

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



**Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto
asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes**

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

AUTOR

Paula Irene Silva Calderon

ASESOR

Gian Franco Pérez Garavito

<https://orcid.org/0000-0002-0745-8685>

Chiclayo, 2026

**Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de
concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes**

PRESENTADA POR

Paula Irene Silva Calderon

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Luis Quiroz Quiñones

PRESIDENTE

Carlos Javier Ramirez Muñoz

SECRETARIO

Gian Franco Pérez Garavito

VOCAL

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi abuelo Carlos Diaz Guzmán, por su apoyo y amor incondicional en cada consejo brindado a lo largo del desarrollo de mi carrera profesional, enseñándome que nada es imposible cuando uno le pone esfuerzo y dedicación.

A mis Padres Veronica Calderon Camahuali y Ronie Silva Diaz, cuyo amor y apoyo han sido la base y el pilar más importante para poder concluir mis estudios profesionales, enseñándome que todo sacrificio tiene su recompensa.

De igual manera, agradecer a mis hermanos Carlos y Khala por ser mi inspiración y motivación constante durante el desarrollo de cada etapa de mis estudios.

Y a mis docentes de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por compartir sus conocimientos y fomentar mi crecimiento personal.

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a dios por brindarme la fortaleza y sabiduría para poder culminar mi etapa profesional.

A mis queridos Padres y abuelo, por su amor, esfuerzo y confianza en mí, gracias por enseñarme que la perseverancia y el trabajo constante son el camino hacia las metas.

Extiendo mi agradecimiento a mi asesor el Ing. Gianfranco Pérez Garavito y docente de tesis el Ing. Atilio Rubén López Carranza, por sus valiosos aportes a lo largo del desarrollo de esta investigación. Su orientación académica fue fundamental para el cumplimiento de cada etapa de este proyecto.

Agradezco también al técnico de laboratorio Henry Rivadeneyra cuyo compromiso y conocimiento fueron esenciales para la ejecución de mi proyecto.

PAULA IRENE SILVA CALDERON

Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

 Turnitin

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trncold::3117:519930574

Fecha de entrega

29 oct 2025, 7:48 p.m. GMT+5

Fecha de descarga

29 oct 2025, 7:50 p.m. GMT+5

Nombre del archivo

unknown_filename

Tamaño del archivo

4.1 MB

91 páginas

23.376 palabras

125.735 caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
 - Texto mencionado
 - Coincidencias menores (menos de 15 palabras)
-

Fuentes principales

8%  Fuentes de Internet

1%  Publicaciones

5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Índice

Resumen	11
Abstract	12
Introducción.....	13
Revisión de literatura.....	16
Materiales y métodos	39
Resultados y discusión	66
Conclusiones	85
Recomendaciones	86
Referencias	87
Anexos	90

Lista de tablas

Tabla I	23
Tabla II	25
Tabla III	25
Tabla IV	26
Tabla V	27
Tabla VI	27
Tabla VII	28
Tabla VIII	28
Tabla IX	39
Tabla X	40
TABLA XI	43
TABLA XII	43
Tabla XIII	44
Tabla XIV	45
Tabla XV	46
Tabla XVI	47
Tabla XVII	48
Tabla XVIII	48
Tabla XIX	49
Tabla XX	66
Tabla XXI	67
Tabla XXII	67
Tabla XXIII	68
Tabla XXIV	69
Tabla XXV	73
Tabla XXVI	74

Tabla XXVII	75
Tabla XXVIII	75
Tabla XXIX	76
Tabla XXX	77
Tabla XXXI	78
Tabla XXXII	78
Tabla XXXIII	79
Tabla XXXIV	79
Tabla XXXV	80
Tabla XXXVI	82
Tabla XXXVII	91

Lista de Gráficos

Gráfica 1 Curva granulométrica.....	68
Gráfica 2 ESTABILIDAD VS C.A.....	70
Gráfica 3 Peso específico.....	70
Gráfica 4 % de vacíos con C.A.....	71
Gráfica 5 Interpretación de flujo.....	71
Gráfica 6 % vacíos del agregado mineral.....	72
Gráfica 7 vacíos de llenado de C.A.....	72
Gráfica 8 Resultados del RICE.....	74

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1	Según el tipo de gradación - MTC E 207 - 2000.....	33
Ilustración 2	Proporciones de muestra MTC E 206 – 2000.....	34
Ilustración 3	Especificaciones del ensayo de caras fracturadas.....	34
Ilustración 4	Flujograma de procesos para demostrar la hipótesis.	50
Ilustración 5	Proceso de tamizado y peso de muestra	51
Ilustración 6	Muestra extraída de la máquina de los ángeles	51
Ilustración 7	Clasificación relación longitud-forma	52
Ilustración 8	Pesaje y separación de conteo de caras fracturadas.....	52
Ilustración 9	Muestreo y filtración de sales solubles de agregado fino	53
Ilustración 10	Proceso de reposo de muestras	53
Ilustración 11	Orden de tamices y muestra de lavado	54
Ilustración 12	Proceso de realización de ensayo	54
Ilustración 13	Proceso de reacción de la muestra y el químico	55
Ilustración 14	Proceso en la copa Casagrande.....	55
Ilustración 15	Muestra en lavado y reserva	56
Ilustración 16	Gradación del MAC.....	56
Ilustración 17	Embolsado y muestra en zona de cocina	57
Ilustración 18	Elaboración de briquetas en porcentajes de 4%,4.5%,5%,5.5% y 6%	57
Ilustración 19	Muestras de briquetas	58
Ilustración 20	Peso sumergido y medidas	58
Ilustración 21	Peso seco de briquetas	59
Ilustración 22	Ensayo en la maquina Marshall.....	59
Ilustración 23	Proceso de ensayo de densidad máxima- mezcla triturada.....	60
Ilustración 24	Afirmado y asfalto para la formación de capas	60
Ilustración 25	Simulación de la base y capa de rodadura	61
Ilustración 26	Elaboración de la muestra interponiendo el MC-30.....	61

Ilustración 27	Reposo de muestras elaboradas	62
Ilustración 28	Toma de medidas de la briqueta a ensayar	62
Ilustración 29	Colocación de muestra en el equipo de ensayo	63
Ilustración 30	Rotura de muestra y toma de datos.....	63
Ilustración 31	Pesaje de muestra y colocación en máquina de ensayo.....	64
Ilustración 32	Rotura de falla interponiendo el imprimante.....	64
Ilustración 33	Proceso del ensayo hasta su falla de rotura.	65
Ilustración 34	Colocación de la muestra en el prototipo para ser ensayada	65
Ilustración 35	Validación de ensayos	92
Ilustración 36	Conformidad del asesor	93

Resumen

El objetivo principal de esta tesis es analizar la adherencia entre la base y la capa de rodadura de concreto asfáltico aplicando diferentes tipos de líquidos imprimantes. Se empleó un enfoque de estudio experimental, correlacional y cuantitativo. Para ello en la primera fase se llevó a cabo la elaboración de la capa base y capa de rodadura interponiendo los imprimantes como el MC-30, el RC-250 y el CRS-1 con dosificaciones de 0.3, 0.5 y 0.6 L/m². En la segunda etapa la cual corresponde a los ensayos de tracción indirecta, cizallamiento y adherencia en ese orden respectivamente dichas muestras pudieron ser sometidas a resistencias altas y variadas. Los resultados de las pruebas muestran una relación directa entre la dosificación y la resistencia alcanzada, con valores promedios altos de 0.912, 0.989 y 1.16 Mpa, siendo el líquido RC-250 el que supero el mínimo valor normado (0.70 Mpa); mientras que el adhesivo CRS-1 obtuvo valores dentro del rango aceptable con poca confiabilidad para futuros diseños. Estos resultados también demostraron que los altos niveles de dosificación favorecen la unión de las interfaces tanto en durabilidad como en resistencia, evidenciando que se disminuye la susceptibilidad del pavimento. Por ello, es importante analizar la adherencia en términos de aplicación, temperatura y diseño, ya que son estrategias importantes para mejorar el periodo de vida útil de los pavimentos flexibles de tránsito medio en la ciudad de Chiclayo.

Palabras clave: Adherencia, Líquidos imprimantes, Concreto asfáltico, Base, Pavimentos flexibles.

Abstract

The main objective of this thesis is to analyze the adhesion between the base and the wearing course of asphalt concrete by applying different types of priming liquids. An experimental, correlational and quantitative study approach was used. For this purpose, in the first phase, the base layer and wearing course were prepared by interposing primers such as MC-30, RC-250 and CRS-1 with dosages of 0.3, 0.5 and 0.6 L / m². In the second stage, which corresponds to the indirect tensile, shear and adhesion tests in that order respectively, these samples could be subjected to high and varied resistances. The test results show a direct relationship between the dosage and the resistance achieved, with high average values of 0.912, 0.989 and 1.16 Mpa, with the RC-250 liquid being the one that exceeded the minimum standard value (0.70 Mpa); While the CRS-1 adhesive obtained values within the acceptable range, with low reliability for future designs. These results also demonstrated that high dosage levels favor interface bonding in both durability and strength, demonstrating a decrease in pavement susceptibility. Therefore, it is important to analyze adhesion in terms of application, temperature, and design, as these are important strategies for improving the service life of medium-traffic flexible pavements in the city of Chiclayo.

Keywords: Adhesion, Primers, Asphalt concrete, Base, Flexible pavements.

Introducción

En el panorama global de la ingeniería civil, la estructura de un pavimento asfáltico convencional es un sistema de capas sucesivas, respectivamente compuesta por una capa de concreto asfáltico y una cubierta de base sobre la subrasante. Durante décadas, el rendimiento y comportamiento mecánico se encuentran en constante evolución de análisis para satisfacer la creciente demanda de cargas de tráfico, aparición de grietas prematuras y reducción de vida útil. La gran mayoría de ingenieros vienen optando por modelos de diseños mecanicista, basados en estudios antiguos y algoritmos repetitivos, que les permiten deducir o intuir que las capas están completamente adheridas. Sin embargo, muchas redes viales evidencian la deficiencia de estudio de una buena unión entre capas, lo cual conlleva a realizar un análisis cauteloso de la adherencia entre capas ante la aplicación de estas técnicas como lo son los líquidos imprimantes. Cuya adecuada selección y análisis permiten marcar la diferencia entre un pavimento de corta vida útil y uno de alto rendimiento[1].

En efecto estas capas se encuentran en un deterioro constante debido a diversos agentes como el clima, el tráfico, la degradación de materiales y la infiltración de agua, que se vuelven señales de aviso ante una mala condición de la unión entre capas. Según Montestruque, la adherencia entre capas asfálticas es importante para el desempeño exitoso del pavimento, de no estar adheridas las capas, la vida de la estructura se reduce en un 90%[2]. Cabe mencionar que el reemplazo total de un pavimento puede llegar a ser muy costoso y dañino, lo que pone en riesgo la durabilidad de futuros proyectos y aumenta los índices de costos por reparación.

El problema principal es que no se cuenta con un análisis comparativo de los diferentes tipos de imprimantes utilizados, así como la ausencia de una evaluación del comportamiento de cada uno de los productos bajo diferentes condiciones de carga y temperatura [3]. Esta situación ha ido generando incertidumbre respecto a cuál es el tipo de imprimante más adecuado para mejorar la adherencia entre capas. Si bien, a lo largo de los años se han venido realizando diversas investigaciones que dan puesta libre a la aplicación de insumos como emulsiones asfálticas o asfaltos diluidos también llamados como cutbacks, dando mejoría de características ecológicas, de bajo costo y alto rendimiento [4].

Sin embargo, el desafío de lograr una buena adherencia entre la base y la capa de rodadura no solo es una preocupación relevante para nosotros sino también para la de muchos países que buscan optimizar sus infraestructuras viales. Entre los países que más resaltan son Estados Unidos, Europa y el Medio Oriente, puesto que vienen presentando una mala adherencia en las capas del pavimento de sus vías que no solo han generado deslizamientos, sino daños superficiales que son originados por la incompatibilidad de líquidos imprimantes. En ese

sentido, mediante nuevas investigaciones buscan la contribución a la sostenibilidad de sus infraestructuras, asegurando que sus inversiones realizadas se traduzcan en durabilidad y seguridad para sus habitantes [5].

Entorno al escenario nacional, la situación es cada vez más preocupante, ya que en muchas otras zonas como lo es Chiclayo se ha detectado un deterioro prematuro en varios tramos de pavimentos existentes, específicamente en la capa de rodadura de concreto asfáltico. Esto a su vez ha catalogado la infraestructura vial del país como crítica tanto en la conectividad como en el desarrollo económico, además de sumar la falta de estudios específicos en el contexto climático y geológico generado por el fenómeno del niño en la costa norte.

Por lo tanto, frente a este escenario, el presente proyecto de investigación tiene como finalidad analizar muestras de capa de rodadura de concreto asfáltico y base, empleando tres tipos de líquidos imprimantes como el MC-30, RC-250 Y CRS-1 que, a través de ensayos a flexión, tracción y compresión, se evaluará la adherencia entre las capas, permitiendo comparar el desempeño de cada imprimante en términos de cohesión y durabilidad. De este modo, se plantea un estudio de enfoque teórico-aplicativo que contribuirá una mejor comprensión del impacto de los líquidos imprimantes en la resistencia y calidad estructural del pavimento, ofreciendo pautas para la optimización de futuras prácticas constructivas en el ámbito de la ingeniería vial, sino también establecer un marco de referencia claro sobre sus aplicaciones, beneficios y restricciones.

La presente investigación se justifica de forma social en la medida que busca tener un impacto social directo, es decir que la selección de un líquido imprimante garantizará una adecuada unión entre las capas permitiendo construir pavimentos más duraderos y resistentes a futuro. Así pues, al mismo tiempo no solo se mejorará la seguridad vial, sino que la potenciará como una infraestructura más eficiente y confiable. Además de facilitar el acceso a servicios esenciales y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos al reducir las congestiones vehiculares y tasa de riesgo de accidentes, convirtiéndose en una visión replicable para empresas constructoras, profesionales, así como también autoridades locales.

Se justifica metodológicamente en la necesidad de aplicar un enfoque experimental que permita brindar un análisis comparativo y detallado de la interacción de la adherencia entre la base y la capa de rodadura de concreto asfáltico interponiendo líquidos imprimantes, utilizando diversas metodologías a través de ensayos estandarizados como lo es el ensayo de adherencia, ensayo de cizallamiento y ensayo de tracción indirecta. A partir de las muestras ensayadas, se obtendrán resultados claves que permiten establecer relaciones causales entre el tipo de líquido

imprimante empleado y el grado de adherencia alcanzado, aportando información técnica confiable para la optimización de procesos constructivos en pavimentos.

Se justifica de forma ambiental ya que busca disminuir los impactos negativos en el ambiente y acabar con la mala adherencia entre capas de pavimentos, con el fin de implementar el uso de técnicas de compactación más eficientes con una selección de líquidos imprimantes poco contaminantes y tóxicos durante su aplicación. Además, de promover una relación eco-amigable, priorizando la protección de los recursos naturales y la prevención del uso de agentes nocivos que puedan afectar directamente al suelo, al aire y los cuerpos de agua cercanos.

Y se justifica de forma financiera-económica ya que las obras viales urbanas en la actualidad presentan un alza de precios en su construcción y mantenimiento respectivo, obteniendo así un sin número de proyectos fracasados ante una mala gestión, fomentando construcciones de pavimentos en mal estado, aplicaciones de materiales ligantes inadecuados o despistando procesos de calidad e inspección rigurosa. Debido a ello, la propuesta de análisis de adherencia busca entablar una relación costo-beneficio mediante el ahorro de mantenimiento, ensayos innecesarios, entre otros. Puesto que este recurso ahorrado podría ser redirigido a otras áreas prioritarias para el desarrollo de la ciudad.

De esta manera, los resultados de la gran exhaustiva revisión literaria e investigaciones analizadas se logró obtener herramientas prácticas para mejorar el desarrollo de la investigación, llevándome al planteamiento de la siguiente pregunta: ¿Cómo influye la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico empleando diferentes tipos de líquidos imprimantes?

Es por ello que este proyecto busca analizar el comportamiento de la adherencia entre capas interponiendo los líquidos imprimantes. Por tanto, el objetivo general de la investigación es analizar la mejora de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico empleando diferentes tipos de líquidos imprimantes. Para poder lograr dicho propósito se plantearon los siguientes objetivos específicos: se plantea en primer lugar determinar la adherencia del pavimento mediante una muestra patrón de una base y capa de rodadura, seguido de definir el porcentaje de dosificación adecuado de líquido imprimante en el diseño de pavimentos. Asimismo, se busca identificar el efecto de la incorporación de líquidos imprimantes en la durabilidad y adherencia en la capa base y de rodadura de los pavimentos flexibles, complementando así a este análisis la evaluación del impacto ambiental en la aplicación de líquidos imprimantes de pavimentos. Para que finalmente se realice el análisis comparativo a partir de resultados obtenidos para así determinar el comportamiento del imprimante en la interacción de unión entre capas, generando aportes técnicos que contribuyan

a la optimización de procesos constructivos y al diseño de pavimentos más eficientes y duraderos.

