PET los resultados en el MAC para tránsito liviano, en donde las cualidades físicas de la mezcla cumplen los parámetros de la tabla 9 pero solo para la adición del 1% de PET.

Tabla XXIX

Método Marshall con adición de PET tránsito mediano

PET	%	1.00%	2.00%	3.00%	4.00%
Asfalto	%	5.90%	5.90%	5.90%	5.90%
Agregado Fino	%	51%	51%	51%	51%
Agregado Grueso	%	48%	48%	48%	48%
Filler	%	1%	1%	1%	1%
Diámetro Promedio	cm	10.19	10.2	10.2	10.19
Altura Promedio	cm	6.79	6.86	7.15	7.32
Peso específico Efectivo	g/cm ³	2.557	2.573	2.53	2.502
Peso específico Máximo	-	2.344	2.357	2.323	2.301
Peso específico Bulk	g/cm ³	2.26	2.171	2.141	2.025
Porcentaje de Vacios	%	4.2	7.9	7.8	12
VMA	%	14	16.1	20.3	16.01
Vacios llenados con C. A	%	70.1	51.1	53.8	41
Polvo / asfalto	-	0.80	0.77	0.88	0.95
Flujo	mm	15	19	18.33	22.33
Estabilidad	kN	9.77	8.49	7.83	7.37
Estabilidad / Flujo	kg/cm	1703	1187	1108	749

Para la tabla 29 podemos apreciar conforme al contenido de adición de PET los resultados en el MAC para tránsito mediano, en donde las cualidades físicas de la mezcla cumplen los parámetros de la tabla 9 pero solo para la adición del 1% de PET.

Tabla XXX

Método Marshall con adición de PET tránsito pesado

PET	%	1.00%	2.00%	3.00%	4.00%
Asfalto	%	5.80%	5.80%	5.80%	5.80%
Agregado Fino	%	51%	51%	51%	51%
Agregado Grueso	%	48%	48%	48%	48%
Filler	%	1%	1%	1%	1%
Diámetro Promedio	cm	10.19	10.18	10.18	10.19
Altura Promedio	cm	6.69	6.85	6.89	7.3
Peso específico Efectivo	g/cm ³	2.754	2.711	2.718	2.731
Peso específico Máximo	-	2.485	2.431	2.416	2.406
Peso específico Bulk	g/cm ³	2.533	2.536	2.54	2.543
Porcentaje de Vacios	%	4.6	8.1	8.8	12
VMA	%	14	17.1	17.4	19.9
Vacios llenados con C. A	%	66.3	52.5	49.5	39.6
Polvo / asfalto	-	0.73	0.83	0.88	0.91
Flujo	mm	18.3	17.7	16.7	18.8
Estabilidad	kN	12.1	5.6	5.8	5.9
Estabilidad / Flujo	kg/cm	1713	837	913	828

Para la tabla 30 podemos apreciar conforme el contenido de adición de PET los resultados en el MAC para tránsito pesado, en donde su carácter físico de la mezcla cumple los parámetros en la tabla 9 pero solo para la adición del 1% de PET.

3.1.10. Velocidad de deformación

El cemento asfáltico utilizado es un PEN 60/70 aplicado para mezclas asfálticas en caliente.

Tabla XXXI

Velocidades de deformación para muestras patrón

TL	5.0%	Deformación (mm)	20	15	18
		Velocidad (mm/min)	45.00	60.00	50.00
	5.5%	Deformación (mm)	18	16	17
		Velocidad (mm/min)	50.00	56.25	52.94
	6.0%	Deformación (mm)	10	19	15
		Velocidad (mm/min)	90.00	47.37	60.00
6.5%	Deformación (mm)	17	13	14	
	Velocidad (mm/min)	52.94	69.23	64.29	
TM	5.0%	Deformación (mm)	15	15	15
		Velocidad (mm/min)	60.00	60.00	60.00
	5.5%	Deformación (mm)	17	15	15
		Velocidad (mm/min)	52.94	60.00	60.00
	6.0%	Deformación (mm)	13	16	18
		Velocidad (mm/min)	69.23	56.25	50.00
6.5%	Deformación (mm)	13	13	17	
	Velocidad (mm/min)	69.23	69.23	52.94	
TP	5.0%	Deformación (mm)	12	16	16
		Velocidad (mm/min)	75.00	56.25	56.25
	5.5%	Deformación (mm)	14	18	10
		Velocidad (mm/min)	64.29	50.00	90.00
	6.0%	Deformación (mm)	12	15.5	17
		Velocidad (mm/min)	75.00	58.06	52.94
6.5%	Deformación (mm)	14	11	14	
	Velocidad (mm/min)	64.29	81.82	64.29	

Tabla XXXII

Velocidades de deformación para muestras con adición con PET

TL	PET 1%	Deformación (mm)	16	15	15
		Velocidad (mm/min)	56.25	60	60
	PET 2%	Deformación (mm)	13	17	16
		Velocidad (mm/min)	69.23	52.94	56.25
	PET 3%	Deformación (mm)	22	19	23
		Velocidad (mm/min)	40.91	47.37	39.13
	PET 4%	Deformación (mm)	22	24	21
		Velocidad (mm/min)	40.91	37.50	42.86
TM	PET 1%	Deformación (mm)	14	14	17
		Velocidad (mm/min)	64.29	64.29	52.94
	PET 2%	Deformación (mm)	15	19	23
		Velocidad (mm/min)	60.00	47.37	39.13
	PET 3%	Deformación (mm)	17.5	18.5	19
		Velocidad (mm/min)	51.43	48.65	47.37
	PET 4%	Deformación (mm)	20	24	23
		Velocidad (mm/min)	45.00	37.50	39.13
TP	PET 1%	Deformación (mm)	18	17	20
		Velocidad (mm/min)	50.00	52.94	45.00
	PET 2%	Deformación (mm)	20	15	18
		Velocidad (mm/min)	45.00	60.00	50.00
	PET 3%	Deformación (mm)	14	17	19
		Velocidad (mm/min)	64.29	52.94	47.37
	PET 4%	Deformación (mm)	17.5	22	17
		Velocidad (mm/min)	51.43	40.91	52.94

Del primer objetivo:

Definir la granulometría y dimensiones de las partículas PET para el diseño de la mezcla asfáltica.

En esta investigación se usó el polietileno de tereftalato triturado, lo cual se tomó con las consideraciones necesarias de los estudios logrados. Y se hallaron los resultados posteriores.

Tabla XXXIII

Granulométrica de PET

Malla		Masa	%	%	%
				Acumulado	Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.75	0	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.36	427.1	85.42	85.42	14.58
Nº 10	2	36.1	7.22	92.64	7.36
Nº 16	1.18	29.7	5.94	98.58	1.42
Nº 20	0.85	4.9	0.98	99.56	0.44
Nº 30	0.6	1.10	0.22	99.78	0.22
Nº 40	0.425	0.30	0.06	99.84	0.16
Nº 50	0.3	0.06	0.01	99.85	0.15
Nº 80	0.18	0.00	0.00	99.85	0.15
Nº100	0.15	0.00	0.00	99.85	0.15
Nº200	0.075	0.00	0.00	99.85	0.15
FONDO		0.74	0.15	100.00	0.00

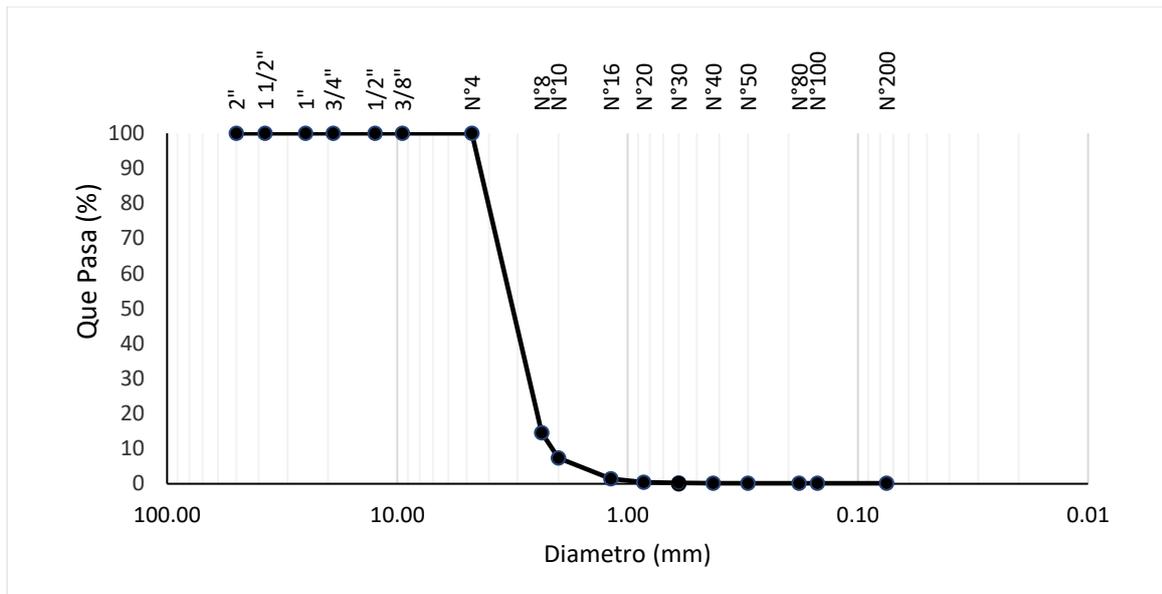


Fig. 30. Curva Granulométrica de PET

De la figura 30 logramos estimar la curva granulométrica del PET, el cual refleja que el mayor porcentaje que pasa acumulado se da desde la malla N°4 lo cual quiere decir que las partículas PET tienen una dimensión menor a 4.75 mm.

Del segundo objetivo:

Verificar las proporciones de las partículas PET para la mezcla asfáltica modificada.

Proporción optima

Se muestran los resultados que se han obtenido con la combinación en la mezcla asfáltica añadiendo PET.

Tabla XXXIV

Características de mezcla asfáltica con adición de PET para tránsito liviano

PET	%	1%	2%	3%	4%	Parámetros de mezcla clase C
Vacios	%	4.8	10.6	14.2	8.5	3 - 5
Peso específico						
Bulk	g/cm ³	2.591	2.51	2.511	2.511	-
V.M.A.	%	14	18.1	19.4	16	14.0
V. LL.C.A.	%	65.4	41.4	26.7	47.2	-
Polvo/Asfalto	%	0.74	0.72	0.61	0.85	0.6 - 1.3
Flujo	mm	15.3	15.3	21.3	22.3	8-20
Estabilidad	kN	10.3	5.6	5.6	6.4	4.53kN
Estabilidad / Flujo	kg/cm	1743	977	680	749	1700 - 4000

De la tabla podemos apreciar que a menor adición de PET mejoran las características de MAC por lo que la adición del 1% de PET para tránsito liviano cumple con todos los parámetros de la tabla 9.

Tabla XXXV

Características de mezcla asfáltica con adición de PET para tránsito mediano

PET	%	1%	2%	3%	4%	Parámetros de mezcla clase B
Vacios	%	4.2	7.9	7.8	12	3 - 5
Peso específico Bulk	g/cm ³	2.26	2.171	2.141	2.025	-
V.M.A.	%	14	16	16	20	14.0
V. LL.C.A.	%	70.1	50.9	53.5	41.0	-
Polvo / Asfalto	%	0.8	0.76	0.87	0.95	0.6 - 1.3
Flujo	mm	15	19	18.33	22.33	8-16
Estabilidad	kN	9.77	8.49	7.83	7.37	5.44kN
Estabilidad / Flujo	kg/cm	1703	1187	1108	859	1700 - 4000

De la tabla podemos apreciar que a menor adición de PET mejoran las características de MAC por lo que la adición del 1% de PET para tránsito mediano cumple con todos los parámetros de la tabla 9.

Tabla XXXVI

Características de mezcla asfáltica con adición de PET para tránsito pesado

PET	%	1%	2%	3%	4%	Parámetros de mezcla clase A
Vacios	%	4.6	8.1	8.8	12	3 - 5
Peso específico Bulk	g/cm ³	2.533	2.536	2.54	2.543	-
V.M.A.	%	14	17.1	17.4	19.9	14.0
V. LL.C.A.	%	66.3	52.5	49.5	39.6	-
Polvo / Asfalto	%	0.73	0.83	0.88	0.91	0.6 - 1.3
Flujo	mm	18.33	17.67	16.67	18.83	8-14
Estabilidad	kN	12.10	5.64	5.8	5.9	8.14kN
Estabilidad / Flujo	kg/cm	1713	837	913	828	1700 - 4000

De la tabla podemos apreciar que a menor adición de PET mejoran las características de MAC por lo que la adición del 1% de PET para tránsito pesado cumple con todos los parámetros de la tabla 9.

Del tercer objetivo:

Evaluar los parámetros Marshall de la mezcla asfáltica modificada con polietileno de tereftalato.

Tabla XXXVII

Evaluación de parámetros Marshall para los tres tipos de tránsito

Tipo de tránsito		Tránsito Liviano		Tránsito Mediano		Tránsito Pesado	
Características		MAC Patrón	MAC con adición de PET	MAC Patrón	MAC con adición de PET	MAC Patrón	MAC con adición de PET
Vacios	%	4	4.8	3.70	4.2	3.37	4.6
V.M.A.	%	15.7	14	15.30	14	14.87	14
V. LL.C.A.	%	74.4	65.8	75.90	70.1	77.42	66.3
Polvo / Asfalto	%	0.73	0.74	0.72	0.81	0.71	0.73
Flujo	mm	13.9	15.3	13.28	15	12.74	18.3
Estabilidad	kN	9.72	10.3	12.79	9.77	15.84	12.1
Estabilidad / Flujo	kg/cm	1939.9	1743	2499.9	1703	3290.2	1713

De la tabla 35 logramos estimar los valores alcanzados tanto del patrón y con adición de 1% PET, el cual cumplió con todos los parámetros MAC.

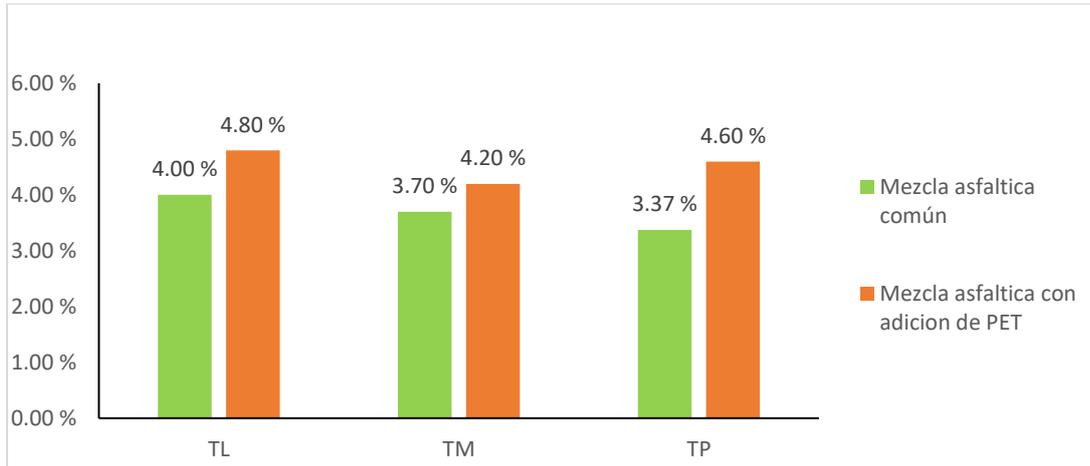


Fig. 31. Comparación de tanto por ciento de vacíos

De la figura 31 podemos apreciar en tránsito liviano, el asfalto con adición de PET sostiene mayor porcentaje de vacíos y le supera por 0.8% a la mezcla patrón en tránsito liviano, en tránsito mediano vemos una variación del 0.5% la cual la mezcla con PET es menor que la mezcla común, y en tránsito pesado la mezcla con PET tiene mayor porcentaje de vacíos en 1.23%.

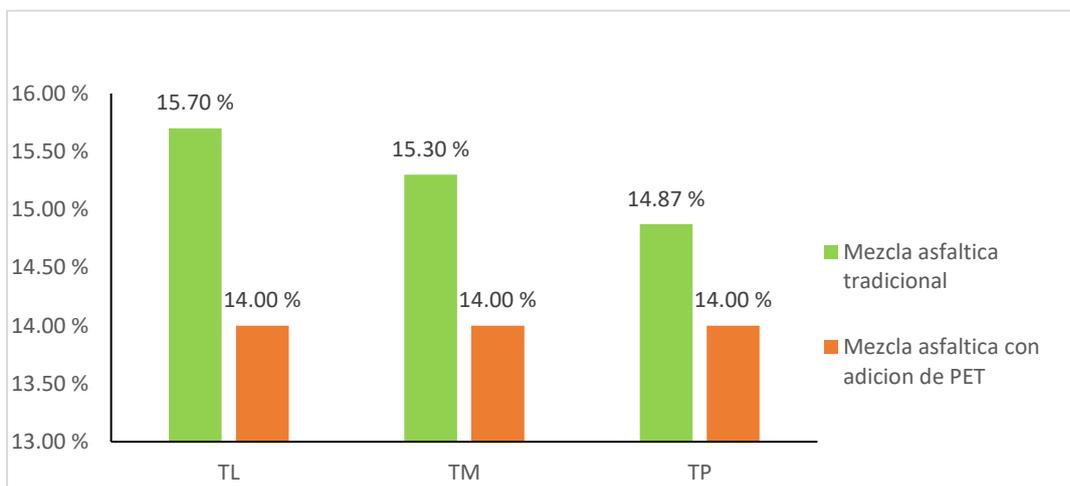


Fig. 32. Comparación de porcentaje de vacíos de agregado mineral (V.M.A.)

De la figura 32 podemos apreciar en tránsito liviano el contenido de V.M.A. de la mezcla con adición de PET es 14% menor al porcentaje de la mezcla patrón, y en tránsito mediano y pesado tenemos para los dos el 14% menores que la mezcla patrón.

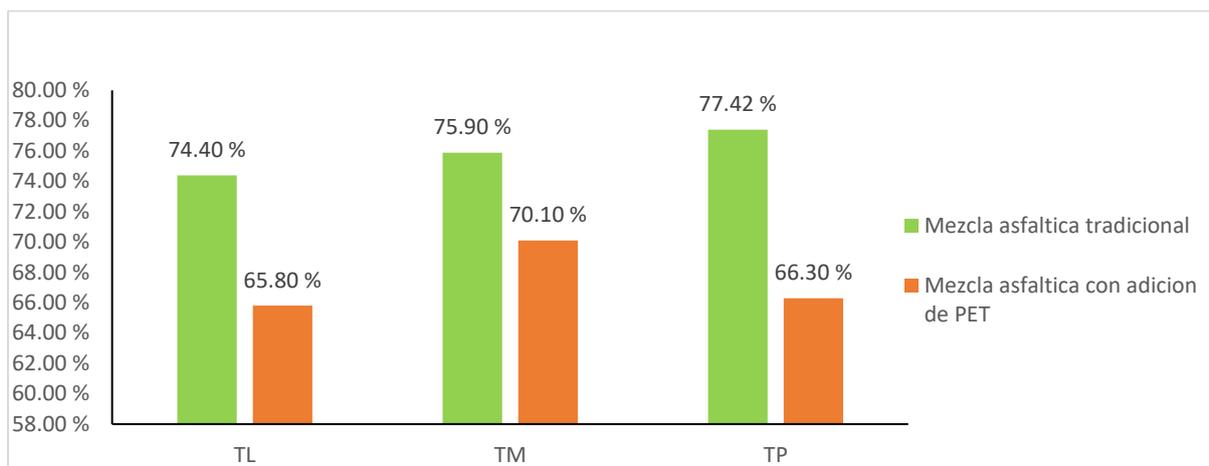


Fig. 33. Comparación de Vacios llenos C.A

De la figura 33 podemos apreciar en tránsito liviano la mezcla asfáltica con adición de PET tiene un porcentaje de 65.80% menor que la mezcla asfáltica tradicional que tiene un 74.40%, en tránsito mediano con un 70.10% menor a la mezcla tradicional con un 75.90% y en tránsito pesado un 66.30% menor a la mezcla tradicional con un 77.42%.

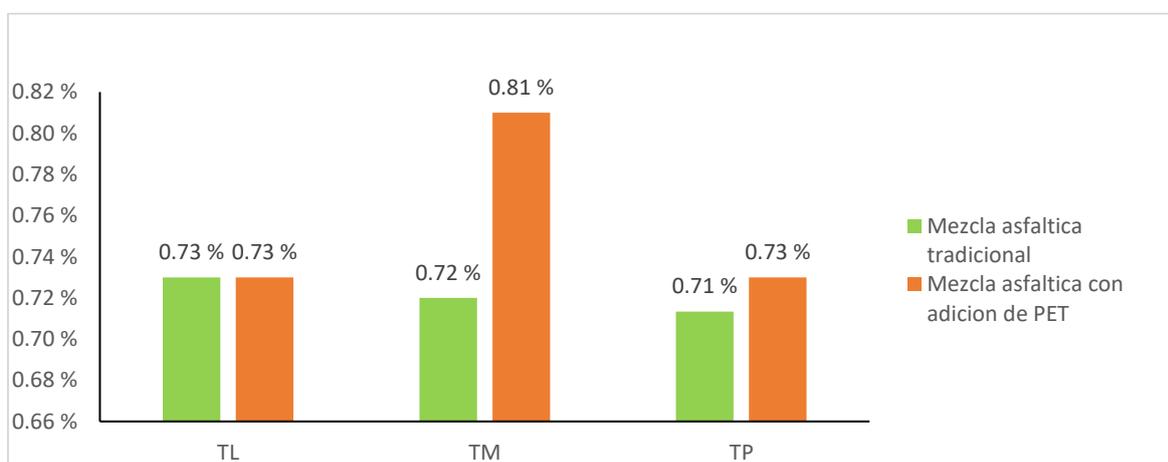


Fig. 34. Comparación de relación Polvo/Asfalto

De la figura 34 podemos apreciar tránsito liviano la relación Polvo/Asfalto son iguales a la mezcla asfáltica tradicional y la mezcla con PET con un 0.73%, en tránsito mediano la mezcla con PET tiene un 0.81% mayor que la mezcla asfáltica tradicional con un 0.72% y en

tránsito pesado la mezcla con PET tiene un 0.73% mayor que la mezcla asfáltica tradicional con un 0.71%.

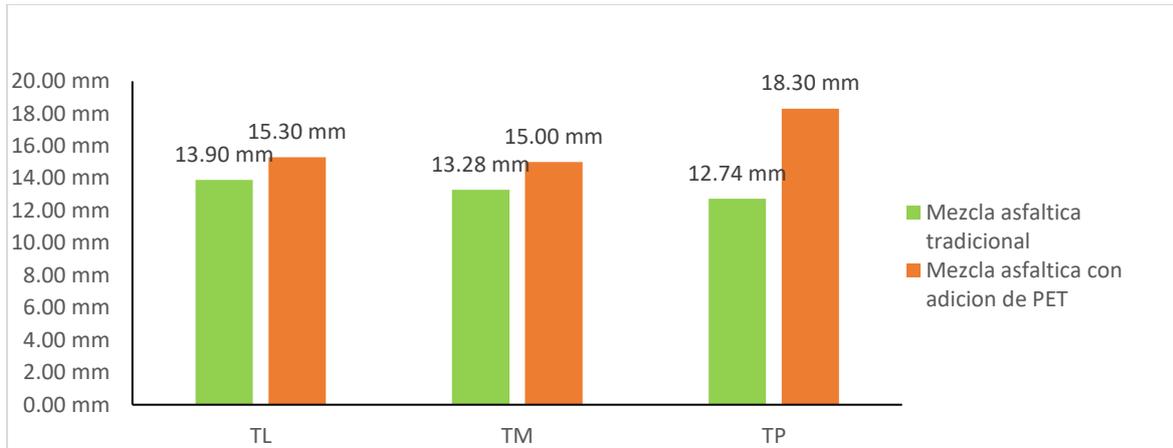


Fig. 35. Comparación de Flujo

De la figura 35 podemos observar, en tránsito liviano la mezcla asfáltica con PET tiene superior flujo con un 1.4 mm por encima de la mezcla asfáltica tradicional, en tránsito mediano un 1.72 mm y en tránsito pesado con un 5.56 mm por encima de la mezcla asfáltica tradicional.

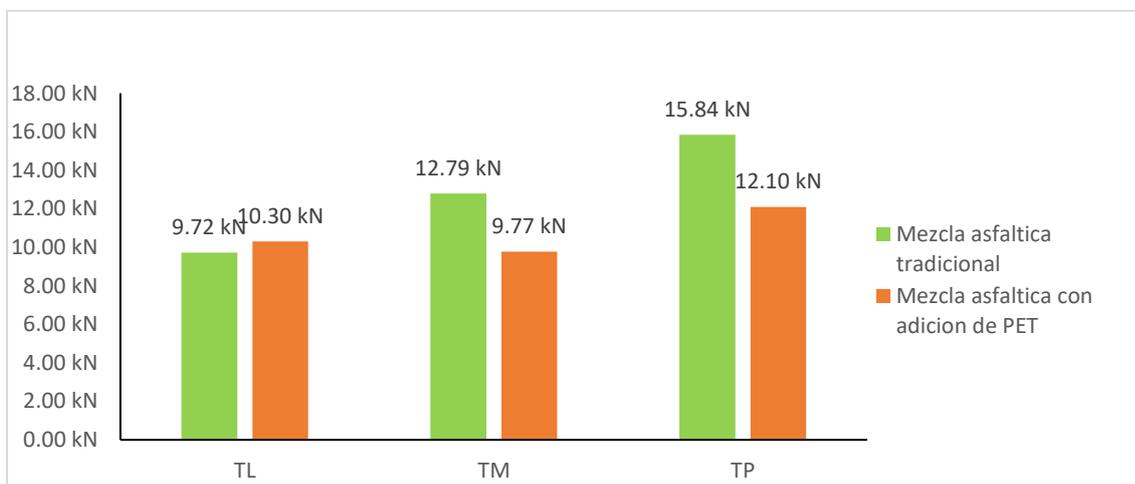


Fig. 36. Comparación de Estabilidad

De la figura 36 logramos estimar, en tránsito liviano la mezcla asfáltica con PET obtuvo un 10.30 kN, tránsito mediano con un 9.77 kN y en tránsito pesado con un 12.10 kN que cumplen con los parámetros comparándola con una MAC tradicional.