Revisión de literatura

Antecedentes

En el entorno internacional:

You et al.[6] “Investigación de la adherencia y la fuerza de unión de la interfaz para pavimentos subyacentes a la viruta-sellado: Efecto de las combinaciones de asfalto-agregado y los ciclos de congelación-descongelación en la viruta-sellado” Manifiestan que, a lo largo de los años la mayoría de los pavimentos asfálticos se deterioran constantemente debido al clima, la infiltración de agua, el tráfico y la degradación de los materiales, lo que muestra una falta de adherencia adecuada en su interfase, generando la aparición de agrietamiento prematuro, deslizamientos de capas y fallos estructurales. Con base en lo dicho anteriormente, esta investigación expone como solución la aplicación de emulsiones asfálticas modificadas con polímeros con el fin de mejorar la cohesión en las capas de pavimento especialmente en regiones con ciclos de congelamiento y descongelamiento frecuentes. Para cumplir con los objetivos planteados, se adoptó un enfoque experimental de laboratorio. La muestra incluyó cuatro tipos de agregados (Red-Rock FA-2.5, Granite FA-2.5, Granite FA-2.0, y Trap-Rock 1/8 in.), combinados con dos tipos de emulsiones asfálticas: AE-1 (modificada con polímeros) y AE-2 (CSS-1H). Posterior a ello se aplicaron los métodos de prueba en este estudio Vialit test y el Interface Bond Test (IBT), los cuales evalúan la resistencia de la adhesión de interfaz en diversas condiciones climáticas y diferentes temperaturas (-10, -22 y -26 °C). En consecuencia, los principales resultados demostraron que la adherencia se reduce con la temperatura, siendo la combinación de la emulsión AE-1 y el agregado Trap-Rock la de mejor desempeño, con este último alcanzando una retención promedio máxima del 98% en la Vialit a -10°C y la resistencia más alta en la IBT de 1545 kPa a 0°C; si bien la resistencia de interfase fue mayor a 0°C que a 25°C, el descenso de temperatura sí causó una ligera reducción, como se evidenció en la disminución del Granite FA-2.0 con AE-1 de 1170 kPa a 0°C a 1161 kPa a -10°C. Dando, así como respuesta la importancia de seleccionar la combinación adecuada de agregado y emulsión asfáltica cuando se considera el uso de sellador de gravilla.

Guo et al.[7] “Evaluación del estado de la adherencia interfacial del pavimento” Esta investigación tiene como objetivo la evaluación del estado de unión de la interfase del pavimento garantizando el desarrollo de estudio del efecto cohesivo de la interfaz en la construcción de carreteras mediante una evaluación racional y empírica. Para dar veracidad a

su propuesta en un enfoque de modelado numérico, utilizando el software de elementos finitos ABAQUS donde seleccionan cinco modelos de una carretera, cuya longitud, anchura y altura son por separado en las dimensiones de 5.5.3, 5.5.5, 8.8.8, 10.10.10 y 12.12.12 para luego simular la respuesta mecánica de un modelo de estructura de carretera de 10 capas (con un grosor de pavimento de 1.36 m) bajo una carga de eje estándar, variando el coeficiente de fricción entre capas de 0.05 (deslizamiento total) a 1 (integración completa). Posteriormente, se realizó una validación experimental en un proyecto real de nueva construcción (con estructura similar al modelo), utilizando el deflectómetro de Impacto (FWD) como instrumento para medir las deflexiones y el reómetro de corte triaxial para medir la resistencia al corte de las muestras extraídas con diámetros de 50 mm. Cuyo resultado indica que a medida que el coeficiente de fricción entre capas disminuye, la desviación central y todas las desviaciones de otras posiciones aumentan en $43.0\mu\text{m}$ (una variación del 24.6%), y la diferencia de tensión radial interfacial también se hace grande y puede utilizarse para representar y evaluar el estado de contacto interfacial del pavimento.

Montestruque et al.[8] “Evaluación de la adherencia de las geomallas entre capas de asfalto” La siguiente investigación confirman que, el proceso constructivo de un pavimento suele ser muy riguroso durante la elección del imprimante adecuado, para minimizar los impactos negativos de una mala adherencia. El objetivo de este estudio consiste en evaluar el empleo de geomallas como recubrimientos asfálticos, especialmente en el contexto de restauración de los pavimentos. Para ello la metodología empleó un enfoque experimental de laboratorio, donde la muestra consistió en cuerpos de prueba (CP) de 10 cm y 15 cm de diámetro, conformados por capas de AAUQ y SMA adheridas con emulsión asfáltica RR-1C; donde analizan su comportamiento en la carpeta asfáltica mediante el ensayo de fuerza de cizallamiento directo, realizado a una velocidad de carga de 50 mm/min a 20°C. Los resultados indican que la presencia de la geomalla causa una reducción en la adherencia en todos los casos probados; no obstante, se determinó que la tasa óptima de asfalto residual para CP de 10 cm fue de 0.30 L/m² sin geomalla y de 0.40 L/m² con geomalla, logrando un leve incremento al aplicar esta última tasa en dos etapas (50% inferior / 50% superior). Finalmente, el estudio concluyó que es necesario considerar un incremento en la tasa de liga en superficies lisas y se recomienda que la tasa de aplicación de la emulsión se divida, idealmente con 60% en la parte inferior y 40% en la superior, con el fin de asegurar la adecuada movilización de resistencia y anclaje del geo sintético, para asegurar una buena compactación en la unión de las superficies con el material interpuesto.

Han et al.[9] “Efectos de los parámetros de diseño y las condiciones de humedad en la fuerza de unión de la interfaz entre la capa de fricción delgada (TFC) y los pavimentos asfálticos subyacentes” La detección eficiente y precisa de grietas por una incorrecta compactación en pavimentos representa un reto crucial para la gestión y el mantenimiento de infraestructuras viales, es por ello, que este estudio se enfoca en desarrollar un método liviano y eficiente para la identificación de grietas en pavimentos. Para abordar esta limitación, se utilizó un enfoque experimental de laboratorio, donde la metodología se centró en un aparato de prueba de cizallamiento directo puro diseñado específicamente para evaluar la adherencia en una muestra de TFC de 5 mm de espesor sobre sustratos de asfalto con profundidades de textura que variaron de 0 a 1.2 mm; así mismo, se ensayaron tasas de ligante de 0 a 1.0 kg/m² y se utilizó una máquina universal de ensayo (UTM) como instrumento para aplicar una velocidad de desplazamiento constante de 50 mm/min a 25°C, incluyendo especímenes acondicionados en agua para simular la humedad. De acuerdo con los principales resultados, estos muestran que la precisión del modelo propuesto alcanza el 95,79 %, con un MAP del 81,07 % y un aumento del 79,6 % en la velocidad de procesamiento, facilitando no solo una identificación más rápida y precisa de las grietas, sino que también reduce los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil de las carreteras. Finalmente, las conclusiones establecen que la tasa de ligante de adherencia es el factor más determinante en la resistencia interfacial, seguido por la profundidad de la textura superficial, y se subraya que una composición optimizada del TFC solo ofrece una mejora leve en dicha resistencia, siendo crucial evitar tasas excesivas de ligante para prevenir la formación de un plano de deslizamiento.

Le et al.[10] “Evaluación de la condición de unión de la interfaz en las respuestas mecánicas de pavimentos asfálticos a escala real con y sin refuerzo de rejilla” En su investigación plantean el uso de mallas de fibra de vidrio como una solución eficiente y económica para reforzar los pavimentos asfálticos, lo cual origina que la investigación centre su enfoque en el análisis de la influencia de la condición de adherencia entre las capas de asfalto en el comportamiento del pavimento en estado no dañado. Por esta razón, se implementó un enfoque experimental a escala real (APT) en el carrusel de fatiga del Campus de Nantes, cuya muestra consistió en dos secciones instrumentadas: una Referencia (S1) con 350 g/m² de ligante residual y una Reforzada (S2) con una geomalla de 100 kN/m y 700 g/m² de ligante, ambas estructuras compuestas por 6 cm de capa superficial, 5 cm de base asfáltica, 30 cm de UGM y 260 cm de subrasante arenosa. Asimismo, se realizaron ensayos con sensores de deformación (L1, L2) y mediciones de deflexión con FWD bajo una carga de 65 kN. Los resultados confirmaron que la presencia de la geomalla reduce drásticamente la unión: el módulo equivalente de la capa

asfáltica en S2 fue aproximadamente un 38% menor que en S1, mientras que la rigidez de adherencia (K_s) obtenida por análisis inverso con el software Alizé, pasó de 63 MPa/mm en S1 a solo 4 MPa/mm en S2; de modo análogo, la resistencia a la tracción interfacial en las muestras de laboratorio disminuyó de 0.77 MPa (sin malla) a 0.22 MPa (con malla). Concluyendo así la geomalla introduce una condición de menor adherencia, similar al efecto de una capa SAMI, y por ende la metodología de análisis inverso con el parámetro (K_s) resulta ser una herramienta efectiva para la cuantificación precisa del estado de unión interfacial en el campo.

Yang et al.[11] “Evaluación unificada en laboratorio de la propiedad de adherencia entre capas en pavimentos asfálticos en función de parámetros de resistencia” Este artículo narra la problemática de las propiedades de unión entre capas de pavimentos multicapa por su gran impacto de vida útil y su desempeño estructural ; por ello, el objetivo central fue desarrollar una evaluación unificada en laboratorio de la propiedad de adherencia, combinando los parámetros de resistencia a cizallamiento, tracción y flexión para ofrecer una aproximación más completa a las condiciones de servicio. Su metodología fue experimental dado que está compuesto por ensayos, en donde se evaluó cinco tipos de capas de adherencia, que determino la tasa óptima de aplicación en función de la resistencia al corte entre capas ; así mismo, la muestra se realizó en probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 120 mm de altura, preparados con una capa de 60 mm de AC-20 y una capa superior de 60 mm de AC-13, y el instrumento principal fue un sistema de prueba universal MTS-810 para realizar los tres ensayos de resistencia a 25°C y una velocidad de carga de 50 mm/min para cizallamiento. Los resultados mostraron que existe una fuerte correlación entre los tres parámetros de resistencia, donde la resistencia a cizallamiento fue significativamente mayor (valores máximos entre 1.60 y 1.83 MPa) que la resistencia a flexión (máximos entre 0.40 y 0.61 MPa) y la resistencia a tracción (máximos entre 0.07 y 0.12 MPa). En conclusión, el estudio validó la viabilidad de utilizar el cizallamiento, la tracción y la flexión de manera conjunta para caracterizar las propiedades de unión, por cuanto propuso un método de evaluación unificado basado tanto en la rigidez como en los parámetros de resistencia para una caracterización más rigurosa de la adherencia entre capas.

West et al.[12] “Evaluación de la resistencia del enlace entre capas de pavimento”, el enfoque de la investigación se basa en la problemática de la poca adherencia entre capas asfálticas como causa de las fallas comunes como el deslizamiento, la fatiga prematura y la delaminación. A raíz de esto, el objetivo principal de la investigación, realizada en dos fases, fue desarrollar una prueba de laboratorio para medir la resistencia de la adherencia entre capas de pavimento, así como evaluar diferentes materiales de liga (CRS-2, CSS-1 y asfalto PG 64-22) y sus respectivas

tasas de aplicación. Para ello, se hizo un enfoque experimental dividido en dos etapas: una de laboratorio y otra en validación de campo, teniendo como consideración tres temperaturas de ensayo (10°C, 25°C y 60°C) y tres niveles de presión (0, 10 y 20 psi). Para las pruebas en laboratorio, se probaron emulsiones CRS-2 y CSS-1, y un aglutinante PG 64-22, revelando que la temperatura reduce significativamente la resistencia de unión. Finalmente, los resultados de la fase de laboratorio indicaron que la temperatura de ensayo es el factor más significativo, ya que la resistencia disminuye considerablemente al aumentar la temperatura, siendo que la resistencia a 140°F (60°C) fue típicamente menos del 20% de la resistencia a 77°F (25°C); por otro lado, se observó que el ligante PG 64-22 arrojó una mayor resistencia que las emulsiones, especialmente en mezclas de gradación fina a alta temperatura, y la aplicación de bajas tasas de ligante generalmente resultaron en una alta resistencia para las mezclas finas. Asimismo, la fase de campo, que involucró secciones de prueba en siete proyectos de pavimentación, concluyó que las superficies lisas mejoran significativamente la resistencia de la unión.

Al-Qadi et al.[13] “Optimización de la capa de adherencia para recubrimientos de HMA: pruebas de laboratorio”, los autores abordan la importancia de la unión entre capas de asfalto mezclado en caliente (HMA) y pavimentos de hormigón de cemento Portland (PCC), ya que esta unión puede afectar la durabilidad de las capas superpuestas en las carreteras. Teniendo como objetivo principal de estudio cuantificar los parámetros que impactan la deformación permanente del HMA. Para tal fin, la metodología empleada es de enfoque experimental de laboratorio, que fue la primera de las tres fases del proyecto; además, de la construcción de un dispositivo de cizallamiento directo que sirvió para determinar la resistencia de la interfaz HMA-PCC, mientras que las muestras se prepararon utilizando núcleos de PCC de campo con HMA y ligantes (SS-1h, SS-1hP y asfalto rebajado RC-70). Sin embargo, los resultados indicaron que las emulsiones asfálticas SS-1h y SS-1hP produjeron una mayor resistencia de adherencia que el asfalto rebajado RC-70, siendo la mezcla superficial SM-9.5 mejor que la mezcla de liga IM-19.0A; adicionalmente, la tasa de aplicación óptima residual para la emulsión SS-1hP con la mezcla IM-19.0A se estipuló en 0.04 gal/yd² (0.18 L/m²), lo cual indica que tienen un efecto significativo en la resistencia al corte de la interfaz, especialmente bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad. Es por ello que el autor concluye que la selección del tipo y tasa de ligante y las condiciones superficiales del PCC son fundamentales para optimizar la adherencia, recomendando el uso de emulsiones modificadas y la consideración de la temperatura y humedad en el diseño.

Almestri y Alotaibi [14] “Evaluación de la resistencia al corte de la interfaz del hormigón que contiene agregados de pavimento asfáltico recuperado tratados y sin tratar” La producción de

concreto contribuye significativamente a las emisiones de carbono y a la depleción de recursos naturales, lo que ha llevado a investigar la sustitución de materiales convencionales por elementos reciclados. Este estudio analiza el comportamiento de transferencia de corte en concreto, donde se utilizan agregados de pavimento asfáltico reciclado (RAP) mediante la aplicación de un tratamiento mecánico para mitigar efectos negativos. Para ello se utilizó un enfoque experimental de laboratorio, donde la metodología se basó en el ensayo de push-off, empleando 24 especímenes en total, con dimensiones de 250×550×125 mm; además, la muestra incluyó tres tipos de agregados (natural, RAP sin tratar y RAP tratado) y se varió la relación agua/cemento efectivo (W/c) a 0.64 y 0.40, junto con cuatro relaciones de refuerzo de sujeción (ρ) del 0.3% al 1.2%. Por ende, se obtuvieron mejores resultados para el uso de RAP ya que reduce la resistencia a la compresión y al empuje, destacando que la ratio de refuerzo es crucial, debido a que garantiza la resistencia última y residual, que proporciona así una base para evaluar la aplicabilidad de los códigos de diseño (ACI, PCI, AASHTO, CSA) con estos materiales reciclados.

Lu et al.[15] “Rendimiento de unión entre el hormigón de ultra alto rendimiento y la capa de pavimento asfáltico” El propósito fundamental de la investigación es estudiar la adherencia entre el concreto de ultra alto rendimiento (UHPC) y las capas de pavimento asfáltico para evitar el deslaminado en la interfaz entre ambos. Asimismo, se aplicaron cuatro técnicas de tratamiento en las superficies de UHPC: esparcido de gravillas, esparcido de bolas de acero, cepillado y ranurado, que fueron evaluados mediante ensayos de extracción y corte, donde se evaluó la resistencia a la adherencia. Se empleó MATLAB para extraer parámetros digitales de las superficies y se construyó una red neuronal para predecir la adherencia. Llegando a la conclusión de que todas las técnicas mejoran la adherencia, destacando en efectividad el cepillado con máquina. Debido a que, su precisión del modelo es alta, lo que resulta fundamental para mejorar la durabilidad de las estructuras de UHPC.

Das et al [16] “Investigación de las condiciones de adherencia del micropavimento aplicado sobre hormigón asfáltico” abordó la necesidad de garantizar que el micropavimento y el hormigón asfáltico subyacente trabajen como un sistema monolítico, previniendo fallas tempranas por deslizamiento y fatiga (planteamiento del problema). El objetivo fue investigar los factores que influyen en la adherencia en esta interfaz. La metodología empleó un enfoque experimental de laboratorio, utilizando el Ensayo de Cizallamiento como instrumento de evaluación a 25°C y una velocidad de 50.8 mm/min. La muestra incluyó interfaces con las emulsiones RR-1C, RR-2C, y RC1C-E, variando las tasas de aplicación en 0.5, 0.75 y 1.0 L/m². Los principales resultados indicaron que la emulsión RR-1C alcanzó la mayor resistencia al

cizallamiento con la tasa de 1.0 L/m². Sin embargo, la temperatura fue el factor más crítico, ya que la resistencia de la unión disminuyó drásticamente en todos los casos al someter las muestras a 50°C, confirmando la vulnerabilidad térmica de la interfaz. En conclusión, se determinó que la tasa de aplicación óptima se encuentra entre 0.75 y 1.0 L/m², siendo crucial controlar la temperatura del pavimento durante la aplicación para asegurar la durabilidad de la adherencia.

Bases técnicas

AASHTO-Guide for design of pavement structures- 1993

El propósito de esta guía es proporcionar parámetros sobre la aplicación de líquidos imprimantes (tack coats) para asegurar una adecuada adherencia entre capas asfálticas. Esta norma detalla los procedimientos y recomendaciones para la selección, preparación, y aplicación de imprimantes, incluyendo consideraciones para distintos tipos de emulsiones como las catiónicas y aniónicas. Estos puntos permiten abordar la importancia de la calibración de los equipos de aplicación y la uniformidad de las tasas de aplicación en función del tipo de superficie. Siendo, particularmente útil para investigaciones enfocadas en el uso de distintos tipos de líquidos imprimantes en cuanto a su influencia en el rendimiento de capas asfálticas en diferentes condiciones de pavimento [17].

Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – 2014

El manual tiene como finalidad establecer criterios técnicos homogéneos para el diseño y mantenimiento de pavimentos, garantizando la estabilidad estructural de las vías. De este modo permite diseñar capas superficiales y de rodadura que proporcionen una estabilidad estructural óptima y una mejora en el rendimiento económico. A su vez, este conjunto de criterios funciona como una herramienta para el modelo estructural de pavimentos, apoyándose en la práctica, el análisis de las particularidades y el comportamiento de los materiales, junto con las condiciones específicas que pueden afectar el desempeño del pavimento, como el tráfico, el clima y los sistemas de gestión vial[18].

Manual de Ensayo de Materiales – MTC 2016

El propósito de esta norma se basa en estandarizar el método y procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio, de campo, y de los materiales que se utilizaran en los proyectos de infraestructura vial, con el objetivo de asegurar que se cumplan los estándares de calidad propuestos tanto para los estudios, como para las obras y actividades de mantenimiento vial[19].