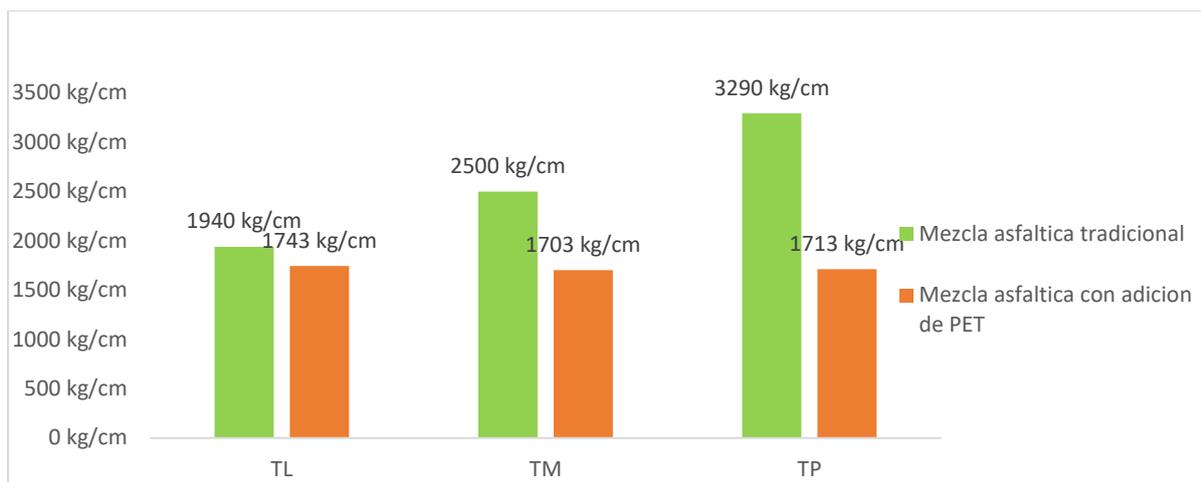


Fig. 37. Comparación Estabilidad/Flujo

De la figura 37 podemos apreciar el asfalto con adición de PET logro un alcance en tránsito liviano de 1743 kg/cm, transito mediano con 1703 kg/cm y tránsito pesado con 1713 kg/cm que cumplen con los parámetros aceptados pero que está por debajo de una mezcla tradicional.

Del cuarto objetivo:

Evaluar el coste de producción de la mezcla propuesta.

Costo total

Tabla XXXVIII

Costo total de la elaboración de estudios de laboratorio

Descripción	UND	Cantidad	Precio Unitario	Parcial
Laboratorio				1500.0
Técnico de laboratorio	und	1	1500.0	1500.0
Materiales				59.5
Conglomerado grueso	m3	1	0.0	0.0
Conglomerado fino	m3	1	0.0	0.0
Cemento Portland tipo 1	bol	1	23.5	23.5
PEN 60/70	bal	1	0.0	0.0
PET	kg	6	6.0	36.0
TOTAL				1559.5

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO				230.61
01.01	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE PET	m3	1.00	230.61	230.61
	Costo Directo				230.61
	SON : DOSCIENTOS TREINTA Y 61/100 NUEVOS SOLES				

Fig. 38. Presupuesto Total Mezcla Asfáltica con adición de PET

De la figura 38 podemos apreciar el coste de asfalto en caliente con agregación de PET para 1 m3.

Partida	01.01	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON ADICION DE PET					
Rendimiento	m3/DIA	280.0000	EQ.	280.0000	Costo unitario directo por : m3		230.61
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0286	19.13	0.55	
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.2286	17.29	3.95	
4.50							
Materiales							
0207010011	AGREGADO GRUESO	m3		0.4600	35.00	16.10	
02070200010003	AGREGADO FINO	m3		0.6000	22.00	13.20	
0210110001	POLIETILENO DE TEREFALATO	kg		22.1400	0.00	0.00	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.4700	23.50	11.05	
02130100060001	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	gal		35.1000	5.00	175.50	
215.85							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	4.50	0.23	
0301190003	RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP	hm	1.0000	0.0286	150.17	4.29	
0301190004	RODILLO TAMDEN AUTOP 58-70HP	hm	1.0000	0.0286	200.60	5.74	
10.26							

Fig. 39. Análisis de costos unificados de mezcla asfáltica con agregación de PET

De la figura 39 podemos apreciar los precios unificados para la confección de asfalto con adición de PET con proporción de 1% donde se determina mano de obra, materiales y equipos que implican el coste de S/. 230.61 (Doscientos treinta con 61/100 soles) para un 1 m3 y con un rendimiento de 280 m3/DIA.

Partida	01.01	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE					
Rendimiento	m3/DIA	280.0000	EQ.	280.0000	Costo unitario directo por : m3		233.06
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0286	19.13	0.55	
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.2286	17.29	3.95	
4.50							
Materiales							
0207010011	AGREGADO GRUESO	m3		0.4600	35.00	16.10	
02070200010003	AGREGADO FINO	m3		0.6000	22.00	13.20	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.5000	23.50	11.75	
02130100060001	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	gal		35.4500	5.00	177.25	
218.30							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	4.50	0.23	
0301190003	RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP	hm	1.0000	0.0286	150.17	4.29	
0301190004	RODILLO TAMDEN AUTOP 58-70HP	hm	1.0000	0.0286	200.60	5.74	
10.26							

Fig. 40. Análisis de costos unificados de mezcla asfáltica tradicional

De la figura 40 podemos apreciar los precios unificados para la confección de asfalto con tradicional donde se determina mano de obra, materiales y equipos que implican el coste de S/. 233.06 (Doscientos treinta y tres con 6/100 soles) para un 1 m3 y con un rendimiento de 280 m3/DIA.

Tabla XXXIX

Variación de precios de mezcla asfáltica tradicional vs mezcla asfáltica con PET

Descripción	Mezcla asfáltica en caliente	Mezcla asfáltica con adición de PET
Precio	S/. 233.06	S/. 230.61
Diferencia	S/. 2.45	

Nota. En la tabla se muestra el coste total de la elaboración de la mezcla asfáltica tradicional vs la mezcla asfáltica con PET, con una variación de precios del 0.43%.

4.1. Discusión de resultados

Luego de desarrollados los valores conseguidos, estos fueron contrastados y discutidos con los precedentes mencionados en la dádiva investigación:

En el objetivo **a la definición de la granulometría y dimensiones de las partículas PET para el diseño de la mezcla asfáltica**. Para [29] nos dice que las dimensiones de la granulometría y dimensiones adecuadas de PET para la aplicación en una mezcla asfáltica pasan por la malla N°40 lo que corresponde a que las dimensiones de Polietileno de tereftalato deben ser menores a 0.425 mm. También (Rosmery, 2021) nos dice que las dimensiones adecuadas de PET son menores a 0.75 pulgadas que nos da una medida de 19.00 mm.

En esta investigación se verifico que la granulometría refleja que el mayor porcentaje que pasa acumulado se da desde la malla N°4, quiere decir que las partículas PET tienen una dimensión menor a 4.75 mm y se concuerda con [29] que las dimensiones adecuadas de PET necesariamente para una mejor adhesión tendrían que pasar por la malla N°4 y de acuerdo a (Rosmery, 2021) que las dimensiones de PET son adecuadas en dimensiones pequeñas a 0.75 pulg.

Luego, en el objetivo **Sobre la verificación de las proporciones de las partículas PET para la mezcla asfáltica modificada**, para [29] que la adición de Polietileno de Tereftalato tiende a reaccionar factiblemente con los agregados en porcentajes menores al

1%, el cual al aumentar el porcentaje de PET este tiende a aumentar sus vacíos y bajar su impermeabilidad.

En este estudio tiene relación ya que se utilizaron porcentajes de PET de 1%,2%,3% y 4% de acuerdo con los resultados, se obtuvieron en los tres tránsitos liviano, mediano y pesado una adición del 1% de PET que cumple con las normas MTC.

Seguidamente, en el objetivo a **la evaluación de los parámetros Marshall de la mezcla asfáltica modificada con polietileno de tereftalato**. Para [30] su evaluación de los parámetros Marshall con un 6% de cemento asfáltico obtiene V.M.A 21%, vacíos 3.43%, V.LL.C.A. 83.7%, estabilidad de 10.77 kN, estabilidad/flujo de 3195 kg/cm como también para [31] obtuvo los siguientes parámetros V.M.A 15.7%, vacíos 3.6%, V.LL.C.A. 76.9%, estabilidad de 12.75 kN, estabilidad/flujo de 3206 kg/cm los cuales cumplen con los parámetros Marshall.

De acuerdo con los investigadores antes mencionados coincidimos en que el método Marshall se puede utilizar para recopilar todas las características antes mencionadas porque que cumplen con los parámetros según las normas MTC (tabla10).

Finalmente, en el objetivo **la evaluación del coste de elaboración para la mezcla propuesta comparada con la mezcla tradicional**. Para [30], obtuvo para un metro cubico(m³) para una mezcla asfáltica tradicional un coste unificado de S/. 840.03 y para mezcla asfáltica con aplicación de residuos plásticos un costo unitario del S/. 825.39 soles dando una diferencia de precios de S/. 16.64 soles. Con esta investigación la cual se asociada con la investigación antes mencionada se obtuvo un coste unificado para metro cubico(m³) de S/. 233.06 soles para un asfalto tradicional, para una mezcla con PET de S/. 230.61 soles con una variación de precios del 0.43% y un coste total en laboratorio técnico por S/. 1559.50.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.2. Conclusiones

Por medio del ensayo de granulometría se determinó las dimensiones recomendadas de Polietileno de tereftalato a la mezcla asfáltica en caliente, el cual determinamos que las dimensiones de PET favorables deben pasar por la malla N°4, ya que a menor dimensión esta influiría en el % de vacíos.

La proporción que cumplió con las exigencias fundadas en la tabla 9 para mezclas bituminosas fue la adición del 1% de PET para los tres tránsitos liviano, mediano y pesado con un porcentaje de asfalto de 6%, 5.9% y 5.8% respectivamente. Es así que las características obtenidas para V.M.A. del 14%, vacíos el 4.8%, Vacíos llenos con C.A 65.8%, polvo/asfalto el 0.73%, flujo 15.3mm, estabilidad 10.32 kn y estabilidad/ flujo 1743 kg/cm para tránsito liviano, V.M.A. 14%, vacíos 4.2%, V. LL.C.A 70.1%, polvo/asfalto 0.81%, flujo 15 mm, estabilidad 9.77 kn y estabilidad/ flujo 1703 kg/cm para tránsito mediano, V.M.A. 14%, vacíos 4.6%, Vacíos llenos con C.A 66.3%, polvo/asfalto el 0.73%, flujo 18.3 mm, estabilidad 12.1 kn y estabilidad/ flujo 1713 kg/cm para tránsito pesado.

El precio asociado para la creación de un asfalto con adición de polietileno de tereftalato es de S/. 230.61 por m³ una mezcla de 1% de PET.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda que se realicen más estudios y que esta tesis se utilice para desarrollar nuevos y mejores métodos para mejorar el asfalto.

Se recomienda utilizar nuevos agregados o cualquier otro material no convencional que proporcione mejoras en la preparación, colocación y desempeño de las mezclas asfálticas, logrando un alto grado de estabilidad, durabilidad, etc. lo cual es de gran importancia que nos permitirá ampliar nuestros conocimientos en mezclas asfálticas.

Se recomienda que los estudios futuros de mezclas asfálticas en caliente que se adicione PET mantengan los porcentajes menores que el 1%.

Se recomienda a los estudiantes para futuras investigaciones determinen las proporciones optimas de nuevos materiales y asi hacer un detallado análisis de costos.