Ley General del Ambiente – N°28611

El objetivo fundamental de la ley es establecer los principios y normas básicas para la gestión sostenible del ambiente y asegurar el derecho de las personas con respecto a un entorno más saludable y equilibrado, mediante la regulación las acciones del hombre con relación a la naturaleza [20].

Bases teóricas

Pavimento

El pavimento es una estructura compuesta por varias capas, como la capa de concreto asfáltico (AC) y una base de soporte que descansa sobre la subrasante, las cuales tienen como objetivo proporcionar una superficie uniforme, resistente y segura, además de facilitar el desplazamiento tanto de los vehículos como los peatones de forma eficiente y cómoda[18].

Generalmente, cada una de las siguientes capas posee distintos parámetros y funciones:

Tabla I
CAPAS DEL PAVIMENTO

Capa de Rodadura	Parte superior del pavimento la cual puede ser de tipo flexible, rígida o de adoquines, cumple la función de soportar el tráfico vehicular, además de proporcionar una adecuada adherencia [21].
Base	Capa ubicada debajo de la capa de rodadura, que contiene material granular ($CBR \geq 80\%$) o tratada, su función es esparcir las cargas provenientes del tráfico hacia las capas inferiores, proporcionando durabilidad [21], [22].

Tipo de Pavimento

Según el manual de carreteras [18] el pavimento se clasifica de la siguiente manera:

Pavimento Flexible

El pavimento flexible es un conjunto de capas compuesto por una capa superior bituminosa o asfáltica, que proporciona una superficie de rodadura, apoyada en capas subyacentes como la base y la subbase, que descansan sobre la subrasante, las cuales a su vez están compuestas por materiales tipo granulares que son de gran aporte para la creación de este tipo de afirmado. Sin embargo, su diseño depende de factores como el tipo de tránsito, las condiciones de adherencia y climáticas del área, los cuales requieren un mantenimiento frecuente para evitar el deterioro causado por exudaciones o fisuras reflejadas [23].

Fallas en pavimentos flexibles

Las fallas en pavimentos flexibles pueden clasificarse en dos categorías principales: superficiales y estructurales, dependiendo de su origen y la gravedad de los daños [24].

Según la Norma ASTM-D6433-03 mediante la metodología PCI estos son algunos de los daños que se evidencia de forma continua en los pavimentos:

- **Exudación:** Se entiende que, si la capa superior no está bien adherida, pueden emerger manchas o segregación de asfalto, lo cual reduce la fricción y genera riesgos para los vehículos [24].
- **Fisuras:** Estas fisuras se originan en capas inferiores y, debido a la mala adherencia, se transmiten hasta la superficie del pavimento, acelerando su deterioro [24].
- **Ondulaciones y deformaciones plásticas:** La falta de unión adecuada permite movimientos entre capas bajo la acción del tráfico, lo que provoca deformaciones permanentes como corrugaciones [24].

Mezcla Asfáltica

Comúnmente conocidos como aglomerados, están definidos como una combinación de agregados minerales y ligantes asfálticos de diferentes granulometrías que influyen directamente en sus propiedades físicas de la mezcla como su rendimiento.

Su composición general contiene aproximadamente un 90% de agregados pétreos, un 5% de filler, y otro 5% de ligante asfáltico. Estas proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el comportamiento funcional de la misma como pavimento [25].

Clasificación de las mezclas asfálticas

Existen diferentes tipos de mezclas que cumplen diversos criterios, como la temperatura, el tipo de agregado utilizado, la densidad de la mezcla y el uso específico en el pavimento. De este modo, se pueden distinguir mezclas en caliente, en frío o modificadas, cada una diseñada para responder condiciones particulares de tránsito, clima y requerimientos estructurales.

Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Nos indica en [25], es un tipo de mezcla que se produce al calentar los agregados y el ligante asfáltico a temperaturas elevadas; compuesta por un 93 a 97 % de agregado pétreo y por un 3 a 7 % de asfalto, con respecto a la masa total de la mezcla que permiten un recubrimiento adecuado de los materiales y una correcta trabajabilidad.

Componentes de la mezcla asfáltica en caliente

a) Cemento asfáltico

Es un aglomerante denso de color negro que se obtiene como residuo de la destilación fraccionada del petróleo. De acuerdo con la normativa vigente, el cemento asfáltico debe cumplir con especificaciones como la clasificación por grado de penetración, punto de ablandamiento, viscosidad y ductilidad, para garantizar un desempeño adecuado frente a las condiciones de carga y clima del proyecto. En nuestro país, se utilizan principalmente cementos asfálticos de grado AC-20 y AC-30, seleccionados en función de la temperatura de servicio y el volumen de tránsito esperado. Además, el cemento asfáltico debe ser compatible con los agregados y estable frente a la oxidación y el envejecimiento, factores que podrían reducir la vida útil del pavimento si no se controlan adecuadamente [26].

Tabla II

TEMPERATURA MEDIA ANUAL DEL CEMENTO ASFALTICO

Temperatura Media Anual			
24°C o más[26]	24°C - 15°C[26]	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 ó modificado[26]	60-70[26]	85-100 120-150[26]	Asfalto Modificado

Fuente: Tipo de cemento asfáltico [26]

Tabla III

CEMENTO ASFALTICO CLASIFICADO POR PENETRACIÓN [26]

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min.	máx.	min.	máx.	min	máx.	min.	máx.	min.	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100g, 5 s, 0.1 mm[26]	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm[26]	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %[26]	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica)[26]	MTC E 304	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
Ensayo de Mancha (Oliensies)[26]											
Solvente Nafta - Estándar [26]	AASHTO M 20	-		-		-		-		-	

Solvente Nafta - Xileno, % Xileno[26]		-	-	-	-	-					
Solvente Heptano - Xileno, %Xileno[26]		-	-	-	-	-					
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3.2 mm, 5h [26]											
Pérdida de masa, % [26]	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %[26]	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5cm/mm, cm[26]	MTC E 306			50		75		100		100	

Tabla IV

CEMENTO ASFÁLTICO CLASIFICADO POR VISCOSIDAD [26]

Características	Grado de Viscosidad [26]				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises[26]	250±50	500±100	1.000±200	2.000±400	4.000±80
Viscosidad Cinemática, 135°C St. mínimo[26]	80	110	150	210	300
Penetración 25°C, 100gr, 5s mínimo[26]	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo[26]	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina[26]					
> Viscosidad Absoluta 60°C, Poises máximo[26]	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000
> Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo.[26]	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) [26]					
Solvente Nafta - Estándar [26]	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta - Xileno, %Xileno[26]	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano - Xileno, % Xileno[26]	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

b) Filler

En la norma [26] nos dice que, es un material mineral fino que pasa en su totalidad por el tamiz N°200 (0,075 mm) y cumple funciones fundamentales en la mezcla asfáltica, como mejorar la cohesión y la estabilidad. Su incorporación debe realizarse controlando su calidad y cantidad, ya que un exceso o deficiencia puede generar daño por humedad y la durabilidad.

c) Agregados pétreos

Son materiales granulares inertes retenidos en la malla N°4, estos deben estar libres de agregados que entorpezcan sus propiedades de textura, adherencia en mezcla. Se dividen tanto en agregado grueso, los cuales son retenidos por el tamiz N°4, como agregado fino obtenido durante la retención del material en el tamiz N°200 [26].

Tabla V
ENSAYO DE AGREGADOS FINOS [26]

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5 % máx.	0,5 % máx.
Absorción**	MTC E 205	0,5 máx.	0,5 máx.

Si bien la normativa nos dice que los agregados gruesos son compuestos por grava natural o piedra triturada. Los cuales deben estar limpios y exentos de materiales contaminantes que puedan dañar significativamente su trabajabilidad y durabilidad, para así prolongar su vida útil.

Tabla VI
ENSAYO DE AGREGADOS GRUESOS [26]

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	> 3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
índice de Durabilidad	MTC E 214	35% min.	35% min.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción*	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

Clasificación de los agregados

La clasificación de los agregados se realiza según el SUCS principalmente en función de su tamaño, origen y densidad, a todo material que ha sido retenido en el tamiz N°4.

- **Gradación del MAC**

Según el MTC los materiales pétreos que se emplearan en la mezcla asfáltica en caliente deben cumplir los siguientes requerimientos normados [26].

Tabla VII

Tipos de gradación MAC [26]

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
122,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N°4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N°10)	29-45	38-52	43-61
425 um (N°40)	14-25	17-28	16-29
180 um (N°80)	8-17	8-17	9-19
75 um (N°200)	4-8	4-8	5-10

Mezcla de agregados

Para realizar correctamente la mezcla asfáltica se deben tomar en cuenta ciertos parámetros normativos que nos permitan cumplir los requerimientos de la MTC los cuales se ven reflejadas según los ensayos estipulados.

Tabla VIII

REQUERIMIENTOS DE MEZCLA ASFÁLTICA [26]

Ensayos	Clase de Mezcla[26]		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, numero de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)[26]	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver tabla 423-10		
Inmersión - Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (min)	75	75	75
Relación Polvo - Asfalto (2)	0,6 - 1,3	0,6 -1,3	0,6 -1,32
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700 - 4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 min.		

Asfalto

Es un compuesto viscoso y adhesivo, el cual se encuentra como componente del petróleo crudo. Su uso es amplio en el ámbito de la ingeniería de carreteras destacado por ser un aglutinante eficaz, debido a su comodidad y resistencia[27].

Propiedades del asfalto

- **Adhesión y Cohesión**

Esta propiedad permite correctamente la adherencia de los agregados de la mezcla para la correcta funcionalidad garantizando la integridad del sistema asfáltico. Mientras que la cohesión hace referencia a la capacidad de resistencia ante las deformaciones sin desintegrarse [28].

- **Susceptibilidad térmica**

Debido a su naturaleza viscoelástica, el asfalto se comporta como un material rígido a bajas temperaturas y como un fluido viscoso a temperaturas elevadas, Esto influye notablemente en su capacidad para resistir fisuras térmicas y deformaciones plásticas según sea el caso[28].

- **Endurecimiento y Envejecimiento**

Esta propiedad es examinada por un método químico llamado oxidación, que tiene como primordial elemento el oxígeno. Se manifiesta como un incremento en la rigidez del ligante debido a la pérdida de componentes volátiles y a la oxidación de las fracciones del asfalto[28].

Adherencia

Nos quiere decir en esta investigación [29], [30] la adherencia se define como la capacidad de unión entre dos superficies, evitando que uno se deslice sobre otro. Esta unión es esencial para asegurar la transferencia eficiente de cargas entre capas, evitar deslizamientos y prolongar la vida útil del pavimento. Sin embargo, si la adherencia es insuficiente, pueden surgir problemas como delaminaciones, fisuras y fallos prematuros en el pavimento.

Factores que influyen en la propiedad de la adherencia

- **Tiempo de curado del imprimante:** Un imprimante mal curado puede no desarrollar su capacidad adhesiva, por lo que reduciría la eficiencia de la unión.
- **Limpieza de la superficie base:** La contaminación entre capas es un factor no despreciable que afecta la resistencia de la unión. La existencia de suciedad, polvo, aceites o restos de materiales anteriores dificultan la interacción química y mecánica entre la base y la capa de rodadura [31].

- **Textura de la superficie:** La unión entre capas suele darse de manera correcta en capas inferiores con mayor rugosidad superficial, en decir, se debe tener una buena relación en estos puntos clave como la textura de la superficie con la tasa de aplicación y el tipo de mezcla asfáltica, logrando así una resistencia de unión máxima[31].
- **Calidad de la compactación:** Una compactación insuficiente deja espacios vacíos que reducen la adherencia entre capas. La aplicación de presión adecuada asegura el contacto óptimo entre superficies.

Métodos para la evaluación de adherencia entre capas

Ensayo de tracción indirecta

ASTM D6931 el “Método de ensayo estándar para la resistencia a la tracción indirecta de mezclas asfálticas”.

Es un método utilizado para evaluar la resistencia a la tracción de los materiales de concreto asfáltico, especialmente para determinar su adherencia y durabilidad. Este ensayo se basa en la aplicación de una carga a lo largo del diámetro de una muestra cilíndrica de asfalto, inducida a partir de la compresión, lo que provoca un fallo por tracción en el material[32].

Ensayo de cizallamiento en interface

ASTM D 5321: "Método de ensayo estándar para la resistencia al corte directo de materiales de pavimento”.

Es un método utilizado para evaluar la adherencia entre diferentes capas en un sistema de pavimento, especialmente en la unión de la capa de rodadura con la base. Este tipo de ensayo se centra en medir la resistencia al corte en la interfase de las capas de material, que es crucial para el análisis de índices como la durabilidad y desempeño del pavimento [1], [33].

Ensayo de adherencia de capas NLT-382

NLT 382: “Ensayo de adherencia entre capas”

Es un método que permite evaluar la resistencia al deslizamiento entre dos capas de un pavimento bituminoso, comúnmente entre la base y la capa de rodadura. Este ensayo es fundamental para garantizar una adecuada transmisión de esfuerzos y evitar fallas prematuras, como el desprendimiento o el agrietamiento por fatiga [34].

Procedimiento

- Se realiza la limpieza de la superficie de ambas capas de la muestra, eliminando polvo, partículas sueltas o residuos.
- Luego se da la colocación del disco metálico con un diámetro típico: 50 mm, presionando ligeramente para asegurar contacto total.

- Se usa la cortadora con corona diamantada para hacer un corte circular alrededor del disco, con una profundidad que alcance hasta la capa base, sin atravesarla por completo.
- Conectar el disco al sistema de tracción de manera que la fuerza aplicada sea estrictamente vertical y centrada.
- Iniciar la aplicación de carga de forma continua y controlada, hasta que se produzca el desprendimiento entre capas o rotura.
- Finalmente se calcula dividiendo la carga máxima obtenida entre el área del disco metálico.

$$T_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Donde:

T_c = esfuerzo cortante (MPa),

P = carga máxima (kN),

A = área del disco (m²).

Líquido imprimante

Nos indica que es la aplicación controlada de un ligante bituminoso (como emulsión asfáltica o asfalto diluido) entre la base y la capa de rodadura. Es aplicado sobre una superficie asfáltica, o de concreto de cemento portland, previa a la colocación de otra capa bituminosa, para garantizar una unión firme que permita la transferencia eficiente de cargas[35].

Tipos de imprimantes

- **MC-30:** Es un ligante asfáltico catiónico de rotura rápida, lo que significa que se separa rápidamente del agua al entrar en contacto con el agregado, formando una película adhesiva de asfalto. Su principal objetivo es mejorar la adherencia entre capas de pavimento, como la base y la capa de rodadura, garantizando una unión firme que evita problemas de desprendimiento bajo el tráfico [36].
- **RC-250:** Es un tipo de asfalto cortado de curado rápido que se utiliza en aplicaciones de pavimentación y sellos superficiales. Este se compone de una mezcla de cemento asfáltico de penetración y solventes ligeros, lo que reduce su viscosidad y facilita su aplicación, especialmente en temperaturas más bajas. A medida que se aplica, el solvente se evapora, permitiendo que el asfalto forme una película sólida que proporciona adherencia y resistencia[37].
- **CRS-1:** Es un ligante asfáltico catiónico de rotura rápida, lo que significa que se separa rápidamente del agua al entrar en contacto con el agregado, formando una película adhesiva de asfalto. Su principal objetivo es mejorar la adherencia entre capas de

pavimento, como la base y la capa de rodadura, garantizando una unión firme que evita problemas de desprendimiento bajo el tráfico[36].

Ensayos físicos de laboratorio

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS AASHTO T 27, ASTM D422 (MTC E 107-2000)

Este método determina la distribución del tamaño de las partículas del agregado mediante tamizado en seco y/o húmedo, con el fin de alcanzar la conformidad de las especificaciones técnicas.

Equipos de laboratorio

- Balanza para el peso de la muestra.
- Tamices 1", 3/4", 1/2", 3/8", 4".
- Taras de tamaño prudente para la colocación de la muestra.

Procedimiento

- Se prepara una columna de tamices estándar, dispuestos de mayor a menor abertura, para que cumplan las especificaciones normadas.
- Pesar la muestra seca en una balanza adecuada (observando que se encuentre en un valor inicial de 0)
- Colocar la muestra sobre el tamiz superior de la columna formada, para proceder agitarla durante un tiempo previsto de 10 minutos.
- Retirar de manera cuidadosa cada tamiz para realizar el pesado del material retenido y compararlo con el peso inicial obtenido.

ENSAYO DE ABRASIÓN POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES ASTM C-131 Y ASTM C-535

Este ensayo mide la durabilidad mecánica del agregado frente a las condiciones de tráfico, transporte y manipulación.

Equipos de laboratorio

- Máquina de Los Ángeles
- Esferas de acero (diámetro \approx 47 mm)
- Balanza (precisión 0.1 g)
- Recipientes

Procedimiento

- Preparación de la muestra en cantidades variables entre 5 – 10Kg, que será llevado al horno para su secado en totalidad.
- Se coloca dicha muestra en el tambor de la máquina de los ángeles con las esferas de acero, configurando de giros de 30 – 33 rpm durante 500 revoluciones completas.

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

Ilustración 1 Según el tipo de gradación - MTC E 207 - 2000

- Extracción del material para su tamizado por la malla N°12 de lo obtenido por el proceso de la máquina. Seguido, se realiza luego el pesaje de los que paso por la malla respectivamente.

ENSAYO DE IDENTIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS - MTC E 221

Equipos de laboratorio

- Calibrador
- Balanza (precisión 0.1%)
- Taras para reposo de muestra

Procedimiento

- Se preparan alrededor de 100 a 150 partículas que pasen por 1½” y retengan en 3/8”.
- Para luego clasificarlos en relación de su longitud y forma para determinar el tipo de elemento sea chata, alargada o normal.
- Por último, se pesan las muestras clasificadas para realizar su análisis de cálculo.

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

Ilustración 2 Proporciones de muestra MTC E 206 – 2000

ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS - ASTM D 5821

Equipos de laboratorio

- Balanza (precisión 0.1%)
- Superficie plana para inspección
- Muestras representativas del agregado

Procedimiento

- Se toma como muestra 5 kilos de agregado grueso (piedra) para poder realizar el tamizado las cuales deben pasar por 1 ½” (37.5 mm) y retener en 4.75 mm (Nº4).
- Luego, se procede hacer la inspección visual para cada partícula individualmente, teniendo en cuenta su clasificación (sin cara fracturada, con una cara fracturada o con dos o más caras fracturadas).
- Por último, se registran dichos datos y se procede a su pesaje correspondiente.

Tamaño Máximo Nominal Muestra de ensayo mínima mm (pulg.)	Abertura Cuadrada, mm (pulg.) Masa, g (aprox. lb.)
9,5 (3/8)	200 (0,5)
12,5 (1/2)	500 (1)
19,0 (3/4)	1 500 (3)
25,0 (1)	3 000 (6,5)
37,5 (1 ½”)	7 500 (16,5)
50,0 (2)	15 000 (33)
63,0 (2 ½)	30 000 (66)
75,0 (3)	60 000 (132)
90,0 (3 ½)	90 000 (198)

Ilustración 3 Especificaciones del ensayo de caras fracturadas

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS (MTC E 219 – 2000)

Determina la presencia de sales solubles, como cloruros y sulfatos, en los agregados utilizados.

Equipos de laboratorio

- Agua destilada
- Taras
- Papel filtro
- Vasos precipitados

Procedimiento

- Se deja secar la muestra en el horno a 110°C en una tara respectivamente.
- Separar la cantidad de 500 gramos de agregado el cual debe estar libre de impurezas.
- Colocar la muestra en un recipiente de vaso limpio, para luego verter el agua destilada y que de esa forma se proceda a mezclar.
- Dejar reposar durante 24 horas la muestra totalmente sellada para evitar el contacto con otras partículas.
- Luego del tiempo de reposo, se procede hacer uso del papel filtro para procesar la solución reposada.
- Después de enfriar el recipiente con la muestra, se realiza a calcular su volumen, el cual debe ser mayor para solidificar por evaporación.

ENSAYO DE DURABILIDAD - ASTM C88

Nos dicen que este ensayo evalúa la resistencia de los agregados a la desintegración causada por cristalización de sales (sulfato de magnesio) tras ciclos de inmersión y secado.

Equipos de laboratorio

- Mallas de tamiz 3/4", 3/8", 4"
- Taras
- Balanza
- Horno (Temperatura 110 +/- 5°C)

Procedimiento

- En primer lugar, se preparan las muestras para sumergirlas en la solución por un periodo de tiempo de 16 horas.
- Una vez transcurrido el tiempo, se deben meter al horno a la temperatura de 110°C para dejarlas secar.
- Se procede a retirar las muestras para que se enfríen y se realicen pesados en intervalos de 4 horas.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS AASHTO T-27, ASTM D422 (MTC E 107-2000)

Este ensayo nos permite determinar la clasificación del tamaño de las partículas del agregado fino, mediante el tamizado con el fin de clasificarlo y verificar si cumple con las especificaciones para su uso en el asfalto.

Equipos de laboratorio

- Balanza con precisión de 0.1g
- Tamices 4", 10", 40", 50", 100" y 200".
- Bandeja
- Horno a 110 +/- 5°C

Procedimiento

- Se realiza la preparación de la muestra de 500g, para luego dejar secar en el horno para que alcance su peso constante.
- Procedemos a realizar el tamizado en orden, por otro lado, lavar la muestra con el tamiz separada con el tamiz N°200.
- Procedemos por último a pesar el material y calcular los porcentajes de lo retenido y acumulado.

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D 2419, AASHTO T 176 (MTC E 114 – 2000).

Este ensayo nos ayudara a determinar la proporción relativa de materiales finos plásticos (arcillas) respecto al no plástico (arena) presente en nuestra muestra de finos.

Equipos de laboratorio

- Cilindro graduado de plástico
- Solución estándar de cloruro de calcio + glicerina + formalina
- Tubo irrigador
- Varilla de compactación (3 mm)
- Embudo
- Cronometro
- 2 botellas de agua destilada (1 lt c/u)

Procedimiento

- Se realiza la preparación de la solución estándar en una botella de agua destilada en proporciones normadas en este caso 85ml por 30 segundos.

- Luego se procede a verter la muestra de arena o afirmado con ayuda de un embudo a los cilindros graduados junto con la solución ya preparada.
- Se deja reposar dicha mezcla durante 20-30 minutos para proceder a su lectura, y así determinar los niveles de finos en suspensión.

AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57)

El objetivo del ensayo es calcular la cantidad de partículas finas activas presentes en una muestra de agregado fino mediante la adsorción de azul de metileno. Permitiendo así la reactividad del material y su influencia negativa en mezclas asfálticas.

Equipos de laboratorio

- Balanza de precisión
- Azul de metileno en solución (normalmente 1 g/L)
- Papel filtro
- Agitador manual
- Tamiz N°200 (para preparar la muestra)

Procedimiento

- En primer lugar, se realiza la preparación de 10g de muestra separada y tamizada por la malla N°200, que será preparada con agua destilada en un vaso precipitado.
- Se procede agitar de manera manual la suspensión para dispersar bien las partículas.
- Posterior a ello, se añade la solución de azul de metileno mezclándose con la muestra preparada previamente, que luego se colocara gota a gota sobre el papel filtro.
- Finalmente, se alcanza a observar un color azul persistente alrededor de la gota en el papel filtro. Este indica que las superficies de las partículas ya están saturadas.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MTC E 111 – 2000)

Sirve para determinar el índice de plasticidad (IP) de un suelo, definido como la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). Este parámetro caracteriza el comportamiento plástico del suelo fino (arcillas y limos), esencial para su clasificación y evaluación de comportamiento.

Equipos de laboratorio

- Dispositivo de Casagrande
- Espátulas

- Placas de vidrio y superficie para rodar
- Recipientes metálicos para muestras
- Balanza (precisión 0.01 g)
- Agua destilada

Procedimiento

- En primera instancia se debe pesar y tamizar el material correspondiente por la malla N°200, para luego proceder a obtener la pasta que se logra con la mezcla de la muestra y agua destilada.

Limite liquido

- Se coloca la muestra en el dispositivo de Casagrande, para realizar el corte con la cuchilla en forma de “V”. Seguido a ello se realiza el conteo de golpes hasta lograr cerrar la ranura 13 mm.

Limite plástico

- Para determinar este estado, a partir de la mezcla reposada por 24 horas se realizan rollitos de 3 mm de diámetro. Cuando el rollito se rompe a esa medida podremos determinar su límite, para lo cual es recomendable realizar tres repeticiones.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION EN AGREGADOS FINOS (MTC E 205)

Este ensayo busca determinar el peso específico del material en distintas condiciones (seca, saturada y superficialmente seca, y sumergida), como parte fundamental de un material para un diseño.

Equipos de laboratorio

- Balanza (precisión 0.01 g)
- Cono metálico
- Recipientes para inmersión y secado.
- Matraz
- Agua destilada

Procedimiento

- Realizar la preparación de la muestra para ser tamizada por la malla N°4.
- Seguido a ello se procede a saturar la muestra con agua por 24 horas.
- Finalmente, se determina el estado SSD mediante el cono de prueba, por ello la muestra no debe dejar agua libre ni estar seca al tacto, obteniendo así las tres gravedades específicas y la absorción.

Materiales y métodos

Materiales

Los materiales que se emplearan para el desarrollo esta investigación son:

- **Agregados**

Estos serán adquiridos de la cantera Tres Tomas Ferreñafe, que se ubica en el departamento de Lambayeque.

- **Filler**

Se empleará un Cemento Portland tipo I, con el fin de mejorar la adherencia de la mezcla y su consistencia.

- **Cemento asfáltico**

Se utilizará un PEN 60/70 de la empresa REPSOL, cuyas especificaciones se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla IX
FICHA TÉCNICA REPSOL

NOMBRE COMERCIAL				CEMENTO ASFALTICO 40/50		CEMENTO ASFALTICO 60/70		CEMENTO ASFALTICO 85/100		CEMENTO ASFALTICO 120/150	
PARAMETROS	NTP/ASTM	AASHTO	Otros	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
				PENETRACION							
Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	D5	T49		40	50	60	70	85	100	120	150
DUCTILIDAD											
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51		100		100		100		100	
VOLATILIDAD											
Punto de Inflamación, °c	D92	T48		232		232		232		232	
Gravedad Específica a 15.6°C	D70	T228		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
FLUIDEZ											
Punto de Ablandamiento, °C	D36			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D445			Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D2170	T201		Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	
SOLUBILIDAD											
Solubilidad en tricloroetileno, %m	D2042	T44		99.0		99.0		99.0		99.0	
ENSAYOS DE PELICULA FINA 3.2 mm; 163°C; 5 horas											
Pérdida por calentamiento, %m	D1754	T179			0.8						
Penetración retenida, 100g, 5s, 0.1 mm, % del original	D5	T49		58		54		50		46	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D113	T51				60		75		100	
OTROS											
Índice de Penetración			UNE 104-281	Reportar		Reportar		Reportar		Reportar	

Ensayo de la Mancha (Spot Test)		T102		Reportar	Reportar	Reportar	Reportar
---------------------------------	--	------	--	----------	----------	----------	----------

- **Líquido Imprimante**

Este líquido imprimante será un MC-30 que cumple la función de adherente entre las capas del pavimento. Para este proyecto se adquirirá el producto por galones en la empresa ASFALTO PERÚ[38].

Tabla X
FICHA TÉCNICA PETROPERU [38]

ENSAYO	ESPECIFICACIONES		MÉTODO	
	Min.	Máx.	ASTM	AASHTO
FLUIDEZ				
Viscosidad cinemática a 60°C, cSt	30	60	D-2170	T-201
VOLATILIDAD				
Gravedad API 15.6°C (60°F)	Reportar	Reportar	D-3142	T-295
Gravedad específica a 15.6/15.6°C (60/60°F)	Reportar	Reportar	D-3142	T-295
Punto de inflamación, Tag.copa abierta, °C	38		D-3143	T-79
DESTILACIÓN				
a 225°C		25		
a 260°C	40	70		
a 316°C	75	93		
Residuo de destilación a 360°C, %V por diferencia	50			
Pruebas sobre el residuo de la destilación				
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 0.1mm o Viscosidad absoluta a 60°C, poises	120	250	D-5	T-49
	300	1200	D-2171	T-202
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51
Solubilidad, % masa	99		D-2042, D7553	T-44
CONTENIDO DE AGUA, % V		0.2	D-95	T-55

Tipo de investigación

El tipo de investigación desarrollada es aplicada, cuantitativa y experimental, pues se fundamenta en bases teóricas existentes con el propósito de encontrar soluciones prácticas que puedan implementarse en la construcción de pavimentos asfálticos, mejorando la adherencia entre capas mediante el uso de líquidos imprimantes. De acuerdo con el periodo (control de la medición de la variable de estudio), la investigación es de tipo prospectivo, ya que la recolección de los datos se realizará de forma controlada durante la ejecución de los ensayos de laboratorio. Se elaborarán y evaluarán briquetas de base-asfalto a las que se aplicarán distintos

tipos de líquidos imprimantes, registrando los valores de adherencia obtenidos mediante ensayos normalizados. Este enfoque permitirá diseñar pruebas específicas que aseguren la precisión de los datos y faciliten la identificación del comportamiento de las uniones entre capas, en función del tipo de imprimante empleado.

Según la evolución del fenómeno (número de mediciones), el estudio se clasifica como transversal, ya que se efectuará una única medición de la variable dependiente (adherencia) por cada muestra elaborada. De esta manera, se evaluará la resistencia al corte entre la base y la capa de rodadura en un solo momento experimental, después de la aplicación y secado del imprimante correspondiente, lo que permitirá comparar los resultados entre los diferentes tipos de tratamiento.

De acuerdo con la manipulación de variables y el control experimental, la investigación se considera de tipo experimental, pues se controlarán las condiciones del entorno (temperatura, humedad, tiempo de aplicación, tipo de material base, etc.) y se manipulará la variable independiente (el tipo de líquido imprimante) para determinar su efecto sobre la variable dependiente (la adherencia entre capas del pavimento). Este diseño permitirá establecer relaciones causales entre los tratamientos aplicados y los resultados obtenidos.

Asimismo, dada la naturaleza del análisis de los resultados, el estudio es analítico, ya que no solo se observarán los valores de adherencia obtenidos, sino que también se examinarán las variaciones entre los distintos imprimantes, considerando factores como su composición, penetración y viscosidad, con el fin de comprender su influencia en la adherencia y durabilidad del sistema de capas.

Finalmente, en función de la comparación de grupos o poblaciones, la investigación se clasifica como comparativa, pues busca contrastar los valores de adherencia obtenidos al aplicar diferentes tipos de líquidos imprimantes sobre una misma base. Esta comparación permitirá determinar cuál de los productos evaluados proporciona un mejor desempeño en la unión entre la base y la capa de rodadura, ofreciendo información útil para la selección del imprimante más eficiente en proyectos de pavimentación.

Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación presenta un diseño EXPERIMENTAL de tipo descriptivo correlacional, esto debido a que permitirá obtener una comprensión profunda del objeto de

estudio, describiendo detalladamente las variables involucradas y estableciendo una relación existente entre la propiedad de la adherencia y el líquido imprimante. El presente estudio busca comparar las aplicaciones de líquidos imprimantes como adherente entre la capa base y capa de rodadura de concreto asfáltico. A través de una exhaustiva revisión teórica y su aplicación en muestras realizadas a prototipo real, se pretende determinar cuál de estos líquidos imprimantes resulta más eficiente y riguroso, validando así la hipótesis planteada.

$$Ga \rightarrow O1 \rightarrow O2$$

$$Gd \rightarrow O3 \rightarrow O4$$

Donde:

Ga y *Gd*: Grupos de sujetos de control y experimental

Ga : Grupo experimental (donde se le aplica los líquidos imprimantes).

Gd: Grupo control (sin imprimante).

O1 y *O3*: Mediciones de adherencia (preprueba).

O2 y *O4*: Mediciones de adherencia (posprueba).

Hipótesis

Aplicando diferentes tipos de líquido imprimante mejorará la adherencia entre la capa base y capa de rodadura de concreto asfáltico.

Nivel de investigación

En este aspecto, el proyecto se puntualiza como descriptivo y correlacional, ya que permitirá obtener una comprensión profunda del objeto de estudio, describiendo detalladamente las variables involucradas y estableciendo una relación existente entre la propiedad de la adherencia y el líquido imprimante.

Operacionalización de variables

TABLA XI
VARIABLES INDEPENDIENTES

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición	Instrumento de medición
Independiente							
Líquido imprimante	Es un producto asfáltico líquido de baja viscosidad que se aplica sobre una base granular no ligada (o subbase) antes de colocar la primera capa asfáltica. [18]	Es el proceso de aplicar una tasa volumétrica específica de un material asfáltico definido sobre una base granular limpia para garantizar la penetración y el curado antes de la construcción de la capa asfáltica. [1].	Propiedades físico-químicas/ Condiciones de aplicación	Viscosidad	cP (Centipoises)	Razón	Especificación técnica del producto
				Dosificación	L/m ²		Control mediante báscula y boquillas de aspersión
				Tiempo de curado	Días		Registro del tiempo

TABLA XII
VARIABLES DEPENDIENTES

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición	Instrumento de medición
Dependiente							
Adherencia entre capas	Es la unión efectiva entre la base y la capa de rodadura del pavimento, que permite la transmisión conjunta de esfuerzos y evita fallas prematuras[1].	Se mide mediante ensayos de laboratorio que evalúan la resistencia al deslizamiento o al corte entre la base y la capa de rodadura, expresada en términos de esfuerzo cortante o energía necesaria para separar ambas capas[30].	Resistencia al corte	Resistencia al esfuerzo cortante	MPa	Razón	Ensayo de Cizallamiento en Interface (ASTM D5321)
			Resistencia a la tracción indirecta	Resistencia ITS	MPa		Ensayo de Tracción Indirecta (ASTM D6931)
			Resistencia a tracción en el plano	Carga máxima soportada en la interfaz	kPa (kilopascales)		Ensayo de adherencia (NLT-382)

Tabla XIII
VARIABLES INTERVINIENTES

Variables de estudio Intervinientes	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Rango	Instrumento de medición
Humedad	Cantidad de vapor de agua	Medición del vapor de agua presente en el aire o en el material	Higrométrica	Humedad relativa	%	2%-4%	Higrómetro
Temperatura	Grado de calor o frío	Medición del calor o energía cinética de las partículas de una sustancia	Termodinámica	Grado centígrado (Celsius)	°C	10 °C a 50 °C	Termómetro

Población y muestra

Población

Para la presente investigación se considerará como población de estudio a los pavimentos flexibles delimitados en la zona céntrica de Chiclayo como muestra para poder analizar la adherencia mediante ensayos óptimos de corte y cizallamiento[39].

Muestra

Entorno a la muestra elegida, debemos considerar 108 briquetas con diferentes dosificaciones considerando las repeticiones de los ensayos a realizar debidamente normados, los cuales se describen a continuación[39]:

- 3 briquetas con una base y capa de rodadura de concreto asfáltico convencional, sin modificación que representara la muestra patrón.
- 3 briquetas con una base y capa de rodadura de concreto asfáltico convencional, con 0.3 l/m², 0.5 l/m² y 0.6 l/m² de líquido imprimante convencional.
- 3 briquetas con una base y capa de rodadura de concreto asfáltico convencional, con 0.3 l/m², 0.5 l/m² y 0.6 l/m² de líquido imprimante modificado (MC-30).
- 3 briquetas con una base y capa de rodadura de concreto asfáltico convencional, con 0.3 l/m², 0.5 l/m² y 0.6 l/m² de líquido imprimante modificado (RC-250).
- 3 briquetas con una base y capa de rodadura de concreto asfáltico convencional, con 0.3 l/m², 0.5 l/m² y 0.6 l/m² de líquido imprimante modificado.