REFERENCIAS

- [1] E. contributors, «Infraestructura vial,» 16 enero 2018. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Infraestructura_vial.
- [2] M. P. M. y. Y. Yvonne Becker, «POLYMER MODIFIED ASPHALT,» *VISION TECNOLOGICA*, pp. 39-50, 2001.
- [3] A. K. y. K. M. Rajan Choudhary, «Properties of Waste Polyethylene Terephthalate (PET) Modified Asphalt Mixes: Dependence on PET Size, PET Content, and Mixing Process,» *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, pp. 1-9, 2018.
- [4] M. S. Xuan Chena, «Evaluating fracture properties of crumb rubber modified asphalt mixes,» *International Journal of Pavement Research and Technology*, pp. 1-8, 2019.
- [5] N. K. N. M. W. E. O. O. J. G. L. Shams Arafat, «Sustainable lignin to enhance asphalt binder oxidative aging properties and mix properties,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 456-468, 2019.
- [6] G. H. H. H. F. A. Ali Reza Azarhoosh, «Providing Laboratory Rutting Models for Modified Asphalt Mixes with Different Waste Materials,» *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, pp. 308-317, 2018.
- [7] U. G. & S. A. Adnan Qadir, «Comparison of SBS and PP fibre asphalt modifications for rutting potential and life cycle costs of flexible pavements,» *Road Materials and Pavement Design*, pp. 484-493, 2018.
- [8] A. C. Osorio, «Infraestructura Vial Nacional Asociada a la Competividad,» Repositorio Institucional PIRHUA, Lima, 2009.
- [9] R. E. A. Orellana, «Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente con adición de ceniza de caña de maíz,» Lima, 2019.
- [10] J. G. D. Broden, «Relleno elastomérico para pavimentos asfálticos en climas de altura mediante el reciclado de neumáticos,» Repositorio Institucional UNA-PUNO, Puno, 2017.

- [11] U. H. Paquiyaui, «IMPLEMENTACION DE POLITICAS Y TECNICAS INNOVADORAS DE SEGURIDAD VIAL MEDIANTE LA APLICACION DE AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS NACIONALES,» Repositorio UNI, LIMA, 2015.
- [12] L. Barrios, *La Republica*, 12 Mayo 2019.
- [13] L. Barrios, *La Republica*, 12 Mayo 2019.
- [14] R. P. Giron, «Tecnología de los Materiales,» 2015. [En línea]. Available: <http://tecnologia-uap2015.blogspot.com/2015/09/semana-vi-agregados.html>.
- [15] F. A. Castillo, *Tecnología del Concreto*, Lima: San Marcos E. I. R. L., 1997.
- [16] M. D. H. P. G. J. Guevara Palma Marlon, «Diseño de mezclas asfálticas densas en frío basado en el método marshall modificado de la universidad de illinois,» El salvador, 2010.
- [17] I. M. Alvarez, «E-ASPHALT,» 2005. [En línea]. Available: http://www.e-asfalto.com/go/?orig_asf/origenasf.htm.
- [18] K. S. V. J. Franklin Andrey Canta Huarcaya, «Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018.,» Lima, 2018.
- [19] N. M. A. G. A. P. Alejandro Martinez, «Betunes Asfálticos materiales muy utilizados y poco conocidos químicamente,» 2003.
- [20] A. Institute, *Asphaly Mix Design Methods*, 2014.
- [21] H. R. Q. Fredy Reyes Lizcano, *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, 2015.
- [22] A. R. Hugo Rondón, *Pavimentos. Materiales, construcción y diseño*, 2015.
- [23] M. Real, *PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN TÉRMICA Y MECÁNICA DE MEZCLAS PET-reciclado/POLIIOLEFINAS*, 2009.
- [24] M. d. I. O. G. Sánchez, «Ingeniería básica de una planta de producción de Polietileno Tereftalato,» 2017.

- [25] Mariano, «Tecnología de los Plásticos,» 1 junio 2011. [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Tereftalato_de_polietileno.
- [26] C. A. Bernal, Metodología de la Investigación, Bogotá: Pearson, 2010.
- [27] C. F. C. P. B. L. Roberto Hernandez Sampieri, Metodología de la Investigación, McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- [28] F. M. P. Santa Paella Stracuzzi, Metodología de la investigación cuantitativa, Caracas: FEDUPEL, 2012.
- [29] J. M. N. Jimenez, «PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ADICIONES DE PET,» CHICLAYO, 2017.
- [30] P. R. Winsley, «Diseño de carpeta asfáltica aplicando gránulos de plástico reciclado para mejorar la transitabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos-2018,» Tarapoto, 2018.
- [31] S. V. D. Fausto, «Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017-,» 2017.
- [32] B. S. L. Y. V. Rojas, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CON POLÍMEROS SBR Y SBS, CON AGREGADOS PROVENIENTES DE LA CANTERA DE GUAYLLABAMBA,» 2018.
- [33] J. J. Guillermo H, «DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ADICIONANDO TEREFTALATO DE POLIETILENO COMO MATERIAL CONSTITUTIVO JUNTO CON LIGANTE ASFÁLTICO AC-20,» Sangolqui, 2014.
- [34] K. V. Franklin C, «Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para,» Lima, 2018.
- [35] M. Ramirez, «EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA SAN MARTIN CON CEMENTO ASFÁLTICO PEN60/70 Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1HP,» Trujillo, 2015.

- [36] J. L. G. Noa, «COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON CAUCHO MEDIANTE PROCESO POR VÍA SECA RESPECTO A LA MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL,» Lima, 2017.
- [37] E. G. R. T. Daring Josver Regalado Tantaleán, «INFLUENCIA DE LA ZEOLITA EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MEDIANTE LA METODOLOGÍA MARSHALL,» Pimentel, 2018.
- [38] M. A. D. & H. I. A.-A. Wahhab, «Performance of recycled plastic waste modified asphalt binder in Saudi Arabia,» *International Journal of Pavement Engineering*, pp. 1-9, 2015.
- [39] S. F. H. S. J. O. Liliana Costa, «Study of the interaction between asphalt and recycled plastics in new polymer modified binders (PMB),» *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, pp. 192-197, 2017.
- [40] M. K. H. A. N. H. I. S. A. P. R. N. I. M. Y. A. A. M. N. H. Nur Mustakiza Zakariaa, «THE USE OF MIXED WASTE RECYCLED PLASTIC AND GLASS AS AN AGGREGATE REPLACEMENT IN ASPHALT MIXTURES,» *Jurnal Teknologi*, pp. 79-88, 2018.
- [41] R. G. R. Prada, «Comportamiento de dos mezclas asfálticas venezolanas en caliente, modificadas con desecho de policloruro de vinilo,» *Ciencia e Ingeniería*, pp. 119-124, 2010.
- [42] L. Y. a. D. W. Kezhen Yan, «High-Temperature Performance of Polymer-Modified Asphalt Mixes: Preliminary Evaluation of the Usefulness of Standard Technical Index in Polymer-Modified Asphalt,» *Polymers*, pp. 1-14, 2019.
- [43] C. e. a. Fuentes, «Characterization of natural asphalt from the island of Trinidad. Construction and Building Materials,» 2018.
- [44] S. L. E. Japa, «UTILIZACION DEL PLASTICO PET RECICLADO COMO AGREGADO LIGANTE PARA UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE DE BAJO TRANSITO EN LA CIUDAD DE HUANUCO-2018,» Huánuco, 2019.

- [45] R. Tapia Pérez, « Diseño de mezcla asfáltica incorporando plástico Pet para mejorar la resistencia de la infraestructura vial en avenida Villa Hermosa, Chiclayo.,» Chiclayo, 2021.
- [46] D. F. y. Z. P. J. M. Contreras Vizcarra, «Influencia de los desperdicios plasticos en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificadas.,» Lima, 2020.
- [47] R. y. M. T. C. P. Hernández Sampieri, Metodología de la investigación, Mc Graw Hill Education, 2018.
- [48] J. Ballena, «Utilización de Firbas de Polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño en el diseño de Mezclas Asfálticas Ecológicas en Frío.,» Pimentel, 2016.
- [49] E. P. Jose F., «Diseño de Mezclas Asfálticas Modificadas mediante la Adición de PET,» BOGOTA, 2014.

ANEXOS

Anexo 01: Resolución del proyecto de investigación



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
RESOLUCIÓN N° 0694-2021/FIAU-USS
Pimentel, 01 de Agosto de 2021

VISTO:

El Acta de reunión N° 013-CIIC-2021 y N° 015-CIIC-2021 del Comité de investigación y responsabilidad social de la Escuela profesional de INGENIERIA CIVIL remitida el 14 de julio de 2021 mediante oficio N° 0212-2021/FIAU-IC-USS de la Dirección de Escuela de INGENIERIA CIVIL remitida el 15 de julio de 2021 y;

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con la Ley Universitaria N° 30220 en su artículo 48° que a letra dice: "La investigación constituye una función esencial y obligatoria de la universidad, que la fomenta y realiza, respondiendo a través de la producción de conocimiento y desarrollo de tecnologías a las necesidades de la sociedad, con especial énfasis en la realidad nacional. Los docentes, estudiantes y graduados participan en la actividad investigadora en su propia institución o en redes de investigación nacional o internacional, creadas por las instituciones universitarias públicas o privadas.";

Que, de conformidad con el Reglamento de grados y títulos en su artículo 21° señala: "Los temas de trabajo de investigación, trabajo académico y tesis son aprobados por el Comité de Investigación y derivados a la Facultad o Escuela de Posgrado, según corresponda, para la emisión de la resolución respectiva. El período de vigencia de los mismos será de dos años, a partir de su aprobación. En caso un tema perdiera vigencia, el Comité de Investigación evaluará la ampliación de la misma.

Que, de conformidad con el Reglamento de grados y títulos en su artículo 24° señala: La tesis es un estudio que debe denotar rigurosidad metodológica, originalidad, relevancia social, utilidad teórica y/o práctica en el ámbito de la escuela profesional. Para el grado de doctor se requiere una tesis de máxima rigurosidad académica y de carácter original. Es individual para la obtención de un grado; es individual o en pares para obtener un título profesional. Asimismo, en su artículo 25° señala: "El tema debe responder a alguna de las líneas de investigación institucionales de la USS S.A.C."

Que, según documentos de Vistos el Comité de investigación de las Escuelas profesionales de INGENIERIA CIVIL acuerdan aprobar los temas de las Tesis a cargo de los egresados que se detallan en el anexo de la presente Resolución.

Estando a lo expuesto, y en uso de las atribuciones conferidas y de conformidad con las normas y reglamentos vigentes;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: APROBAR, los **Temas de Tesis** perteneciente a la línea de investigación de **INFRAESTRUCTURA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**, a cargo de los **egresados** del Programa de estudios de **INGENIERIA CIVIL** según se detalla en el anexo de la presente Resolución.

ARTÍCULO 2°: ESTABLECER, que la inscripción de los Temas de Tesis se realice a partir de emitida la presente resolución y tendrá una vigencia de dos (02) años.

ARTÍCULO 3°: DEJAR SIN EFECTO, toda Resolución emitida por la Facultad que se oponga a la presente Resolución.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Cc: Interesado, Archivo

Anexo 02: Carta de autorización

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

CHICLAYO, 28 de JUNIO de 2021

Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

Representante Legal – Empresa– 20480781334 - LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado **DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICIÓN DE POLIETILENO DE TEREFTALATO**.

Por el presente, el que suscribe, **Wilson Arturo Olaya Aguilar** representante legal de la empresa **20480781334 - LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.** AUTORIZO al estudiante **Yerson Antony Vásquez Pérez** identificado con DNI N°**73416934**, estudiante del Programa de Estudios de la **Escuela de Ingeniería Civil-Universidad Señor de Sipán**. Y autor del trabajo de investigación denominado **DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICIÓN DE POLIETILENO DE TEREFTALATO**, al uso de dicha información que conforma el expediente técnico, así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.



Nombre y Apellidos: **Wilson Arturo Olaya Aguilar**

DNI N°:41447114

Cargo de la empresa: LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS.