Tabla XIV**MUESTRAS PARA ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE**

ENSAYO	PROBETAS	Nº DE PROBETAS	TOTAL
Resistencia al corte	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	36
	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A(0.3l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A (0.5 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A (0.6 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.3l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.5 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.6 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.3l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.5 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.6 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	

Tabla XV**MUESTRAS PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA**

ENSAYO	PROBETAS	Nº DE PROBETAS	TOTAL
Resistencia la tracción indirecta	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	36
	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A(0.3l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A (0.5 l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A (0.6 l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.3l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.5 l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.6 l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.3l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.5 l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.6 l/m ²) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	

Tabla XVI
MUESTRAS PARA ENSAYO DE ADHERENCIA

ENSAYO	PROBETAS	N° DE PROBETAS	TOTAL
Ensayo de adherencia	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	36
	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A(0.3l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A (0.5 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante A (0.6 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.3l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.5 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante B (0.6 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.3l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.5 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	
	Capa base + imprimante C (0.6 l/m2) + Capa de rodadura de concreto asfaltico	3	

Muestreo

Para el desarrollo de la presente investigación ha sido necesario el aplicar ciertos puntos de muestreo que se requieren para ver la influencia de la adherencia entre la base y capa de rodadura empleando diferentes tipos de líquidos imprimantes. La manera de exploración se realizará por medio de la elaboración de probetas, teniendo en cuenta los requerimientos planteados en la Norma CE.010 de Pavimentos Urbanos.

Base:

- Se debe tener en cuenta la dosificación de materiales, el mezclado homogéneo, la compactación y el curado (12-24 horas).

Capa de rodadura de concreto asfáltico:

- Se debe tomar en cuenta los puntos de temperatura y compactación de la mezcla asfáltica para obtener una correcta capa adherida.

Por medio del “Manual de ensayo de materiales” proporcionado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, nos permite conocer ciertos parámetros como la dimensión de la probeta a trabajar, además de factores como la humedad, viscosidad y temperatura. Teniendo en cuenta lo ya indicado por las “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”, tomaremos en cuenta la selección del tipo de líquido imprimante y dosificación adecuada.

Tabla XVII

CLASIFICACIÓN DE LÍQUIDOS IMPRIMANTES [35]

RIEGO DE LIGA	TIPO
Emulsión catiónica de rotura lenta	CSS-1 o CSS-1h
Emulsión catiónica de rotura rápida	CRS-1 o CRS-1h

Tabla XVIII

DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS IMPRIMANTE [35]

TIPO	CANTIDAD (l/m ²)
A	0.3 L/m ²
B	0.5 L/m ²
C	0.6 L/m ²

Las dosificaciones del líquido imprimante tipo **MC-30**, **RC-250** y **CRS-1** usado en la presente investigación son, 0%, para la muestra patrón, y 0.3%, 0.5% y 0.6% para muestras con adhesión del material a trabajar. El número de muestras en base a la bibliografía revisada, además de

considerar los ensayos destinados al análisis correspondiente de la adherencia de capas, por ende, la cantidad de muestras necesarias son:

Tabla XIX
CANTIDAD DE PROBETAS POR ENSAYO

CANTIDAD DE PROBETAS POR ENSAYO									
IMPRIMANTE	MC-30			RC-250 (A)			MC-30 (B)		
	0.3 L/m²	0.5 L/m²	0.6 L/m²	0.3 L/m²	0.5 L/m²	0.6 L/m²	0.3 L/m²	0.5 L/m²	0.6 L/m²
Ensayo de Cizallamiento en Interface	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ensayo de Tracción Indirecta	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ensayo de adherencia	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	81								

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este estudio de investigación, se realizará la recolección de datos mediante formatos que ayudaran a lograr el objetivo de estudio, como tablas, registro de datos (EXCEL) y apuntes correspondientes de resultados.

Equipos o Herramientas

- Molde cilíndrico
- Compactador manual
- Brocha (aspersión)
- Porcentaje de asfalto
- Análisis granulométrico
- Diseño de mezcla asfáltica en caliente

Ensayos de laboratorio

- Equipo de medición del nivel de adherencia (ensayo de Cizallamiento en Interface y tracción).

Investigación de artículos

- Artículos científicos analizados: Selección de información para la realización del trabajo de investigación.

Análisis

- Ficha de Excel para la recapitulación de datos obtenidos en las diferentes proporciones.

Flujograma

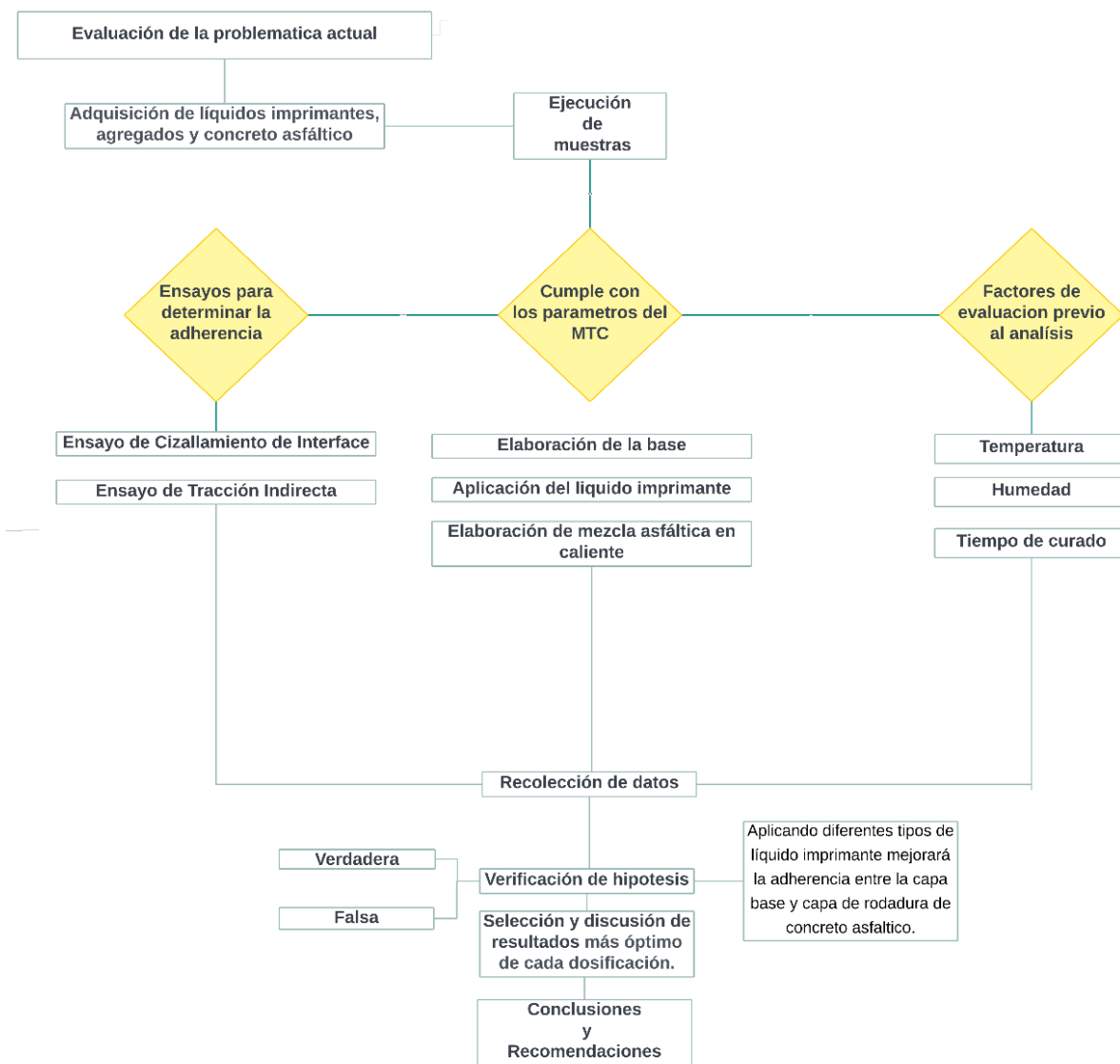


Ilustración 4 Flujograma de procesos para demostrar la hipótesis.

Ensayos de laboratorio del suelo

Ensayos para agregados gruesos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS AASHTO T 27, ASTM D422 (MTC E 107-2000)

Se llevo a cabo la granulometría del agregado grueso para una mezcla convencional teniendo como base una muestra de 5kilos que fue reduciendo mediante el proceso de tamizado para sus diferentes clasificaciones.



ENSAYO DE ABRASIÓN POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES ASTM C-131 Y ASTM C-535

Se opto por el método B para llevar a cabo el proceso del ensayo, pues el agregado se encontraba en óptimas condiciones y dentro de los parámetros establecidos por dicho método. Se preparo 2500 gr de material previamente tamizado. Asimismo, se introdujeron 11 esferas de acero en la maquina con 500 revoluciones, para así obtener dicha muestra y ser tamizada como muestra final.



Ilustración 6 Muestra extraída de la máquina de los ángeles

Ensayos para agregados finos

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS (MTC E 219 – 2000)

Se trabajo con una muestra de 50gr, previamente tamizado por la malla N°10 con el fin de determinar de obtener indicadores ante la presencia de cloruros y sulfatos que afectan negativamente el material a trabajar.



Ilustración 9 Muestreo y filtración de sales solubles de agregado fino

ENSAYO DE DURABILIDAD ASTM C88

Este procedimiento simula el desgaste que los agregados pueden sufrir por efectos de ciclos de humedad y sequedad en ambientes salinos o con presencia de agentes agresivos. Durante el ensayo, las muestras se sumergen en la solución por un tiempo determinado y luego se someten a ciclos de secado. Para así analizar pérdida de masa para determinar su resistencia a la desintegración.



Ilustración 10 Proceso de reposo de muestras

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS AASHTO T-27, ASTM D422 (MTC E 107-2000)

Primero, la muestra se seca y se pesa, luego se coloca en la parte superior de la columna de tamices y se somete a agitación mecánica. Al finalizar, se pesa el material retenido en cada tamiz para calcular el porcentaje que pasa por cada uno, permitiendo construir la curva granulométrica.



Ilustración 11 Orden de tamices y muestra de lavado

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D 2419, AASHTO T 176 (MTC E 114 – 2000).

Se miden las alturas de la arcilla y de la arena asentadas, y se calcula el equivalente de arena. Este valor indica la limpieza del agregado fino: a mayor equivalente, menor contenido de partículas plásticas y mejor calidad del material.

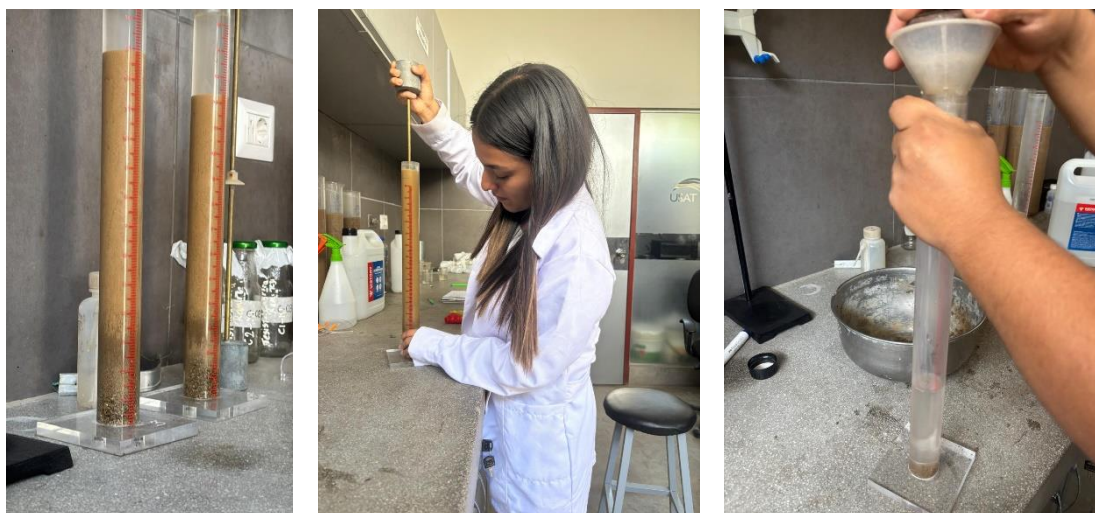


Ilustración 12 Proceso de realización de ensayo

AZUL DE METILENO (AASHTO TP 57)

En esta prueba observamos como se va agregando el reactivo hasta que se observe un halo azul permanente en el papel filtro, lo que indica el punto de saturación. La cantidad de solución utilizada permite calcular el índice de azul de metileno. Un valor alto sugiere un contenido elevado de partículas plásticas, lo que puede afectar negativamente el comportamiento del material.



Ilustración 13 Proceso de reacción de la muestra y el químico
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MTC E 111 – 2000)

Se obtiene como actúa la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico del suelo. El procedimiento incluye determinar ambos límites mediante métodos específicos, y a partir de ellos, calcular el índice.



Ilustración 14 Proceso en la copa Casagrande

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN AGREGADOS FINOS (MTC E 205)

El procedimiento consiste en saturar la muestra con agua, pesarla en diferentes condiciones (saturada, seca superficialmente y seca en horno), y con esos datos calcular la gravedad específica aparente, la real y la absorción. Estos valores permiten evaluar la calidad del agregado, su porosidad y su comportamiento frente a la humedad, lo cual es clave para garantizar una mezcla durable y con buen desempeño estructural.



Ensayos para asfalto

MÉTODO DE MARSHALL DEL DISEÑO DE MEZCLAS ASTM D 1559, AASHTO T 245, MTC E 504

Se elaboran las briquetas de mezcla patrón las cuales fueron 18 para así poder obtener los porcentajes en relación a las cantidades de agregado fino y grueso. Para ello se tomará en cuenta la clasificación del MAC-2 que nos brinda la norma, teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal de ½” del agregado a utilizar.

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

Ilustración 16 Gradación del MAC

Después se realiza el pesaje del material de arena, piedra, filler, y cemento asfáltico en cinco porcentajes óptimos, los cuales serán embolsados para luego ser puesto en la olla de preparación a una temperatura constante de 150°C para su mezcla correspondiente.



Ilustración 17 Embolsado y muestra en zona de cocina

Luego se realiza la preparación de la mezcla en los diversos porcentajes planteados, para adherir todos los elementos y realizar la compactación de briquetas.



Ilustración 18 Elaboración de briquetas en porcentajes de 4%,4.5%,5%,5.5% y 6%

Por último, se realizó el desmoldado de las briquetas compactadas asegurándonos que todos se encuentren en óptimas condiciones y etiquetando cada una de ellas.



Ilustración 19 Muestras de briquetas

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO “BULK”, (MTC E 514)

Para este método se procesa a pesar y medir cada briqueta en su estado seco. Pues seguido de ello, se introducen al agua en una canastilla durante unos minutos que logre estabilizarse dentro del agua para así poder anotar su peso en agua sumergida.



Ilustración 20 Peso sumergido y medidas



Ilustración 21 Peso seco de briquetas

En este proceso, el flujo indica la deformación a lo largo del diámetro de la briqueta antes de la fractura. Este valor indicado la tendencia de la mezcla hacia la condición plástica o inestable, asimismo proporciona un análisis a la capacidad de soporte de la carpeta asfáltica para resistir deformaciones bajo cargas generadas en un tráfico medio o alto.



Ilustración 22 Ensayo en la maquina Marshall

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA - MTC E 508

Este ensayo determina el peso que tendría una unidad de volumen de mezcla asfáltica si se eliminaran completamente los vacíos en su estructura interna. Es decir, proporciona un valor teórico del máximo contenido de asfalto que podría albergar la mezcla. Según lo indicado por las normas técnicas, se necesita una cantidad mínima de 1500 gramos de mezcla asfáltica no compactada para efectuar la prueba.



Ilustración 23 Proceso de ensayo de densidad máxima- mezcla triturada

Diseño experimental

ELABORACIÓN DE MUESTRA PATRÓN DE LA BASE Y CAPA DE RODADURA

En esta etapa se realiza la estabilización del afirmado para la construcción del molde de la base, siendo adherida a la mezcla de asfalto preparada para la capa de rodadura, previamente habiendo realizado la compactación con el N° de golpes correspondiente.

Todo este proceso se realizó con atención al detalle, conscientes de que una correcta preparación influye directamente en los resultados de adherencia entre capas.



Ilustración 24 Afirmado y asfalto para la formación de capas



Ilustración 25 Simulación de la base y capa de rodadura

ELABORACIÓN DE MUESTRA DE LA BASE -IMPRIMANTE -CAPA DE RODADURA

Se realiza la estabilización del material de la base para luego ser reposada durante la preparación de la capa asfáltica y colocación intermedia del líquido imprimante MC-30.



Ilustración 26 Elaboración de la muestra interponiendo el MC-30



Ilustración 27 Reposo de muestras elaboradas

DESARROLLO DEL ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA PARA MUESTRA PATRÓN

Para llevar a cabo la ejecución del ensayo de tracción indirecta se procede a la preparación y limpieza de la briqueta cilíndrica a ensayar. Este ensayo aplicara una carga compresiva diametral en el centro de la muestra generando un estado de tensión indirecta. La resistencia a la tracción se calculará a partir de la carga máxima registrada antes de la falla, considerando las dimensiones de la briqueta.



Ilustración 28 Toma de medidas de la briqueta a ensayar

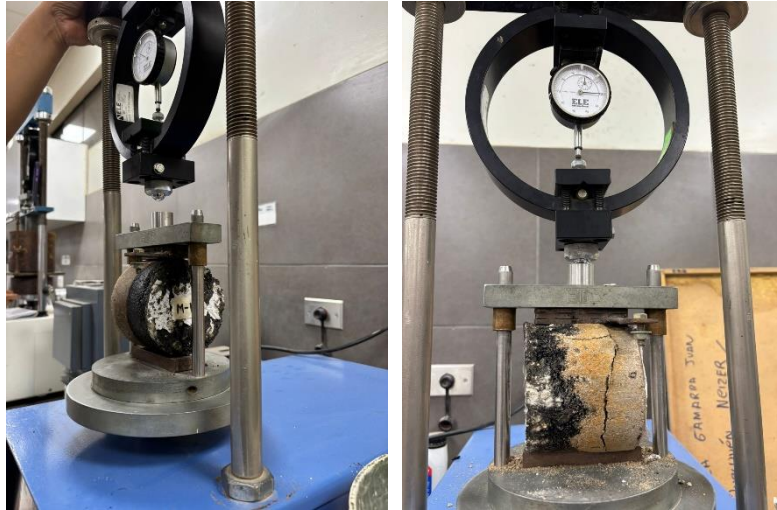


Ilustración 29 Colocación de muestra en el equipo de ensayo

En la **ilustración 27** podemos observar las muestras ya ensayadas y las roturas en el punto de falla para así poder tomar anotación de los resultados obtenidos y el tipo de falla que se produce.