Formato de ensayo densidad relativa

		UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo	
		Solicitante	
		Proyecto	
		Lugar	Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
		Fecha de ensayo	
Ensayo	AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.		
Referencia	N.T.P. 400.021		
Muestra: Agregado Grueso	Cantera :		
I. DATOS			
1.- Masa de la muestra secada al horno			(gr)
2.- Masa de la muestra saturada superficialmente seca			(gr)
3.- Masa de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla			(gr)
4.- Masa de la canastilla			(gr)
5.- Masa de la muestra saturada dentro del agua			(gr)
II .- RESULTADOS			
1.- PESO ESPECIFICO DE MASA			(gr/cm ³)
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO			(gr/cm ³)
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE			(gr/cm ³)
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN			%
Observaciones :			

Formato de ensayo contenido de sales solubles

		UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo	
Solicitante	:		
Proyecto / Obra	:	TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"	
Ubicación	:		
Fecha de ensayo	:		
Formato interno de ensayo			
<u>ENSAYO</u>		SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.	
<u>REFERENCIA</u>		NORMA N.T.P. 399.152 : 2002	
		Muestra usada	g.
		Agua destilada usada	ml
		Calicata	
		Muestra	
		Cantera	
01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		
02	Número de beaker		
03	Peso de beaker	g.	
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.	
05	Peso de residuo de sales	(4)-(3) g.	
06	Volumen de la solución tomada	ml	
07	Constituyentes de sales solubles totales	$[(5) \times (100000)] / (6) \times (1)$	ppm
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(7) / 10000	(%)
		PROMEDIO (ppm) =	
		PROMEDIO (%) =	

Formato de ensayo de límites de atterberg



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo

Solicitante:
 Proyecto:

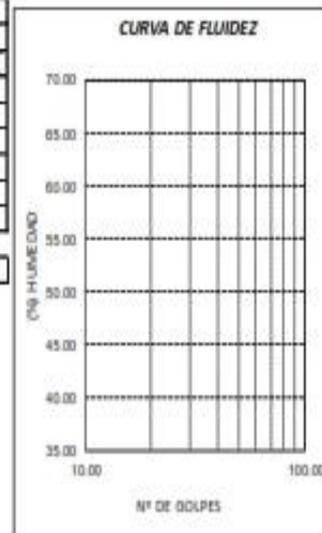
Lugar: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

ENSAYO SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido		Límite Plástico	
N° de tarro				
N° de golpes				
Tarro + suelo húmedo				
Tarro + suelo seco				
Agua				
Peso del tarro				
Peso del suelo seco				
Porcentaje de humedad				

CONSISTENCIA FÍSICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", si es no Plas	0
Límite Líquido	0.00		
Límite Plástico	0.00		
Índice de Plasticidad	0.00		



Formato de ensayo chatas y alargadas



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo

Solicitante :

Proyecto / Obra :

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de ensayo :

ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.040

Muestra : Agregado Grueso

Canreta : Planta de Asfalto - Batangrande

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS	PESO DE PARTÍCULAS ALARGADAS	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700					
3/8"	9.500					
Nº 4	4.750					

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	
------------------------------------------	--

OBSERVACIONES :

- Relación usada: 1/3 (Espesor /Longitud).
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

Formato de ensayo abrasión de los ángeles

		UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo		
FORMATO INTERNO				
Solicitante				
Atención				
Proyecto / Obra				
Ubicación				
Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.				
Fecha de ensayo				
Referencia de pago				
Fecha de emisión				
Ensayo		AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles		
Referencia		NORMA N.T.P. 400.019		
Muestra				
Cantera				
I.- Granulometría global				
	Mallas		Peso	%
	Pasa	Retiene	retenido	retenido
	1 1/2"	1"		
	1"	3/4"		
	3/4"	1/2"		
	1/2"	3/8"		
	3/8"	N°4		
	Total			
II.- Ensayo de Abrasión				
- Peso inicial antes del ensayo				
- Peso final después de las 200 revoluciones				
- Peso final después de las 500 revoluciones				
III.- Cálculos				
- % de desgaste por abrasión				
- % de uniformidad				

Formato de ensayo equivalencia de arena

	UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo		
	Solicitante	:	
	Proyecto	:	
	Ubicación	:	Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
	Fecha de ensayo	:	
ENSAYO :		SUELOS. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.	
REFERENCIA :		NTP 339.146:2000 (revisada el 2014)	
Identificación:			
Muestra	:		
EQUIVALENTE DE ARENA (%)			

Formato de ensayo método Marshall

		UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo	
--	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Solicitante
Proyecto

Ubicación Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de apertura

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADO %	Piedra	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM					No 4	No 10	No 40	No 80	No 200		
					% pasa Material			1"	3/4"						1/2"	3/8"
BRIQUETA N°					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla															
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla															
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla															
4	% Cemento portland en masa de la Mezcla															
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc															
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc															
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc															
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc															
9	Altura promedio de la briqueta cm															
10	Masa de la briqueta al aire (gr)															
11	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)															
12	Masa de la briqueta desplazada (gr)															
13	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)															
14	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)															
15	Peso Especifico Maximo - Ríce (ASTM D.2041)															
16	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)															
17	Peso Especifico Bulk Agregado Total															
18	Peso Especifico Efectivo Agregado total															
19	Asfalto Absorbido por el Agregado															
20	% de Asfalto Efectivo															
21	Relación Polvo/Asfalto															
22	V.M.A.															
23	% Vacios llenos con C.A.															
24	Flujo 0,01"(0,25 mm)															
25	Flujo 0,01"															
26	Estabilidad sin corregir (Kg)															
27	Factor de estabilidad															
28	Estabilidad Corregida 27 * 28															
29	Estabilidad / Flujo															

Formato de ensayo gravedad especifica

			UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - Chiclayo	
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Solicitante :
 Proyecto :

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de recepción :

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA Nº	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO					
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO					
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)					
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA					
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA					
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)					
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)					
CONTENIDO % C.A.					

--	--	--	--	--	--	--	--

Anexo 04: Resultados de laboratorio



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycelr@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 2308A-21/LEMS W&C
Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
Inicio de ensayo : Lunes, 23 de agosto del 2021.
Fin de ensayo : Martes, 24 de agosto del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.
NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Combinado A. Grueso 48% + A. Fino 51% Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

Malla		45	51	1	100	GRADACIÓN MAC - 2
		% Que Pasa				
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	87.0	100.0	100.0	93.8	80 - 100
3/8"	9.500	67.3	100.0	100.0	84.3	70 - 88
Nº 4	4.750	23.0	100.0	100.0	63.0	51 - 68
Nº 8	2.360	2.1	92.7	100.0	49.3	
Nº 10	2.000	1.9	86.2	100.0	45.9	38 - 52
Nº 16	1.180	1.7	70.9	100.0	38.0	
Nº 20	0.850	1.7	61.3	100.0	33.1	
Nº 30	0.600	1.6	38.5	100.0	21.4	
Nº 40	0.425	1.5	32.5	100.0	18.3	17 - 28
Nº 50	0.300	1.5	25.9	100.0	14.9	
Nº 80	0.180	1.5	17.8	100.0	10.8	8 - 17
Nº100	0.150	1.5	14.6	100.0	9.2	
Nº200	0.075	1.5	10.3	100.0	6.9	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
 Proyecto / Obra : TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE PIIETILENO DE TEREFTALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 24 de agosto del 2021.
 Fin de ensayo : Miércoles, 25 de agosto del 2021.

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Planta de Asfalto - Batandrando

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m ³)	1595
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m ³)	1571
Contenido de Humedad	(%)	1.53
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m ³)	1804
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m ³)	1777
Contenido de Humedad	(%)	1.53

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



 **Miguel Angel Ruiz Perales**
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo: **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
 Proyecto : TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE PILIETILENO DE TEREFTALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 24 de agosto del 2021.
 Fin de ensayo : Miércoles, 25 de agosto del 2021.

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)
 NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra

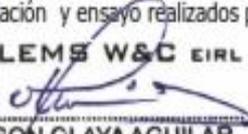
Cantera: Planta de Asfalto - Batandrando

Peso Unitario Suelto Humedo	(kg/m ³)	1561
Peso Unitario Suelto Seco	(kg/m ³)	1555
Contenido de Humedad	(%)	0.37

Peso Unitario Compactado Humedo	(kg/m ³)	1691
Peso Unitario Compactado Seco	(kg/m ³)	1685
Contenido de Humedad	(%)	0.37

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
 Proyecto / Obras : TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE PILIETILENO DE TEREFTALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Miércoles, 25 de agosto del 2021.
 Fin de ensayo : Viernes, 27 de agosto del 2021.

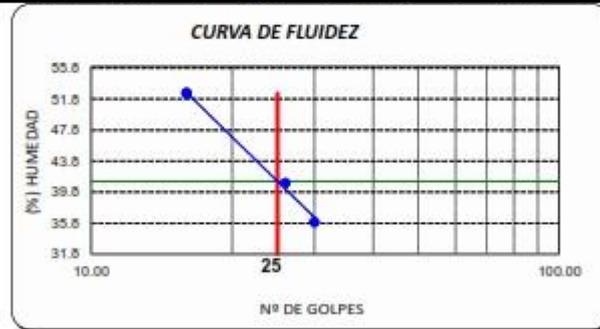
ENSAYO SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.
 REFERENCIA N.T.P. 399.131

Identificación:

Muestra : Agregado Fino

Cantera: Planta de Asfalto - Batandrande

Ensayo	Límite Líquido			Límite Plástico	
	L1	L2	L3	P1	P2
N° Tara					
N° Golpe	30	26	16	-	-
% Humedad	35.93	40.98	52.53	41.79	36.23



Límite Líquido	41.2%
Límite Plástico	39.0%
Índice de Plasticidad	2.2%

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla N°200



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0008589

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
 Proyecto / Obra : Tests "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON ADICIÓN DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 24 de agosto del 2021.
 Fin de ensayo : Jueves, 26 de agosto del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso
 REFERENCIA : MTC E 210, ASTM D 5821

Muestra : Agregado Grueso

Carreta : Planta de Asfalto - Batangrande

A. Partículas con una cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	3000				
1"	3/4"	1500				
3/4"	1/2"	500	456.49	91.70	71.4	6549.9
1/2"	3/8"	200	155.67	77.84	26.6	2223.9

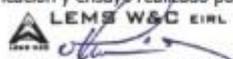
$$\text{UNA CARA FRACTURADA (\%)} = \frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{5773.7}{100.0} = 87.7 \%$$

B. Partículas con una o más cara fracturadas						
Tamaño del agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(g)	(g)	((B/A)*100)	% Retenido	C*D
1 1/2"	1"	3000				
1"	3/4"	1500				
3/4"	1/2"	500	432.54	86.51	71.4	6178.1
1/2"	3/8"	200	153.84	76.92	26.6	2197.7

$$\text{DOS A MÁS CARA FRACTURADA (\%)} = \frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{6376.9}{100.0} = 83.8 \%$$

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
 Proyecto / Obra : TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO".
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Fecha de emisión : Martes, 24 de agosto del 2021.
 Fecha de Emisión : Jueves, 26 de agosto del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.
 REFERENCIA : N.T.P. 400.040

Muestra : Agregado Grueso

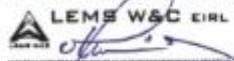
Carreta : Planta de Asfalto - Batangrande

TAMZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	PESO DE PARTICULAS CHATAS	PESO DE PARTICULAS ALARGADAS	PESO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700	77.5	0.0	0.0	6.40	2.81
3/8"	9.500	135.0	17.1	0.0	9.87	5.52
N° 4	4.750					

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	6.3
------------------------------------------	------------

OBSERVACIONES :

- Relación usada: 1/3 (Espesor /Longitud).
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
Proyecto / Obra : TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON PILIETILENO DE TEREFTALATO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
Inicio de ensayo : Miércoles, 25 de agosto del 2021.
Fin de ensayo : Viernes, 27 de agosto del 2021.

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

REFERENCIA : NTP 339.146:2000 (revisada el 2014)

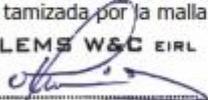
Identificación:

Muestra : Arena Gruesa - Planta asfáltica - Batagrande.

EQUIVALENTE DE ARENA (%)	60
---------------------------------	-----------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla N°4



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
 Proyecto / Obra : TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Lunes, 30 de agosto del 2021.
 Fin de ensayo : Miércoles, 01 de septiembre del 2021.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

Muestra	: Agregado Fino	
Cantera	: Planta de Asfalto - Batangrande	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	4000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.40

Muestra	: Agregado Grueso	
Cantera	: Planta de Asfalto - Batangrande	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	4000
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.40

Observaciones:

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ, YERSON ANTONY
Proyecto / Obra : TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE
CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
Fecha de emisión : Lunes, 30 de agosto del 2021.
Fecha de Emisión : Miércoles, 01 de septiembre del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 400.019

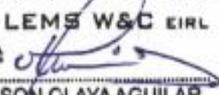
Muestra : Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

% de desgaste por abrasión	%	14.20
----------------------------	---	-------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500


WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 **Miguel Angel Ruiz Perales**
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON ADICIÓN DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de recepción : Lunes, 23 de agosto del 2021.
Inicio de ensayo : Martes, 24 de agosto del 2021.
Fin de ensayo : Jueves, 26 de agosto del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.667
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.91

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : VÁSQUEZ PÉREZ YERSON ANTONY
 Proyecto / Obra : TESIS "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de recepción : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 24 de agosto del 2021.
 Fin de ensayo : Jueves, 26 de agosto del 2021.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Agregado Fino

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.590
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.44

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : **YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ**
 Proyecto / Obra : **Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"**
 Ubicación : **Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.**
 Fecha de apertura : **Lunes, 23 de agosto del 2021.**
 Inicio de ensayo : **Jueves, 02 de septiembre del 2021.**
 Fin de ensayo : **Sábado, 04 de septiembre del 2021.**

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)

MUESTRA N°	01	02	03	04	
1.- PESO DEL FRASCO	580.6	580.6	580.6	580.6	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2880.2	2880.2	2880.2	2880.2	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2415.0	2397.4	2395.6	2390.7	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3581.1	3587.5	3587.4	3583.1	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1166.1	1190.1	1191.8	1192.4	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	465.2	482.8	484.6	489.5	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.507	2.465	2.459	2.436	
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.50	6.00	6.50	