Ilustración 30 Rotura de muestra y toma de datos

DESARROLLO DEL ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA PARA MUESTRA CON IMPRIMANTES

Aquí se pudo evaluar la resistencia adherente entre la base y la capa de rodadura interponiendo el líquido imprimante tipo MC-30, previo al ensayo será necesario tener su pesaje y limpieza superficial para que así no exista ningún margen de error.



Ilustración 31 Pesaje de muestra y colocación en máquina de ensayo

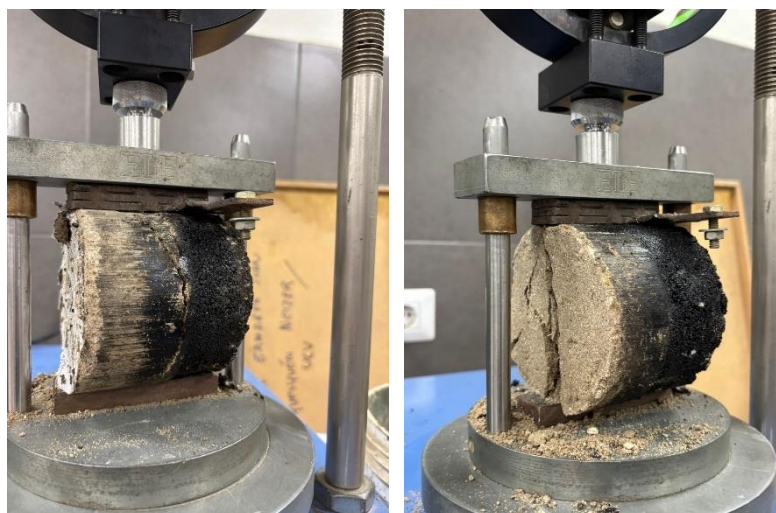


Ilustración 32 Rotura de falla interponiendo el imprimante.

DESARROLLO DEL ENSAYO DE CIZALLAMIENTO EN INTERFAZ PARA MUESTRA CON IMPRIMANTES

Por otro lado, las muestras fueron preparadas con diferentes tipos de líquidos imprimantes, manteniendo condiciones controladas de aplicación, curado y compactación. Posteriormente, se sometieron a esfuerzos de corte en un equipo de ensayo diseñado para medir la resistencia al deslizamiento entre capas. Los resultados obtenidos permiten determinar el efecto de cada imprimante en la mejora de la adherencia y la capacidad de transferencia de esfuerzos dentro del sistema de pavimento.



Ilustración 33 Proceso del ensayo hasta su falla de rotura.

DESARROLLO DEL ENSAYO DE ADHERENCIA PARA MUESTRA CON IMPRIMANTES

El ensayo se desarrolló conforme a los lineamientos de la Norma Técnica NTL-383 y referencias complementarias de AASHTO T-283, mediante la aplicación de una carga perpendicular a la superficie de contacto hasta generar la separación entre capas. Los valores obtenidos de fuerza máxima de desprendimiento permitieron cuantificar la adherencia alcanzada con cada tipo de imprimante, determinando así su influencia en la unión entre capas y en el desempeño estructural del pavimento.

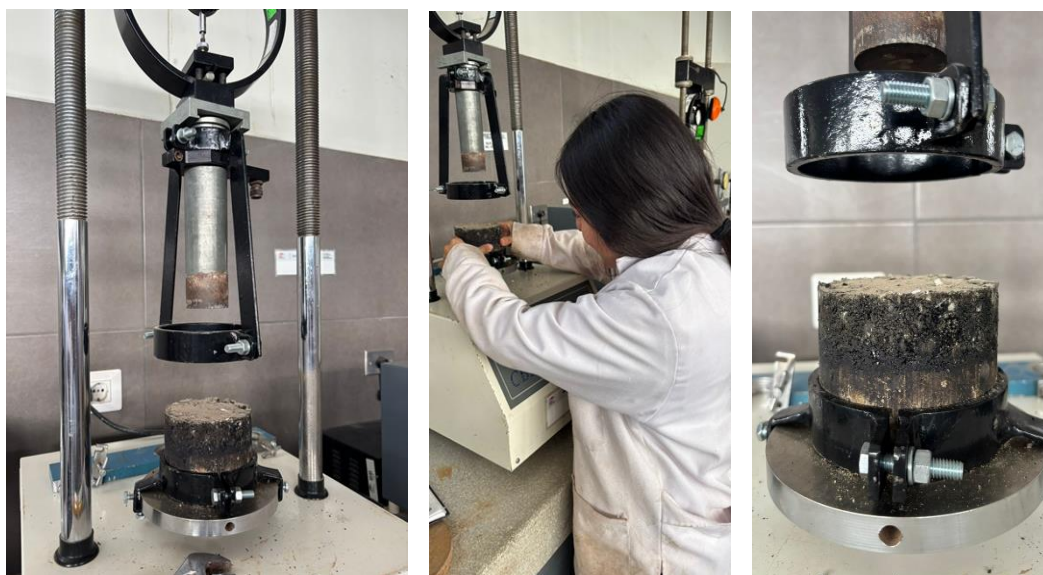


Ilustración 34 Colocación de la muestra en el prototipo para ser ensayada

Resultados y discusión

Procesamientos de datos

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de los distintos ensayos realizados durante el desarrollo del estudio. Cada prueba fue ejecutada con el debido cuidado y siguiendo los procedimientos establecidos en las normas correspondientes, lo que permitió recopilar información confiable sobre las propiedades de los materiales analizados, así como su porcentaje óptimo. Estos resultados no solo permiten evaluar el comportamiento y la calidad de los agregados y mezclas utilizados.

RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS FINO (AF) Y GRUESO (AG) PARA MEZCLA ASFÁLTICA

Los datos correspondientes a la caracterización de los materiales utilizados en la mezcla asfáltica se han organizado en tablas resumidas, con el fin de facilitar su interpretación y análisis. Para complementar esta información, se incluyen anexos que desarrollan de manera más detallada las propiedades y características de cada componente.

CARACTERIZACIÓN DEL A.G.

En cuanto al análisis del agregado grueso según lo normado y los datos obtenidos podemos decir que estos cumplen con los requisitos que se estipulan en el MTC EG – 2013 en lo que respecta a su caracterización.

Tabla XX
CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO					
ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO EG-2013	UNIDAD	RESULTADOS	CUMPLE/N O CUMPLE
Abrasión	MTC E-207	40% máx.	%	20%	CUMPLE
Durabilidad	MTC E-209	18% máx.	%		CUMPLE
Partículas chatas o alargadas	MTC E-221	10% máx.	%	8%	CUMPLE
Caras fracturadas	MTC E-210	85/50		87/53	CUMPLE
Sales solubles totales	MTC E-219	0.5% máx.	%	0.14%	CUMPLE
Absorción	MTC E-206	1% máx.	%	0.50%	CUMPLE

CARACTERIZACIÓN DEL A.F.

Después de haber realizado múltiples ensayos, estos confirmaron que el material cumple con los criterios establecidos en el Manual de Carreteras EG – 2013, demostrando que sus propiedades son adecuadas para su uso conforme a los estándares requeridos.

Tabla XXI
CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO					
ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO EG-2013	UNIDAD	RESULTADOS	CUMPLE/N O CUMPLE
Equivalente de arena	MTC E-114	60% min.	%	57%	CUMPLE
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8% máx.	%	8%	CUMPLE
Índice de plasticidad (N°40)	MTC E-111	NP	%	NP	CUMPLE
Índice de plasticidad (N°200)	MTC E-111	4% máx.		7.35%	CUMPLE
Sales solubles totales	MTC E-205	0.5% máx.	%	0.19%	CUMPLE
Absorción	MTC E-209	0.5% máx.	%	0.53%	CUMPLE

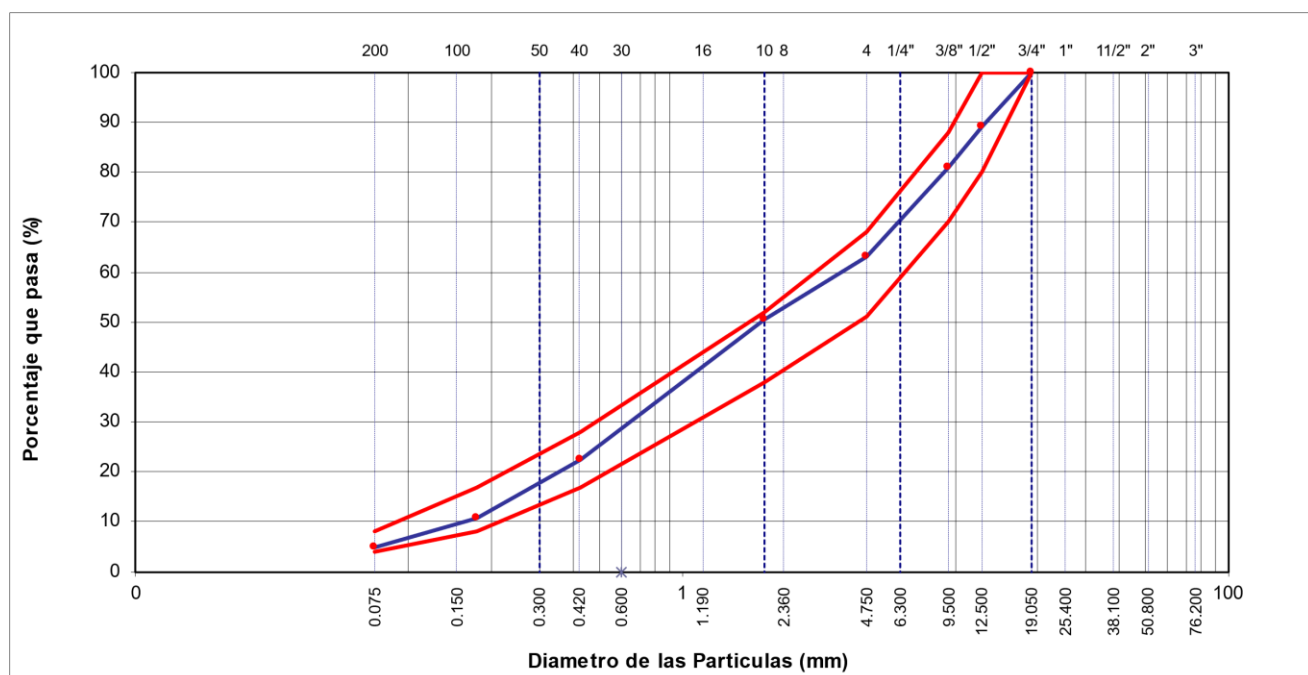
RESULTADOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS - MÉTODO MARSHALL

Análisis granulométrico de agregados

Se puede observar que los resultados son óptimos del material analizado para la muestra patrón en la tabla 20.

Tabla XXII
GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS-MUESTRA PATRÓN

TAMIZ	AASTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	0			100.0	100	
1/2"	12.500	439	11.0	11.0	89.0	80 100	
3/8"	9.500	319	8.0	18.9	81.1	70 88	
Nº 4	4.750	717	17.9	36.9	63.1	51 68	
Nº 10	2.000	226.2	12.5	49.4	50.6	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	509.1	28.2	77.6	22.4	17 28	
Nº 80	0.177	208.8	11.6	89.1	10.9	8 17	
Nº 200	0.075	109.0	6.0	95.2	4.8	4 8	
< Nº 200	FONDO	86.9	4.8	100.0			



Gráfica 1 Curva granulométrica

Los datos mostrados en la **Gráfica 1** del análisis granulométrico indican que los porcentajes de 45% de agregado grueso, 55% de agregado fino y 1% de filler convencional se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la gradación MAC-2. Estos valores son congruentes con el tamaño máximo nominal de la piedra chancada de ½”, lo que asegura la conformidad con las regulaciones del MTC.

Dosificación para las briquetas

Teniendo en cuenta los porcentajes de agregados determinados en el análisis de granulometría, se elaboran distintas proporciones de mezcla para la elaboración de briquetas de las cuales obtendremos nuestro porcentaje óptimo.

Tabla XXIII
DOSIFICACIÓN POR %

DISEÑO DE MEZCLA CONVENCIONAL					
PORCENTAJE	4%	4.5%	5%	5.5%	6%
Grava Triturada	35.39%	35.20%	34.80%	34.80%	34.80%
Arena	54.85%	57.43%	56.77%	56.77%	54.88%
Filler (1%)	0.96%	0.96%	0.95%	0.95%	0.95%
Cem.. asfáltico	180gr	203gr	225gr	248gr	270gr

RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL

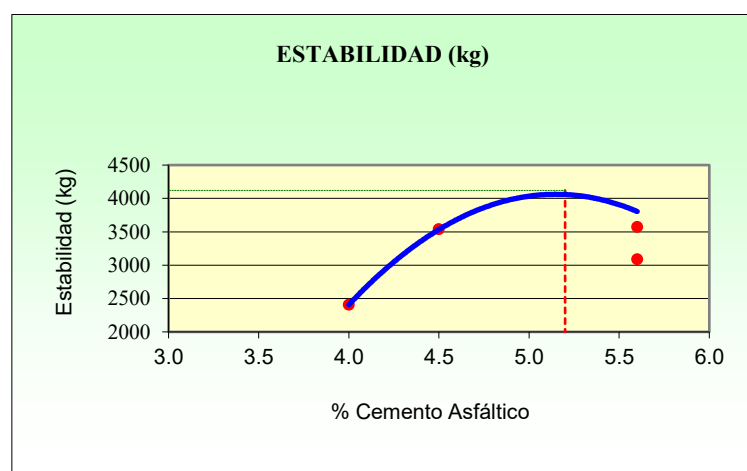
Los resultados que se obtuvieron para cada dosificación planteada se encuentran la siguiente tabla tomando en cuenta diversos parámetros y valores.

Tabla XXIV
RESULTADOS ENSAYO MARSHALL

Relación PEN-Filler	Peso unitario (gr/cm ³)	Vacíos (%)	Vacíos del agregado mineral %	Vacíos llenados del C.A %	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación estabilidad flujo
1%-4%	2.601	5.52	11.14	50.87	8.38	2406	2956
1%-4.5%	2.600	4.50	8.89	50.74	8.89	3534	3971
1%-5%	2.544	4.99	11.89	58.17	9.73	3571	3792
1%-5.5%	2.368	5.47	18.00	69.70	8.12	4760	5866
1%-6%	2.415	4.95	18.04	72.58	9.48	3084	3253

Gráfica Estabilidad vs Contenido de asfalto

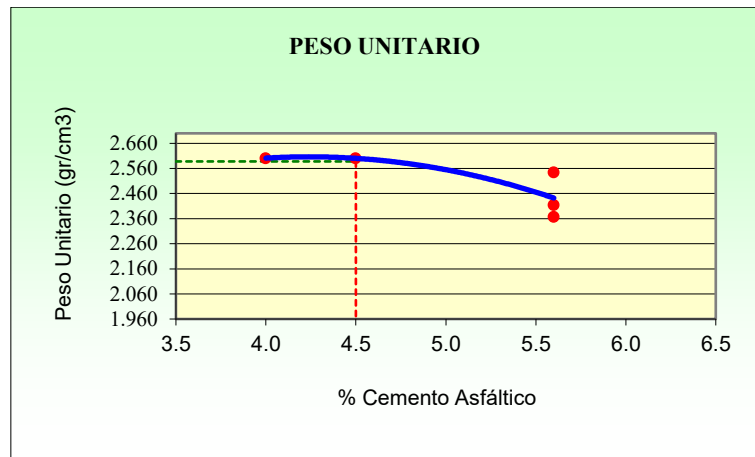
Según lo indicado en el método Marshall y conforme a lo establecido en el Manual de Carreteras - EG 2013, para condiciones de tránsito de tipo medio se exige una estabilidad mínima de 5.44 kN (equivalente a 554.73 kg). En este contexto, cualquier resultado que supere dicho valor es considerado adecuado. Tal como se observa en la Gráfica 2, los valores obtenidos cumplen con ese criterio dentro de un intervalo de contenido de asfalto que va desde el 4.0% hasta el 5.5%.



Gráfica 2 ESTABILIDAD VS C.A.

Gráfica Peso específico Bulk vs contenido de asfalto

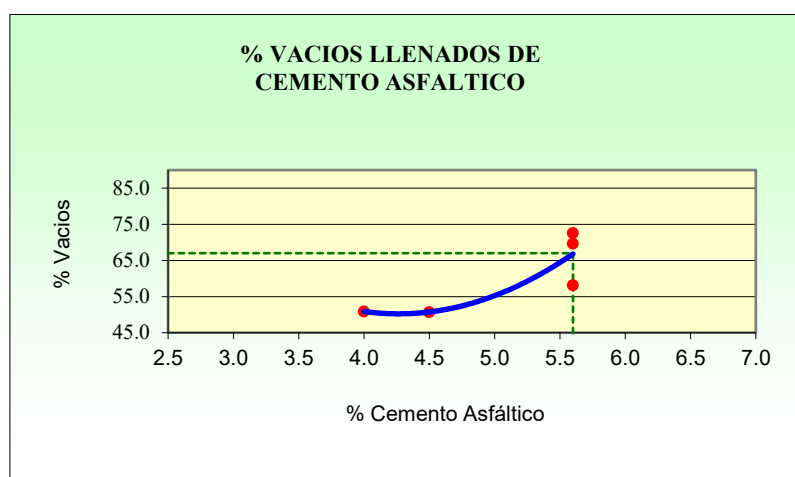
El Manual de Carreteras EG - 2013 no establece un valor específico para el peso específico, por lo que se mantienen los valores de la Gráfica 2, los cuales se encuentran dentro del rango de contenido de asfalto entre 4.0% y 5.5%.