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

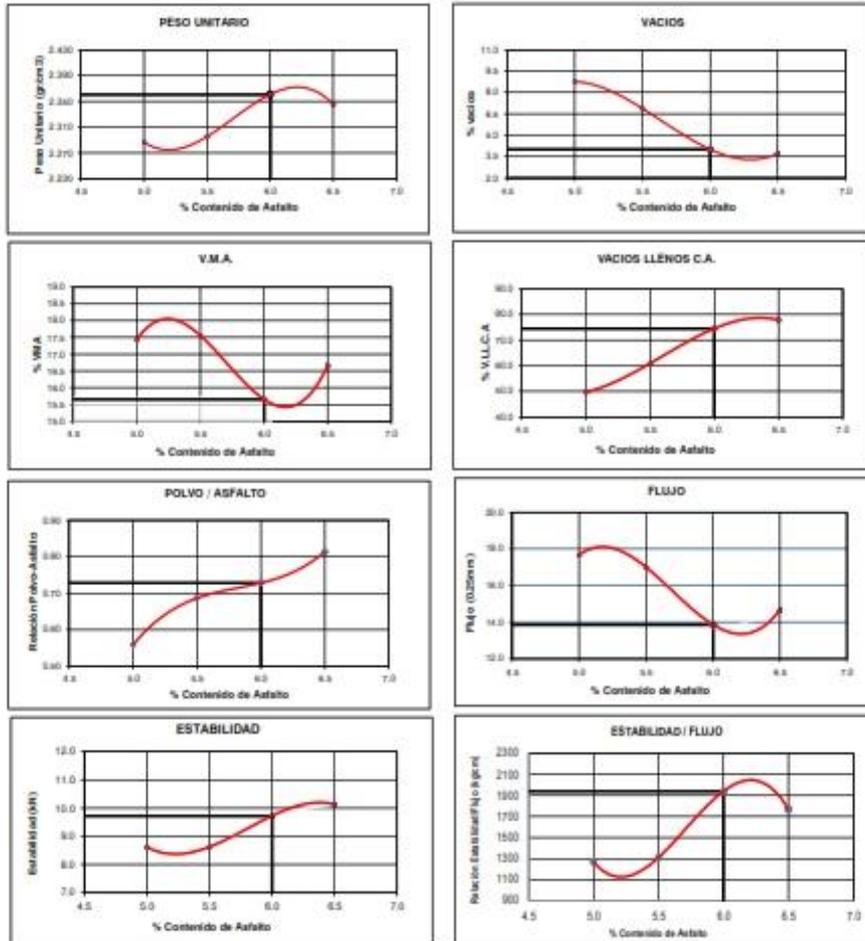


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. EN CIENCIAS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 2308A-21/LEMS W&C
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Jueves, 02 de septiembre del 2021.
 Fin de ensayo : Sábado, 04 de septiembre del 2021.



CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
GOLPES	35	TRÁNSITO LIVIANO
% C.A.	6.00	
P UNITARIO	2.36	
VACIOS	4.0	3-6
VMA	15.7	14.0
VLLC.A	74.4	
POLVO / ASFALTO	0.73	0.6-0.9
FLUJO	13.9	8-16
ESTABILIDAD	9.72	5-44kN
ESTABILIDAD / FLUJO	1930.9	1700-4000

OBSERVACIONES:
 Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante



Solicitud de Ensayo : **2386A-211 LEMS W&C**
 Solicitante : **VERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ**
 Proyecto / Obra : **Trails "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"**
 Ubicación : **Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.**
 Fecha de apertura : **Lunes, 23 de agosto del 2021.**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Arena	Filler	Total	Familicos ASTM												
					% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 8	No 10	No 40	No 50	No 80
%	48	51	1	100	100	100	93.8	84.3	63	49.3	45.9	18.3	14.9	10.8	9.2	6.9	
BRIQUETA N°					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla				5.00			5.50			6.00			6.50			
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla				45.00			45.38			45.12			44.88			
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla				48.45			48.20			47.04			47.00			
4	% de botellas de plástico triturado (PET)				0.00			0.00			0.00			0.00			
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla				0.95			0.95			0.94			0.94			
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc				1.018			1.018			1.018			1.018			
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.667			2.667			2.667			2.667			
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.590			2.590			2.590			2.590			
9	peso especifico del PET																
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				3.15			3.15			3.15			3.15			
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																
13	Alfara promedio de la briqueta (cm)				6.48	6.38	6.54	6.44	6.48	6.34	6.52	6.40	6.52	6.33	6.53	6.47	
14	Masa de la briqueta al aire (gr)				1187.80	1204.60	1208.20	1200.80	1201.60	1183.30	1198.30	1183.40	1205.00	1204.50	1198.00	1174.60	
15	Masa de la briqueta al agua por 60" (gr)				1201.00	1218.00	1211.00	1208.00	1201.00	1198.00	1209.00	1200.00	1211.00	1211.00	1208.00	1181.00	
16	Masa de la briqueta empacada (gr)				883.00	895.00	888.00	885.00	895.00	881.00	871.00	888.00	888.00	879.00	888.00	880.00	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)				300.00	311.00	313.00	311.00	306.00	308.00	302.00	302.00	313.00	302.00	309.00	292.00	
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta				3.976	3.857	3.851	3.856	3.963	3.949	3.967	3.961	3.850	3.967	3.957	3.987	
19	Peso Especifico Maximo - Roca (ASTM D 2041)				2.507			2.463			2.459			2.436			
20	% de Vacios (ASTM D 3283)				9.2	6.0	6.2	8.7	4.1	8.7	3.8	3.3	4.4	2.8	3.2	2.0	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.831			2.823			2.801			2.801			
22	Peso Especifico Efectivo Agregado Total				2.718			2.697			2.704			2.697			
23	Adolfo Absorbido por el Agregado				1.20			0.81			1.04			0.95			
24	% de Adolfo Efectivo				3.86			4.74			5.02			5.62			
25	Relacion Polvo/Adufo				0.6			0.7			0.7			0.8			
26	V.M.A.				14.2	14.9	15.1	15.6	15.1	15.6	14.7	14.9	16.0	15.9	16.2	15.2	
27	% Vacios Resca con C.A.				83.2	80.0	79.0	79.1	72.0	80.0	78.7	72.4	82.2	80.1	80.9		
28	Peso 0.075(20 mesh)				12.7	14.0	13.0	14.2	14.0	12.8	12.7	14.4	12.5	13.0	13.0		
29	Estabilidad en campo (kg)				1260.8	1467.0	1307.8	1469.0	1271.8	1627.0	1321.8	1279.8	1236.8	1216.0	1088.0	1518.0	
30	Factor de estabilidad				1.04	1.00	1.00	1.00	1.04	1.04	1.04	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	
31	Estabilidad Comperta				1300.32	1407.00	1257.00	1465.00	1322.36	1688.08	1374.36	1324.64	1324.44	1324.44	1068.00	1438.62	
32	Estabilidad / Peso				2801	2553	2651	2635	2399	2119	2740	2345	2480	2390	1962	2806	

RESERVACIONES:
 - Registro, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C E.I.R.L.
WILSON OLAYAGUALAR
 INGENIERO EN MATERIAS PLASTICAS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 244901

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Jueves, 02 de septiembre del 2021.
 Fin de ensayo : Sábado, 04 de septiembre del 2021.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)

MUESTRA N°	01	02	03	04	
1.- PESO DEL FRASCO	580.6	580.6	580.6	580.6	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2880.2	2880.2	2880.2	2880.2	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2415.0	2397.4	2395.6	2390.7	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3581.1	3587.5	3587.4	3583.1	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1166.1	1190.1	1191.8	1192.4	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	465.2	482.8	484.6	489.5	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.507	2.465	2.459	2.436	
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.50	6.00	6.50	

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

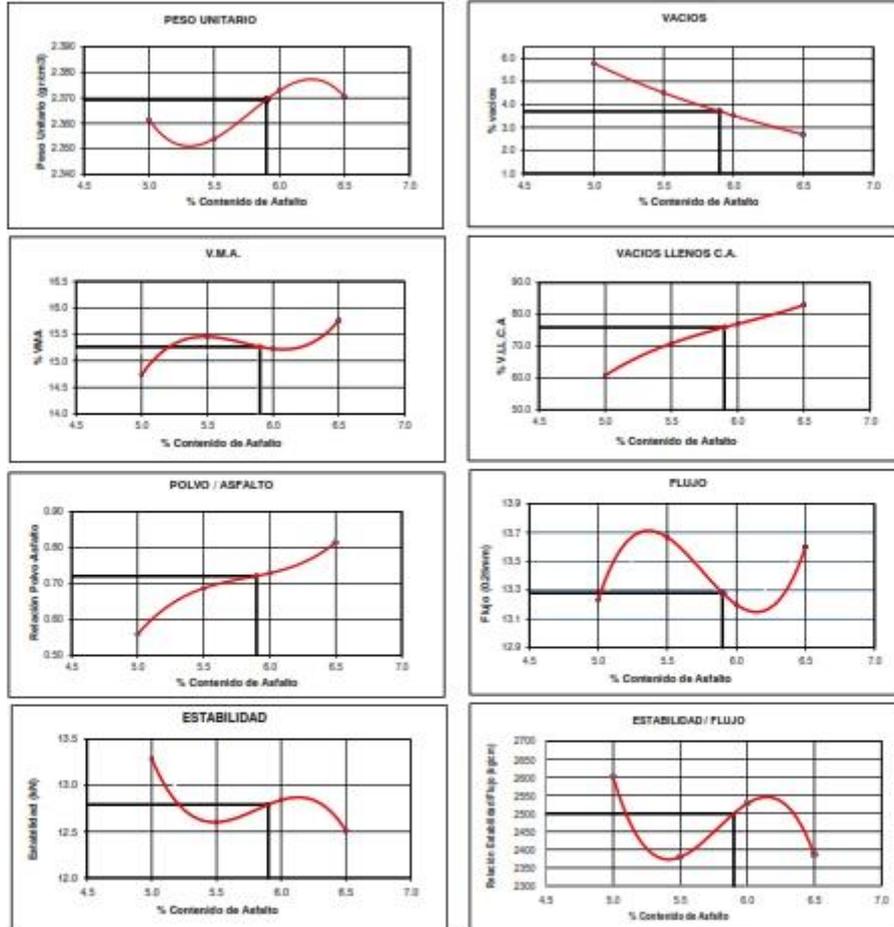


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. EN CIENCIAS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 2308A-21/LEMS W&C
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tests 'DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO'
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Jueves, 02 de septiembre del 2021.
 Fin de ensayo : Sábado, 04 de septiembre del 2021.



CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
	50	TRÁNSITO MEDIO
GOLPES	50	
% C.A.	5.90	
P. UNITARIO	2.37	
VACIOS	3.7	3-9
V.M.A.	15.3	14.0
V.L.L.C.A.	75.9	
POLVO/ASFALTO	0.72	0.6-1.3
FLUJO	13.3	8-18
ESTABILIDAD	12.79	5.448N
ESTABILIDAD/FLUJO	2499.9	1700-3800

OBSERVACIONES:
 Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante



Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Jueves, 02 de septiembre del 2021.
 Fin de ensayo : Sábado, 04 de septiembre del 2021.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECIFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)

MUESTRA N°	01	02	03	04	
1.- PESO DEL FRASCO	580.6	580.6	580.6	580.6	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2880.2	2880.2	2880.2	2880.2	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2415.0	2397.4	2395.6	2390.7	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3581.1	3587.5	3587.4	3583.1	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1166.1	1190.1	1191.8	1192.4	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	465.2	482.8	484.6	489.5	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.507	2.465	2.459	2.436	
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.50	6.00	6.50	

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

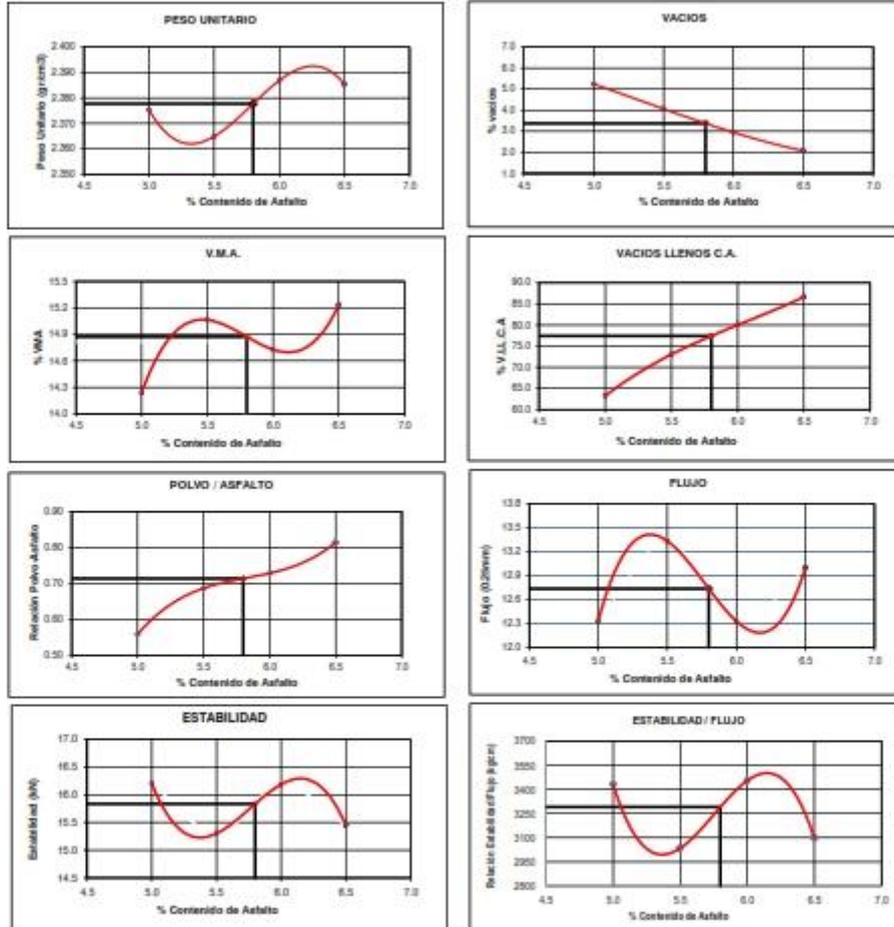


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. EN CIENCIAS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : 2308A-21/LEMS W&C
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Jueves, 02 de septiembre del 2021.
 Fin de ensayo : Sábado, 04 de septiembre del 2021.