Gráfica 3 Peso específico

Gráfica % vacíos vs contenido de asfalto

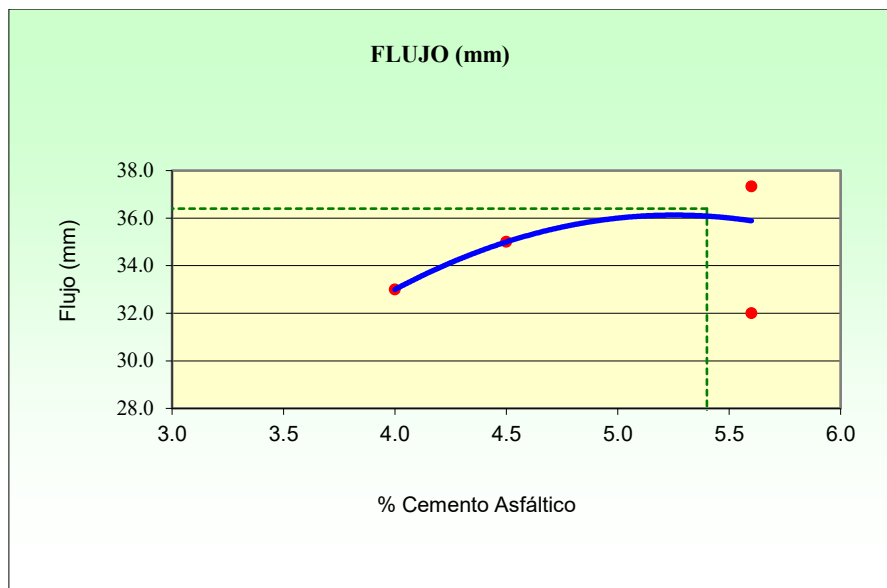
El porcentaje de vacíos para pavimentos con tráfico mediano debe estar entre 3% y 5%. Por ello, los valores aceptables de contenido de asfalto se restringen al rango de 4.51% a 5.5%, como se muestra en la Gráfica 4. Este intervalo garantiza que la mezcla asfáltica mantenga la durabilidad y estabilidad necesarias para un buen desempeño en servicio.



Gráfica 4 % de vacíos con C.A

Gráfica Flujo vs contenido de asfalto

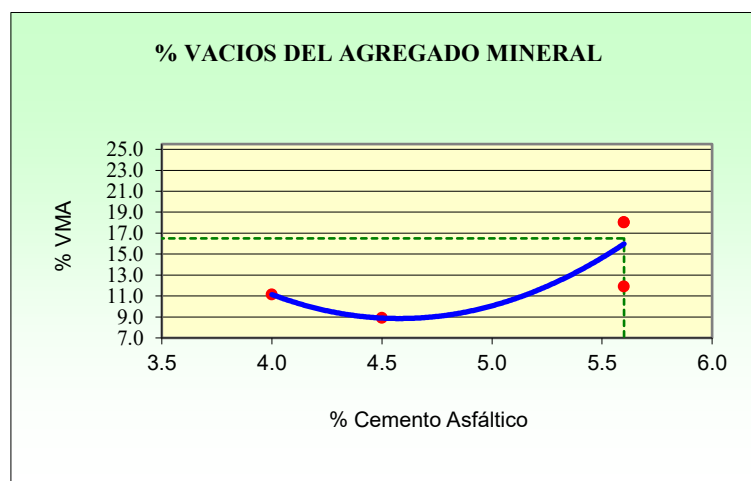
De acuerdo con el Manual de Carreteras EG – 2013, el método Marshall establece un rango de flujo aceptable entre 8 y 14 (0.01”). Por ello, los contenidos de asfalto adecuados, según la Gráfica 5, van del 4% al 5.45%.



Gráfica 5 Interpretación de flujo

Gráfica V.M.A. vs contenido de asfalto

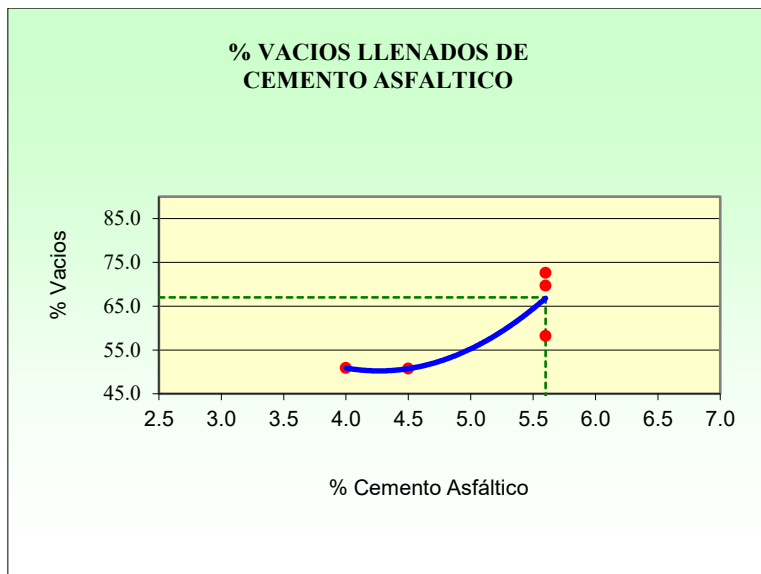
Según el método Marshall exige un mínimo de 15% de V.M.A. para mezclas con agregados de 1/2" como tamaño nominal. Por ello, el contenido de asfalto debería estar entre 4% y 5.5%; no obstante, por una especificación previa, se limita a un rango más reducido de 4.51% a 5.45%.



Gráfica 6 % vacíos del agregado mineral

Gráfica V.F.A. vs contenido de asfalto

El Manual de Carreteras EG – 2013 no establece un criterio específico para el porcentaje de vacíos llenados con asfalto (%VFA), por lo que se opta por mantener el contenido de asfalto dentro del rango definido entre 4.51% y 5.45%.



Gráfica 7 vacíos de llenado de C.A.

Óptimo contenido de Cemento asfáltico

Después del análisis riguroso, se concluye que el porcentaje ideal para la mezcla de muestras experimentales será del 5% la cual cumple con todos los parámetros normados.

Tabla XXV
PORCENTAJE OPTIMO

RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	4.9
Peso Unitario (gr/cm²)	2.588
Vacios (%)	4.20
Vacios del Agregado mineral (%)	16.50
Vacios Llenados de C.A (%)	67.00
Flujo (mm)	9.25
Estabilidad (Kg)	4120
Relación Polvo Asfalto	1.01

**RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA
- MTC E 508**

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos del ensayo de densidad máxima teórica conforme al procedimiento establecido en la norma MTC E 508. Este ensayo se realizó para diferentes porcentajes de contenido de asfalto: 4.0%, 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0%, con el objetivo de identificar cómo varía esta propiedad en función del contenido de ligante. La información obtenida es clave para el cálculo del porcentaje de vacíos en la mezcla y para la evaluación de la compactación real en obra, permitiendo así un mejor control de calidad durante el diseño y ejecución del pavimento asfáltico.

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	730	730	730	730	730
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2565	2565	2565	2565	2565
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2119	2085	2078	2054	2075
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3347.0	3392.0	3382.0	3334.0	3320.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1228	1307	1304	1280	1245
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	446	480	487	511	490
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.753	2.723	2.678	2.505	2.541

Gráfica 8 Resultados del RICE

RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE MUESTRA PATRÓN

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en el ensayo de tracción indirecta para las muestras patrón.

Tabla XXVI
RESULTADOS DE TRACCIÓN INDIRECTA

Código	Identificación	Diámetro (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga (P) (KN)	T _c
CP-01	Muestra patrón	101.60	73.56	235	0.24
CP-03	Muestra patrón	101.60	84.01	435	0.44
CP-02	Muestra patrón	101.60	78.18	235	0.24

Se observa que la muestra CP-03 presentó la mayor resistencia, con una carga de 435 kN y un T_c de 0.44, mientras que las muestras CP-01 y CP-02 mostraron valores similares, con cargas de 235 kN y un esfuerzo cortante de 0.24.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE MUESTRAS CON IMPRIMANTES

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en el ensayo de tracción indirecta para las muestras con imprimantes.

Se observa que las probetas CP-04 y CP-05 alcanzaron los valores más altos de resistencia (0.48 MPa), lo cual indica que, bajo condiciones óptimas de aplicación, el imprimante MC-30 favorece una mayor cohesión interna y adherencia en la interfaz entre capas. En contraste, las probetas CP-07 y CP-08 presentaron los valores más bajos (0.24 MPa), lo que puede relacionarse con un posible exceso o deficiencia en la tasa de imprimación, generando zonas con menor uniformidad de adherencia.

Tabla XXVII
RESULTADOS DEL IMPRIMANTE MC-30

Código	Identificación	Diámetro (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga (P) (KN)	T _c
CP-01	A(0.3l/m ²) -MC-30	101.60	84.08	280	0.28
CP-02	A(0.3l/m ²) -MC-30	101.60	83.94	380	0.38
CP-03	A(0.3l/m ²) -MC-30	101.60	80.68	335	0.34

CP-04	B(0.5l/m ²) -MC-30	101.60	77.8	480	0.48
CP-05	B(0.5l/m ²) -MC-30	101.60	80.85	480	0.48
CP-06	B(0.5l/m ²) -MC-30	101.60	74.96	300	0.30
CP-07	C(0.6l/m ²) -MC-30	101.60	78.10	235	0.24
CP-08	C(0.6l/m ²) -MC-30	101.60	79.80	235	0.24
CP-09	C(0.6l/m ²) -MC-30	101.60	85.16	335	0.34

Mientras que en la interposición del imprimante RC 250 Se observa que la adherencia aumenta progresivamente conforme se incrementa la tasa de aplicación del imprimante, alcanzando los valores más altos (0.46 – 0.48 MPa) en las probetas con una dosis de 0.6 L/m², lo cual evidencia una mejor cohesión y capacidad de enlace en la interfaz pavimento–base.

Tabla XXVIII
RESULTADOS DEL IMPRIMANTE RC-250

Código	Identificación	Diámetro (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga (P) (KN)	Tc
CP-01	A(0.3l/m ²) -RC-250	101.60	79.55	215	0.22
CP-02	A(0.3l/m ²) -RC-250	101.60	74.55	220	0.22
CP-03	A(0.3l/m ²) -RC-250	101.60	73.15	230	0.23
CP-04	B(0.5l/m ²) -RC-250	101.60	75.81	300	0.30
CP-05	B(0.5l/m ²) -RC-250	101.60	74.86	310	0.31
CP-06	B(0.5l/m ²) -RC-250	101.60	74.55	255	0.26
CP-07	C(0.6l/m ²) -RC-250	101.60	79.01	335	0.34
CP-08	C(0.6l/m ²) -RC-250	101.60	78.36	480	0.48
CP-09	C(0.6l/m ²) -RC-250	101.60	78.56	460	0.46

Finalmente, los resultados obtenidos para las muestras tratadas con CRS-1 muestran valores de resistencia (Tc) comprendidos entre 0.27 MPa y 0.31 MPa, con un promedio aproximado de 0.28 MPa. Estos valores indican un nivel de adherencia moderado, con una leve tendencia al incremento cuando la tasa de aplicación aumenta hasta 0.6 L/m², alcanzando su valor máximo de 0.31 MPa en las probetas CP-09.

Tabla XXIX
RESULTADOS DEL IMPRIMANTE CRS-1

Código	Identificación	Diámetro	Altura	Carga	Tc
--------	----------------	----------	--------	-------	----

		(d) (mm)	(h) (mm)	(P) (KN)	
CP-01	A(0.3l/m ²) -CRS-1	101.60	74.1	270	0.27
CP-02	A(0.3l/m ²) -CRS-1	101.60	73.6	280	0.28
CP-03	A(0.3l/m ²) -CRS-1	101.60	74.55	270	0.27
CP-04	B(0.5l/m ²) -CRS-1	101.60	76.44	290	0.29
CP-05	B(0.5l/m ²) -CRS-1	101.60	75.86	270	0.27
CP-06	B(0.5l/m ²) -CRS-1	101.60	76.26	280	0.28
CP-07	C(0.6l/m ²) -CRS-1	101.60	79.53	280	0.28
CP-08	C(0.6l/m ²) -CRS-1	101.60	79.58	300	0.30
CP-09	C(0.6l/m ²) -CRS-1	101.60	80.1	310	0.31

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CIZALLAMIENTO DE INTERFACE DE MUESTRAS PATRÓN

Los ensayos realizados en las Muestras Patrón (1, 2 y 3) permitieron determinar el Módulo de Rotura (M_r) de las briquetas. Se aplicaron cargas máximas de rotura (P) que oscilaron entre 97 kg y 110 kg. Las dimensiones de las briquetas fueron consistentes, con longitudes, anchos y alturas registradas. Específicamente, los valores individuales del M_r fueron de 1.12 kg/cm², 0.82 kg/cm², y 0.96 kg/cm². A partir de estos resultados, se estableció un promedio total para las muestras patrón de 0.97 kg/cm². Este valor promedio será fundamental como base de comparación y referencia para evaluar el desempeño de las muestras experimentales.

Tabla XXX
RESULTADOS DE LAS MUESTRAS PATRÓN

Descripción del Espécimen	P= Carga máxima de rotura (Kg)	LADOS DE LA BRIQUETA			LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²) M_r	TOTAL PROM
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)			
Muestra Patrón	110	7.98	1.20	100.10	6.50	1.12	0.97
Muestra Patrón	97	7.95	1.35	109.00	6.60	0.82	
Muestra Patrón	98	7.90	1.25	101.10	6.50	0.96	

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CIZALLAMIENTO DE INTERFACE DE MUESTRAS CON IMPRIMANTES

Al analizar la resistencia por las proporciones de ligante, se observa la siguiente tendencia:

- Proporción A (0.31t/m²): Esta dosificación baja se asoció con los valores de Mr más variables en todas las muestras. La serie MC 30 obtuvo los mejores resultados con esta proporción (cargas de 130 kg y 110 kg), reflejando una resistencia inicial fuerte.
- Proporción B (0.5 1t/m²): Generalmente, esta dosificación intermedia mantuvo valores de Mr estables y moderados en las tres series, aunque no alcanzó los picos de las dosificaciones más altas.
- Proporción C (0.6 1t/m²): La dosificación más alta de ligante tiende a correlacionarse con los valores de Carga de Rotura y Mr más elevados en las tres series. El pico de resistencia del estudio se registró en la serie RC 250-C con una carga de rotura de 136 kg y un Mr de 1.13 kg/cm², seguido de cerca por la serie CRS-1-C (122 kg y 1.04 kg/cm²).

Tabla XXXI
RESULTADOS DE LAS MUESTRAS CON IMPRIMANTES

Descripción del Espécimen	P= Carga máxima de rotura (Kg)	LADOS DE LA BRIQUETA			LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²) Mr	TOTAL PROM
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)			
A(0.31/m ²) -CRS-1	95	7.98	1.20	100.10	6.50	0.97	0.94
A(0.31/m ²) -CRS-1	90	7.95	1.35	109.00	6.50	0.75	
A(0.31/m ²) -CRS-1	97	7.90	1.25	101.10	6.50	0.95	
B(0.51/m ²) -CRS-1	90	7.92	1.30	100.10	6.50	0.85	
B(0.51/m ²) -CRS-1	90	7.95	1.30	102.00	6.80	0.87	
B(0.51/m ²) -CRS-1	105	7.95	1.41	102.20	6.60	0.91	
C(0.61/m ²) -CRS-1	112	7.90	1.25	101.20	6.50	1.09	
C(0.61/m ²) -CRS-1	108	7.92	1.32	102.30	6.60	1.00	
C(0.61/m ²) -CRS-1	122	7.98	1.37	104.20	6.50	1.04	
A(0.31/m ²) -RC 250	110	7.95	1.30	101.00	6.60	1.04	0.99
A(0.31/m ²) -RC 250	110	7.90	1.45	102.00	6.60	0.93	
A(0.31/m ²) -RC 250	105	7.41	1.36	104.00	6.80	1.02	
B(0.51/m ²) -RC 250	105	7.80	1.45	103.00	6.80	0.92	
B(0.51/m ²) -RC 250	120	7.65	1.42	104.00	6.80	1.08	
B(0.51/m ²) -RC 250	112	7.69	1.48	103.00	6.70	0.96	
C(0.61/m ²) -RC 250	98	7.80	1.53	104.20	6.80	0.80	
C(0.61/m ²) -RC 250	121	7.65	1.52	104.00	6.60	0.99	
C(0.61/m ²) -RC 250	136	7.65	1.50	105.00	6.70	1.13	
A(0.31/m ²) -MC 30	130	7.65	1.65	102.00	6.70	1.01	0.95
A(0.31/m ²) -MC 30	110	7.70	1.35	100.00	6.60	1.05	
A(0.31/m ²) -MC 30	95	7.90	1.45	101.00	6.80	0.84	
B(0.51/m ²) -MC 30	96	7.95	1.32	102.00	6.70	0.90	
B(0.51/m ²) -MC 30	95	7.70	1.40	102.00	6.70	0.87	
B(0.51/m ²) -MC 30	110	7.90	1.40	101.00	6.80	1.00	
C(0.61/m ²) -MC 30	95	7.80	1.35	100.00	6.60	0.89	
C(0.61/m ²) -MC 30	108	7.85	1.42	103.00	6.70	0.95	
C(0.61/m ²) -MC 30	114	7.96	1.36	104.00	6.70	1.02	

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ADHERENCIA DE CAPAS NLT-382

El método de adherencia, basado en la normativa NLT 382, analizo 36 muestras. Se evaluaron las resistencias al corte en la interfaz entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico en los cuatro escenarios (Sin capa de adherencia y con capa de adherencia utilizando los imprimantes MC-30, RC-250, CRS-1).