CARACTERÍSTICAS MARSHALL		
GOLPES	75	TRÁNSITO ALTO
% C.A.	5.60	
P. UNITARIO	2.38	
VACIOS	3.4	3-5
V.M.A.	14.9	14.0
V.L.L.C.A.	77.4	
POLVO/ASFALTO	0.71	0.6-1.2
FLUJO	12.7	5-10
ESTABILIDAD	15.84	5.448N
ESTABILIDAD/FLUJO	3290.2	1700-3000

OBSERVACIONES:
 Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante



Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS %	Piedra 48	PET	Arena 51	Filler 1	Total 100	Tamices ASTM											
						% pasa Material			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10			
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	100	95.6	86.1	75	42.2	
0	% PET						1.00			2.00			3.00			4.00	
1	% C.A. en masa de la Mezcla						6.00			6.00			6.00			6.00	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						45.12			45.12			45.12			45.12	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						47.94			47.94			47.94			47.94	
4	% PET						0.94			1.88			2.82			3.76	
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla						0.94			0.94			0.94			0.94	
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) g/cc						1.018			1.018			1.018			1.018	
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) g/cc						2.367			2.367			2.367			2.367	
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) g/cc						2.59			2.59			2.59			2.59	
9	peso especifico de la escoria - bulk																
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) g/cc						3.15			3.15			3.15			3.15	
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.74	6.73	6.88	6.92	7.02	6.91	7.18	7.42	7.31	6.84	6.89	6.86
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1208	1200	1204	1195	1201	1185	1182	1223	1203	1204	1199	1192
13	Masa de la briqueta al agua por 60 (g)					1214	1210	1216	1211	1223	1206	1201	1242	1229	1220	1217	1202
14	Masa de la briqueta desplazada (g)					677	683	676	653	653	644	628	652	646	656	649	648
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					537	527	540	558	570	563	573	590	583	564	568	554
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.249	2.277	2.230	2.142	2.107	2.109	2.063	2.073	2.063	2.135	2.111	2.152
17	Peso Especifico Maximo - Rice						2.37			2.37			2.41			2.33	
18	% de Vacios					4.9	3.8	5.8	9.7	11.1	11.1	14.4	13.9	14.3	8.4	9.4	7.6
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.482			2.482			2.482			2.482	
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.585			2.591			2.639			2.539	
21	Asfalto Absorbido por el Agregado						1.6			1.7			2.4			0.9	
22	% de Asfalto Efectivo						4.45			4.35			3.64			5.11	
23	Relación Polvo/Asfalto						0.7			0.7			0.6			0.9	
24	V.M.A.					14.0	12.9	14.7	17.3	18.6	18.6	19.5	19.1	19.5	15.9	16.9	15.3
25	% Vacios llenos con C.A.					64.6	70.8	60.8	43.9	40.1	40.3	26.5	27.2	26.5	47.4	44.3	49.9
26	Flujo 0.01"(0,25 mm)					16.0	15.0	15.0	13.0	17.0	16.0	22.0	19.0	23.0	22.0	24.0	21.0
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1239	1036	1089	737	699	589	635	695	719	690	755	814
28	Factor de estabilidad					0.93	0.96	0.93	0.89	0.86	0.86	0.86	0.81	0.83	0.86	0.86	0.89
29	Estabilidad Corregida					1152	995	1013	655	567	507	546	563	597	593	649	724
30	Estabilidad / Flujo					1828	1684	1715	1281	847	804	630	752	659	685	687	876

OBSERVACIONES

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ESPECIALISTA DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **1605A-22/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 31 de mayo del 2022.
 Fin de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	
1.- PESO DEL FRASCO	580.6	580.6	580.6	580.6	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2880.2	2880.2	2880.2	2880.2	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2375.2	2375.0	2387.0	2372.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3570.2	3573.0	3575.0	3556.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1195.0	1198.0	1188.0	1184.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	505.0	505.2	493.2	508.2	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUEST	2.366	2.371	2.409	2.330	
CONTENIDO % C.A.	6.00	6.00	6.00	6.00	
PET %	1.00	2.00	3.00	4.00	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

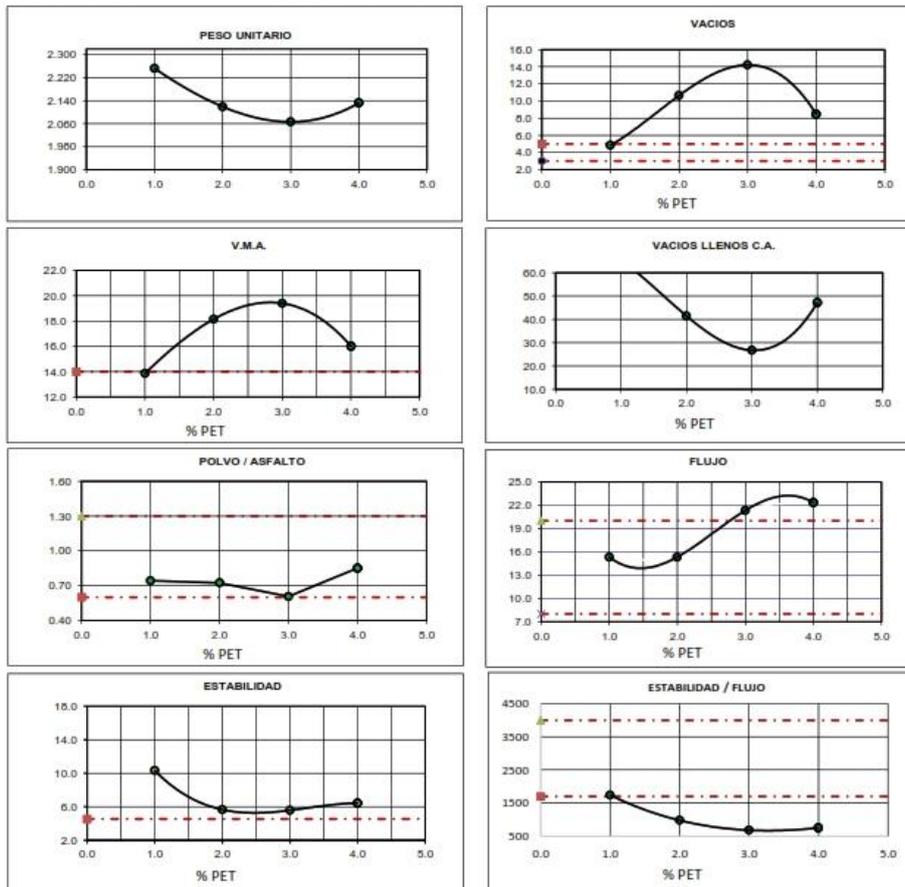


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **1605A-22/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 31 de mayo del 2022.
 Fin de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022.



CARACTERISTICAS MARSHALL

GOLPES	35	35
% PET	1	
% C. A.	6.00	
P. UNITARIO	2.252	
VACIOS	4.8	3 - 5
V.M.A.	14	14.0
V. LL.C.A.	65.4	
POLVO / ASFALTO	0.74	0.6 - 1.3
FLUJO	15.3	8-20
ESTABILIDAD	10.32	4.53 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	1743	1700 - 4000

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**
 Solicitante : **YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ**
 Proyecto / Obra : **Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"**
 Ubicación : **Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.**
 Fecha de apertura : **Lunes, 23 de agosto del 2021.**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS %	Piedra 48	PET	Arena 51	Filler 1	Total 100	Tamices ASTM % pasa Material									
						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	100	75	60	45
0	% PET					1	2	3	1	2	3	100	75	60	45
1	% C.A. en masa de la Mezcla														
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla														
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla														
4	% PET														
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla														
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) g/cc														
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) g/cc														
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) g/cc														
9	peso especifico de la PET - bulk														
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) g/cc														
11	Altura promedio de la briquea cm														
12	Masa de la briquea al aire (gr)														
13	Masa de la briquea al agua por 60 (g)														
14	Masa de la briquea desplazada (g)														
15	Volumen de la briquea por desplazamiento (cc)														
16	Peso especifico Bulk de la Briquea														
17	Peso Especifico Maximo - Rice														
18	% de Vacios														
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total														
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total														
21	Asfalto Absorbido por el Agregado														
22	% de Asfalto Efectivo														
23	Relación Polvo/Asfalto														
24	V.M.A.														
25	% Vacios llenos con C.A.														
26	Flujo 0.01"(0,25 mm)														
27	Estabilidad sin corregir (Kg)														
28	Factor de estabilidad														
29	Estabilidad Corregida														
30	Estabilidad / Flujo														

OBSERVACIONES
 - Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYAGUILAR
 TEC. INGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Ángel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **1605A-22/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 31 de mayo del 2022.
 Fin de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	
1.- PESO DEL FRASCO	580.6	580.6	580.6	580.6	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2880.2	2880.2	2880.2	2880.2	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2370.0	2372.0	2370.0	2356.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3566.0	3570.0	3555.0	3562.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1196.0	1198.0	1185.0	1206.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	510.2	508.2	510.2	524.2	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUEST	2.344	2.357	2.323	2.301	
CONTENIDO % C.A.	5.90	5.90	5.90	5.90	
PET %	1.00	2.00	3.00	4.00	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

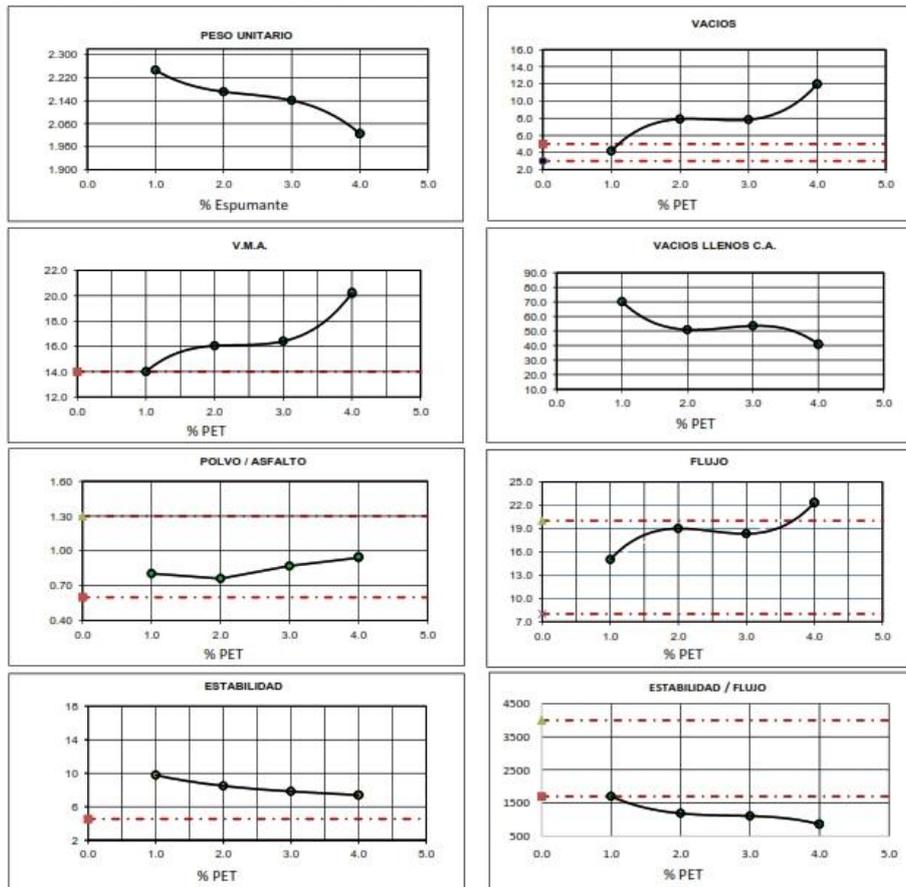


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS




 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **1605A-22/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 31 de mayo del 2022.
 Fin de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022.



CARACTERISTICAS MARSHALL

	50	50
GOLPES	50	50
% PET	1	
% C. A.	5.90	
P. UNITARIO	2.246	
VACIOS	4.2	3-5
V.M.A.	14.0	14.0
V. LL.C.A.	70.1	
POLVO / ASFALTO	0.80	0.6 - 1.3
FLUJO	15.0	8-20
ESTABILIDAD	9.77	4.53 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	1703	1700 - 4000

Observaciones:
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
 WILSON CLAYA AGUILAR
 T.C. ENGENYEROS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **2308A-21/LEMS W&C**

Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ

Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON ADICIÓN DE POLIETILENO DE TEREFALATO"

Ubicación : Dist. Pimental, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS %	Piedra 48	PET	Arena 51	Filler 1	Total 100	Tamices ASTM % pasa Material											
						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
BRQUETA N°						100	100	95.6	86.1	75	60	42.5	25	15	7.5		
0	% PET					1.00											
1	% C.A. en masa de la Mezcla					6.00											
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					45.12											
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					47.94											
4	% PET					0.94											
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla					0.94											
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) g/cc					1.018											
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) g/cc					2.367											
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) g/cc					2.59											
9	peso especifico de PET - bulk																
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) g/cc					3.15											
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.66	6.77	6.65	6.91	6.77	6.87	6.88	7.00	6.79	7.3	7.21	7.38
12	Masa de la briqueta al aire (gr)					1189	1202	1194	1210	1200	1196	1199	1209	1167	1203	1192	1207
13	Masa de la briqueta al agua por 60 (g)					1207	1217	1206	1222	1209	1210	1211	1222	1182	1225	1209	1232
14	Masa de la briqueta desplazada (g)					676	682	686	658	654	649	650	651	635	634	629	632
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc)					531	535	520	564	555	561	561	571	556	591	580	600
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta					2.239	2.247	2.296	2.145	2.162	2.132	2.137	2.117	2.099	2.036	2.055	2.012
17	Peso Especifico Maximo - Rice						2.37			2.34			2.32		2.31		
18	% de Vacios					5.5	5.2	3.1	8.2	7.5	8.7	8.0	8.8	9.6	12.0	11.1	13.0
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.482			2.482			2.482			2.482		
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.590			2.547			2.529			2.517		
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.7			1.0			0.8			0.6		
22	% de Asfalto Efectivo					4.39			5.00			5.27			5.45		
23	Relación Polvo/Asfalto					0.7			0.8			0.9			0.9		
24	V.M.A.					14.4	14.1	12.2	17.1	16.5	17.6	16.6	17.4	18.1	19.8	19.1	20.8
25	% Vacios llenos con C.A.					61.5	63.0	74.4	52.3	54.8	50.4	52.1	49.3	47.0	39.6	41.6	37.4
26	Flujo 0.01"(0,25 mm)					18.0	17.0	20.0	20.0	15.0	18.0	14.0	17.0	19.0	17.5	22.0	17.0
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1329	1186	1289	737	699	589	635	695	719	690	755	814
28	Factor de estabilidad					0.96	0.96	1.00	0.86	0.89	0.86	0.86	0.86	0.89	0.81	0.83	0.78
29	Estabilidad Corregida					1276	1139	1289	633	587	507	546	597	640	559	627	635
30	Estabilidad / Flujo					1800	1701	1637	804	993	715	990	892	855	811	723	948

OBSERVACIONES

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TFC. ENGENYEROS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Ángel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Solicitud de Ensayo : **1605A-22/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFTALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 31 de mayo del 2022.
 Fin de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022.

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	
1.- PESO DEL FRASCO	580.6	580.6	580.6	580.6	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	2880.2	2880.2	2880.2	2880.2	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2384.0	2367.0	2363.0	2366.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3560.0	3566.0	3564.0	3555.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1176.0	1199.0	1201.0	1189.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	496.2	513.2	517.2	514.2	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUEST	2.370	2.336	2.322	2.312	
CONTENIDO % C.A.	5.80	5.80	5.80	5.80	
PET %	1.00	2.00	3.00	4.00	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

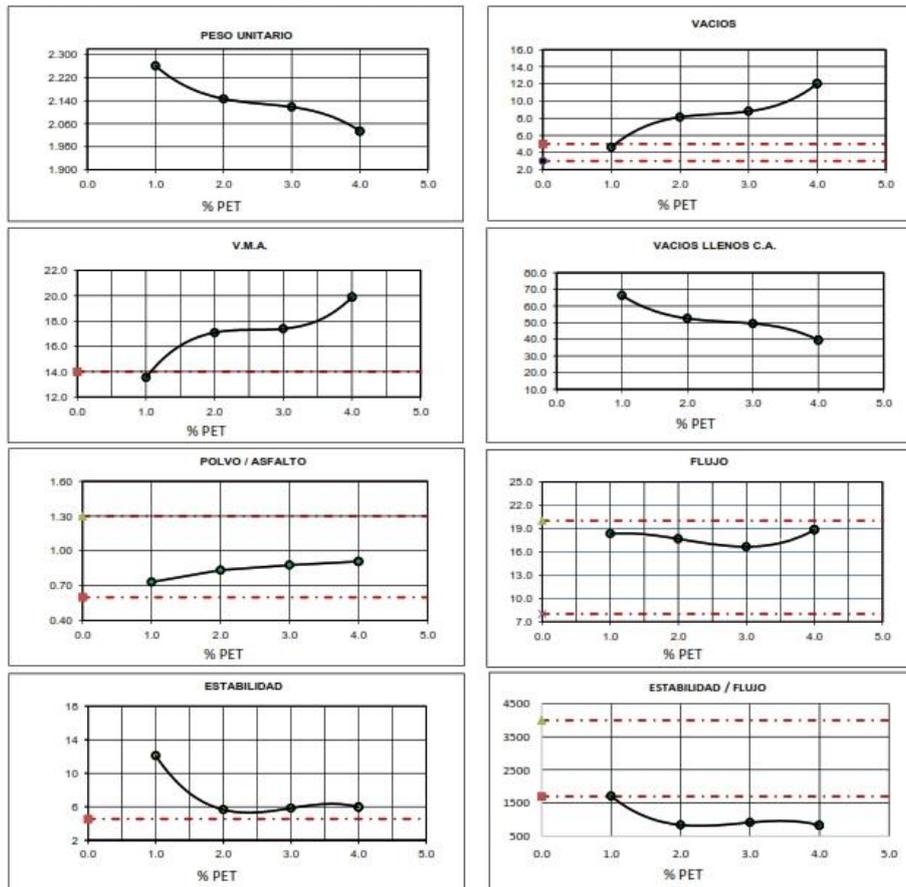


LEMS W&C EIRL
 WILSON CLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

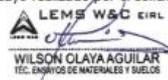
Solicitud de Ensayo : **1605A-22/LEMS W&C**
 Solicitante : YERSON ANTONY VASQUEZ PEREZ
 Proyecto / Obra : Tesis "DESEMPEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ADICION DE POLIETILENO DE TEREFALATO"
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
 Fecha de apertura : Lunes, 23 de agosto del 2021.
 Inicio de ensayo : Martes, 31 de mayo del 2022.
 Fin de ensayo : Jueves, 02 de junio del 2022.



CARACTERISTICAS MARSHALL

GOLPES	75	75
% PET	1	
% C. A.	5.80	
P. UNITARIO	2.261	
VACIOS	4.6	3 - 5
V.M.A.	14	14.0
V. LL.C.A.	66.3	
POLVO / ASFALTO	0.73	0.6 - 1.3
FLUJO	18.3	8 - 20
ESTABILIDAD	12.10	4.53 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	1713	1700 - 4000

Observaciones:
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



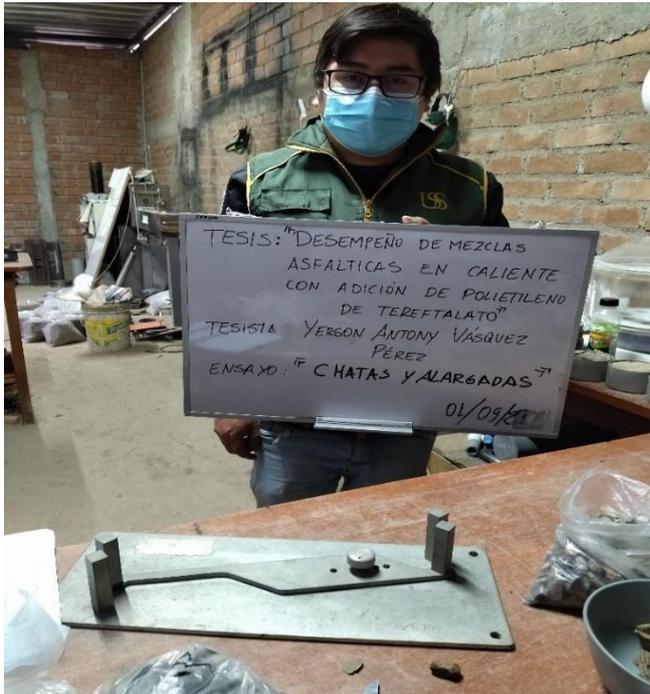
WILSON CLAYA AGUILAR
 TEC. EN INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Anexo 05: Evidencias fotográficas

Ensayo de partículas chatas y alargadas



Ensayo de granulometría



Ensayo de sales solubles totales



Ensayo de equivalencia de arena



Ensayo para peso específico



Ensayo de límites de atterberg



Elaboración de briquetas



Compactación de briquetas



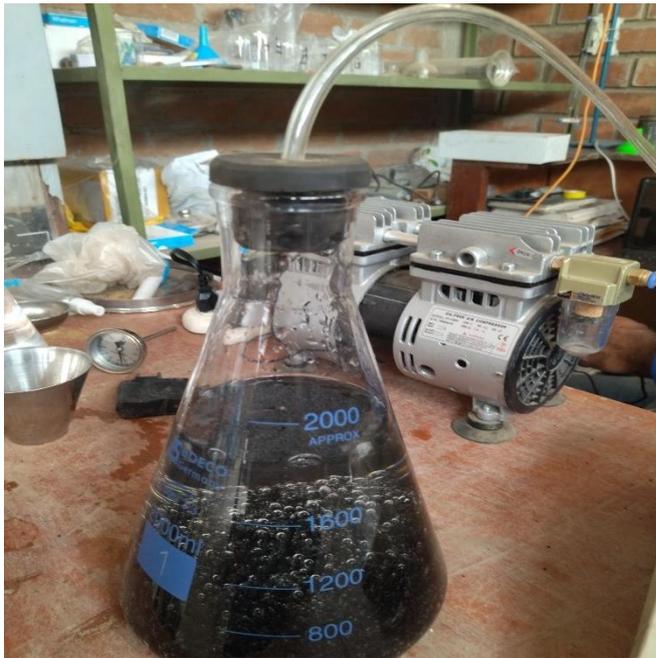
Briquetas Patrón



Ensayo Marshall



Ensayo RICE



Anexo 06: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPOTESIS Y VARIABLES	METODOLOGIA
Problema: ¿Con la adición de PET la mezcla asfáltica tendrá mejoras y dará beneficios a los pavimentos que presentan cargas de tránsito liviano, mediano y pesado?	Objetivo General: Desarrollar una mezcla asfáltica modificada usando mediante adiciones de PET.	Antecedentes: (Jimenez, 2017), (Ballena, 2016), (Daring Josver Regalado Tantaleán, 2018)	Hipótesis General: La agregación de tereftalato de polietileno mejorará el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente en la infraestructura vial.	Método de Investigación: Tipo de Investigación: Cuantitativa – Tecnológica
	Objetivos Específicos:	Teorías relacionadas al tema:	Variables:	Diseño de investigación:
	Definir la granulometría y dimensiones de las partículas PET para el diseño de la mezcla asfáltica. Verificar las proporciones de las partículas PET para la mezcla asfáltica modificada. Evaluar los parámetros Marshall de la mezcla asfáltica modificada con polietileno de tereftalato. Evaluar el costo de producción de la mezcla propuesta comparada con la mezcla tradicional.	Las mezclas de asfalto es la combinación de una gran variedad de agregados tanto finos como gruesos los cuales poseen características adecuadas para su utilización en construcción. Estas mezclas asfálticas es una combinación uniforme de agregados con aglomerante las cuales se calientan antes de mezclarse. Es un plástico muy usado en textiles y envases de bebidas denominadas PET, este es un polímero termoplástico, esta posee una alta resistencia química y térmica, el cual es beneficioso porque ayuda a ser reutilizado es decir reciclado.	Variable independiente: Mezcla asfáltica en caliente, se elaboró una mezcla con agregado grueso, fino, filler y cemento asfáltico de 60/70. Variable dependiente: Polietileno de tereftalato (PET), se utilizó PET para elaborar una mezcla asfáltica en caliente.	Dicha investigación es experimental. Población: Mezcla asfáltica en caliente para tránsito liviano, mediano y pesado aplicando diferentes porcentajes de PET y las muestras patrón. Muestra: Se realizó un total de 72 briquetas de las cuales 36 para muestras patrón para los 3 tránsitos tanto liviano, mediano y pesado. Para la obtención de las muestras con adición de PET de la mezcla asfáltica en caliente se ejecutó 36 briquetas para los 3 tránsitos tanto liviano, mediano y pesado.