Tabla XXXII

RESULTADOS DE ADHERENCIA EN MUESTRA PATRÓN

Muestra	Identificación	L	A	Área bruta	Carga	Esfuerzo de compresión a la adherencia	TOTAL PROMEDIO	NORMATIVA NLT-382/08
Nº		(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
01	Muestra patrón	7.95	10.09	160.43	1450	9.0	9.0	> 0.70 Mpa
02	Muestra patrón	7.96	10.10	160.79	1540	9.6	9.6	> 0.70 Mpa
03	Muestra patrón	7.92	10.10	159.98	1580	9.9	9.9	> 0.70 Mpa

Las interacciones entre la temperatura de las capas y la tasa de aplicación generaron tres respuestas de adherencia para cada escenario. Cabe destacar que, en el escenario de capa sin adhesión, se presentan valores superiores (0.90Mpa, 0.96Mpa y 0.99Mpa) a los intervalos normados (0.50 – 0.70 Mpa). La importancia de una buena compactación y estabilización de suelo nos ayuda a verificar la eficiente adhesión que puede lograr a tener la muestra sin necesidad de un imprimante siempre y cuando se cumplan los estándares de diseño.

Tabla XXXIII

RESULTADOS DE ADHERENCIA INTERPONIENDO MC-30

01	MC-30	7.84	10.06	157.74	1310	8.3	9.12	> 0.70 Mpa
02		7.96	10.04	159.84	1450	9.1		
03		8.04	10.02	161.12	1610	10.0		
01	MC-30	8.12	10.02	162.72	1660	10.2	9.89	> 0.70 Mpa
02		8.00	10.01	160.16	1540	9.6		
03		7.98	10.04	160.24	1580	9.9		
01	MC-30	8.04	10.04	161.44	1780	11.0	11.62	> 0.70 Mpa
02		7.86	10.02	157.51	1920	12.2		
03		7.96	10.04	159.84	1860	11.6		

Los resultados de las adhesiones interponiendo el imprimante MC-30, nos dio resultados superiores al intervalo normativo, siendo estos valores promedio de 0.912 MPa en la tasa de aplicación de 0.3 l/m², 0.989 Mpa con 0.5 l/m² y finalmente 1.16 Mpa con 0.6 l/m² siendo el valor mas alto representando su máxima adhesión y durabilidad con la dosificación más alta.

Tabla XXXIV

RESULTADOS DE ADHERENCIA INTERPONIENDO RC-250

01	RC-250	8.15	10.05	163.82	1310	8.0	8.94	> 0.70 Mpa
02		8.04	10.06	161.76	1450	9.0		
03		8.12	10.07	163.54	1610	9.8		
01	RC-250	7.68	10.03	154.06	1750	11.4	11.34	> 0.70 Mpa
02		7.98	10.06	160.56	1890	11.8		
03		7.65	10.02	153.31	1670	10.9		
01	RC-250	7.65	10.04	153.61	1780	11.6	11.67	> 0.70 Mpa
02		7.98	10.02	159.92	1920	12.0		
03		8.12	10.03	162.89	1860	11.4		

En cuanto al imprimante RC-250, sus resultados brindaron una gran eficiencia en los dos escenarios de dosificaciones de 0.5 l/m² y 0.6 l/m² con valores de 1.13Mpa Y 1.16Mpa respectivamente ya que esto representa una condición de adherencia excelente, mientras que la tasa aplicativa de 0.3 l/m² presenta un valor de 0.894Mpa que se encuentra en una condición de adherencia buena, siendo aceptable para condiciones normales.

Tabla XXXV

RESULTADOS DE ADHERENCIA INTERPONIENDO CRS-1

01	CRS-1	7.96	10.05	160.00	1300	8.1	7.87	> 0.70 Mpa
02		7.95	10.06	159.95	1250	7.8		
03		7.85	10.03	157.47	1210	7.7		
01	CRS-1	7.82	10.00	156.40	1250	8.0	7.96	> 0.70 Mpa
02		7.89	10.01	157.96	1260	8.0		
03		7.90	10.01	158.16	1250	7.9		

01	CRS-1	7.89	10.06	158.75	1260	7.9	8.12	> 0.70 Mpa
02		7.98	10.00	159.60	1280	8.0		
03		8.01	10.02	160.52	1350	8.4		

Posterior a ello, la última interposición de imprimante en las últimas nueve muestras es el CRS-1 presenta una condición de adherencia regular-buena debido a que sus resultados logran alcanzar los valores óptimos como 0.79 Mpa, 0.80Mpa y 0.84Mpa con un promedio de 0.812 >0.70 Mpa.

Finalmente, se puede observar que la muestra sin capa de adhesión y la capa con adhesión MC-30, RC-250 los cuales presentan una excelente condición de adherencia con valores óptimos de 0.99 Mpa, 1.16Mpa y 1.16Mpa de las tasas de aplicación de 0.6l/m². Sin embargo se puede observar que la variación en las dosificaciones restantes de 0.3 l/m² y 0.5 l/m² presentan una pequeña variación al rango del índice alto porque permanecen dentro de los estándares permitidos. Asimismo, el imprimante CRS-1 presenta una referencia buena-regular ya que, si bien los valores sobre pasan lo permitido, se puede aplicar a diseños adecuados según la práctica técnica.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL – MATRIZ DE LEOPOLD

Los resultados evidenciaron puntuaciones de magnitud negativa, ya que los asfaltos cortados (MC-30 y RC-250) poseen un impacto ambiental y de seguridad significativamente mayor (puntaje total de 11 en magnitud / 11 en importancia), principalmente por la alta liberación de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). En franco contraste, la emulsión asfáltica CRS-1 se posicionó como la alternativa de menor impacto (puntaje total de -4 en magnitud y 4 en importancia), lo cual valida su uso desde una perspectiva de sostenibilidad.

Tabla XXXVI
MATRIZ DE LEOPOLD

LEYENDA	ACCIONES			INDICADORES			
	APLICACIÓN DE IMPRIMANTES						
	TIPO DE IMPRIMANTES			MAGNITUD	IMPORTANCIA	PROMEDIO	
IMPRIMANTE MC-30 (ASFALTO CORTADO CURADO)	IMPRIMANTE RC-250 (ASFALTO CORTADO CURADO RÁPIDO)	IMPRIMANTE GRS-1 (EMULSION ASFALTICA CATIONICA)					
MAGNITUD: Expresa el grado de alteración potencial de la calidad ambiental del factor considerado, hace referencia a la dimensión, trascendencia y medida del efecto en sí mismo.							
IMPORTANCIA: Valor ponderal que proporciona el peso relativo del efecto potencial y refleja la significación y relevancia del mismo, así como la extensión o parte del entorno afectado.							
COMPONENTES AMBIENTALES	AIRE						
	EMISIÓN DE COVS Y OLORES	-8 9	-9 9	-3 6	-20	24	-171
	AEROSOLES O NEBLINAS	-4 6	-5 6	-2 4	-17	23	-62
	AGUA						
	DESCARGAS – LAVADO DE EQUIPOS	-7 8	-8 8	-3 5	-18	21	-135
	SUELO						
	DERRAMES	-7 8	-7 8	-4 6	-23	25	-136
	PROCESOS						
	RESIDUOS LIQUIDOS Y SÓLIDOS	-7 8	-8 8	-3 6	-23	25	-138
	RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN	-6 9	-7 9	-2 5	-20	26	-127
	DAÑOS EN EQUIPOS O SUPERFICIES	-4 5	-5 5	-2 3	-16	16	-51
	CALIDAD VISUAL						
	CONFORT-ATMÓSFERA DE TRABAJO	-4 6	-5 6	-2 4	-15	21	-62
	IMAGEN INSTITUCIONAL	-2 5	-3 6	1 4	-8	20	-24
	FACTOR SOCIO ECONÓMICO						
	GESTIÓN DE RESIDUOS Y COSTOS AMBIENTALES	-3 7	-4 8	-1 5	-4	27	-58
	CAPACITACIÓN Y SEGURIDAD LABORAL	5 8	5 8	6 8	12	29	128
	RIESGO INSTITUCIONAL – PERCEPCIÓN Y CUMPLIMIENTO	-2 5	-3 6	1 4	-8	20	-24
	FACTOR HUMANO						
	INHALACIÓN DE VAPORES	-7 9	-8 9	-3 5	-21	27	-150
	CONTACTO DÉRMICO Y OCULAR	-5 7	-6 7	-2 4	-13	18	-85
	RIESGO INDIRECTO						
	VERTIDO O FUGA ACCIDENTAL FUERA DEL LABORATORIO	-6 8	-7 9	-3 6	-16	23	-129
	MAGNITUD	-67	-80	-22	--		-1224
	IMPORTANCIA	108	112	75	TOTAL		
	PROMEDIO	-509	-618	-97	-1224	--	

Discusión

Se han planteado la discusión de acuerdo con los resultados relacionados con el análisis de la adherencia, llevando a cabo una comparación entre los imprimantes aplicados mediante los estudios realizados y antecedentes más parecidos con la investigación:

Según el objetivo general, el cual fue analizar la mejora de la adherencia entre la base y la capa de rodadura de concreto asfáltico empleando diferentes tipos de líquidos imprimantes, los resultados obtenidos en la tabla XXXII, XXXIII y XXXV se evidencia una condición de adherencia excelente de las muestras patrón, MC-30, RC-250 con esfuerzos de (0.90Mpa, 0.91Mpa y 0.89Mpa para una dosificación de 0.3l/m²), (0.96Mpa, 0.98Mpa y 1.13Mpa para una dosificación de 0.5l/m²) y (0.99Mpa, 1.13Mpa y 1.67Mpa para una dosificación de 0.6l/m²), presentando así una relación directa con el tipo de imprimante y la adhesión entre la base-capa de rodadura de concreto asfáltico, datos que al ser comparados con lo encontrado por Das Vitorias [16] en su investigación concluyo que obtuvo valores de adhesión variaron de (0.55 Mpa a 0.80Mpa sin capa adhesiva), (0,02 MPa a 0,68 MPa con el imprimante RR-2 C), (0,01 MPa a 0,73 MPa con el imprimante RC1C-E y RR-1 C), la cual determino que aumento la adhesión a una temperatura de 10 °C, del 22 % para la emulsión RR-1 C, del 45 % para la RR-2 C y del 33 % para la emulsión RC1C-E, en comparación con los resultados sin pintura de adhesión, con estos resultados se afirma que la interposición de imprimantes mejora significativamente en un 80% la adherencia de capas tomando en cuenta que se deben realizar estudios que evalúen la influencia de la compactación debido al resultado de la muestras sin adhesivo, además de observar que la temperatura (°C) también es un factor influyente dentro de la compactación del suelo y el asfalto. Por lo que, Al-Qadi [13] en su estudio indica que la selección del tipo y tasa de ligante son fundamentales para optimizar la adherencia, recomendando el uso de emulsiones modificadas y la consideración de la temperatura y humedad en el diseño.

Según el objetivo de determinar la adherencia del pavimento mediante una muestra patrón de una base y capa de rodadura, los resultados obtenidos en las tablas XXXVII, XXXVIII y XXXIX evidencian que el nivel de adherencia es excelente durante los tres ensayos realizados con valores promedio de 0.31 MPa para la tracción indirecta, 0.97 Mpa para el de flexión y 9.9 kg/cm² para el de compresión, reflejando así una resistencia optima de los valores normados, datos que en comparación con Yang [11] en su estudio indica que sus resultados de la muestra de capa sin adhesión fueron 0.20 Mpa, 1.60 Kg/cm² y 0.70 Mpa respectivamente en el orden antes descrito, lo cual determino que son significativamente presenta una condición

de unión excelente, ya que exceden los valores máximos de la resistencia a flexión (máximos entre 0.40 y 0.61 MPa), compresión (valores máximos entre 1.60 y 1.83 MPa) y la resistencia a tracción (máximos entre 0.07 y 0.12 MPa) normados en la investigación, con estos datos se evidencia que el valor promedio obtenido durante el análisis de las muestras resultan ser eficientes alcanzando una variación del 0.46 superior al del valor máximo permitido, por lo que se considera una buena unión, sin embargo para obtener una condición excelente será necesario la interposición de un imprimante como solución viable para reforzar la durabilidad y funcionalidad de la estructura, además You [6] en su principio de deterioro de pavimentos señala la importancia de seleccionar la combinación adecuada de agregado y emulsión asfáltica cuando se considera el uso del adherente.

Según el objetivo específico el cual fue determinar el porcentaje de dosificación adecuado de líquido imprimante, los resultados alcanzados empleando las tasas de aplicación de 0.3 l/m², 0.5 l/m² y 6 l/m² fueron positivos pese a las variaciones del tipo de imprimante aplicado, en función a los tres ensayos realizados se refleja la baja resistencia de la dosificación de 0.3 l/m² con valores de (0.38, 0.23 y 0.28 a tracción), (0.97, 1.04 y 1.05 a flexión) y (0.91, 0.89 y 0.78 a compresión), mientras que para la dosificación de 0.5 l/m² presenta valores de (0.48, 0.31 y 0.91 a tracción), (0.91, 0.90 y 1.00 a flexión) y (0.98, 1.13 y 0.79 a compresión) y para la dosificación de 0.6 l/m² presenta (0.34, 0.48 a tracción), (1.09, 1.13 y 1.62 a flexión) y (1.16, 1.16 y 0.81 a compresión) lo cual indica que estas dos últimas tasas aplicativas alcanzan la condición de adherencia óptimo y adecuado, datos que al ser comparados con Yang. [11] quien concluyó que obtuvo buenos resultados en cuanto a las tasas óptimas de aplicación de la capa de riego, siendo estas de 0,6 kg/m² y 0,4 kg/m² (25 °C y 60 °C), con resistencias máximas alcanzadas de 0,789 MPa y 0,092 MPa, siendo la dosificación 0,2 kg/m² la que menos resistencia presento, así mismo preciso que era necesario analizar la velocidad de aplicación del revestimiento de adherencia ya que tiene una gran influencia en la resistencia, con estos resultados se puede determinar la importancia de trabajar con la dosificación adecuada, ya que a mayor tasa de aplicación del 6 l/m², mejor adhesión entre capas, por ende reducción de deterioramientos y deslizamientos a temprano uso. Asimismo Han [9] indica que el aumento de la tasa de aplicación de la capa de riego podría mejorar la adherencia entre el suelo y el pavimento asfáltico subyacente. Sin embargo, esta adherencia puede verse afectada si se pulveriza demasiada emulsión de la capa de riego sobre el pavimento subyacente.

Para abordar el tercer objetivo específico, identificar el efecto de la incorporación de líquidos imprimantes en la durabilidad y adherencia en la capa base y de rodadura de los pavimentos

flexibles, los datos obtenidos en el ensayo de cizallamiento y adherencia ayudan a analizar la durabilidad de las capas ensayadas con tres tipos de dosificaciones e imprimantes, por lo que el uso de la serie RC-250 en la dosificación 0.6 l/m² resulto ser el más eficiente obteniendo valores de 0.99 Mpa y 1.16 Mpa en términos de durabilidad y adherencia, resultados que al ser comparados con la investigación de Han [9] quien en sus resultados dentro del desarrollo del ensayo de cizallamiento obtuvo 0,261 MPa de adherencia óptima, la cual también determina que la incorporación excesiva de riego de adherencia se traduce en debilitamiento para la unión de capas, con estos resultados se afirma que la incorporación del líquido imprimante no es solo un procedimiento constructivo, sino un factor estructural crítico que asegura la durabilidad y mejora la capacidad de la interfase brindando mayor vida útil y un menor costo de mantenimiento, además Montestruque [8] en su estudio resalta la función de analizar la durabilidad en el rendimiento de la estructura del pavimento, pudiendo evitar la aparición de grietas prematuras debido al incremento de desborde de adhesivo en la interfaz presentando deficiencia de adherencia.

Según el último objetivo específico, el cual es evaluar el impacto ambiental en la aplicación de líquidos imprimantes, se elaboró la matriz de Leopold en la fase de aplicación de los imprimantes utilizados. Los resultados indicaron que la magnitud e importancia presentaron valores de (-67/108) para el MC-30, (-80/112) para el RC-250 y (-22/75) para el CRS-1 respectivamente, tomando en cuenta así el bajo impacto que genera esta última siendo la opción más viable y sostenible. Estos valores fueron comparados con la investigación de Xu [40], donde sus resultados mostraron que la incorporación del imprimante modificado con escoria de acero reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en un 1,1 %~8,6 % en comparación con las emulsiones asfálticas convencionales. En tal motivo, la matriz confirma que los resultados evaluados durante la aplicación de adhesivo tipo RC-250 liberan compuestos orgánicos volátiles (COV), lo cual incide negativamente en la mitigación ambiental; además Sburlati [41] en su principio de eficiencia por disminuir el impacto negativo en el medio ambiente indica que se debe mejorar la durabilidad del imprimante sostenible para así disminuir la necesidad de mantenimiento o reconstrucción prematura del pavimento.

Conclusiones

Se determino que existe relación directa y cuantificable entre la base, el imprimante y la capa de rodadura, los valores alcanzados demuestran la condición de adherencia con el imprimante RC-250 alcanzó 1.16 Mpa siendo > 0.70 Mpa. Ante ello, se observa que el adhesivo CRS-1 logra alcanzar una resistencia mínima de 0.79 Mpa, si bien logra superar los parámetros normados este no suele ser muy confiable para resistir altas cargas de tránsito, evidenciando así que las variaciones en la composición y tasa de aplicación del imprimante influyen significativamente en la capacidad de unión entre la base y la capa de rodadura.

Se concluye que tras el análisis de la muestra patrón bajo los distintos ensayos normados se obtuvo los resultados de adherencia en un rango de 0.5-0.7 Mpa, lo cual cumple los estándares óptimos correspondientes a diseño de pavimentos flexibles; a su vez, teniendo en cuenta que los resultados de resistencia a flexión, compresión y tracción obtenidos fueron los siguientes: 0.97 Mpa, 9.9 kg/cm² y 0.31 MPa respectivamente. Con lo cual se comprueba que la muestra patrón está en los parámetros normados admisibles, además este diseño es recomendado para una densidad vehicular baja.

Se determinó a través de los ensayos realizados en la presente investigación, que el porcentaje de dosificación óptimo es 6 l/m². Esto consiguió una mejora en los parámetros de resistencia obteniendo los siguientes resultados: 0.34, 0.48 a tracción, 1.09, 1.13 y 1.62 a flexión y 1.16, 1.16 y 0.81 a compresión. Al analizar los resultados se concluye que esta dosificación es la más adecuada para ser utilizada como diseño para transito mediano en la ciudad de Chiclayo.

Se identifico que el efecto de la incorporación de líquidos imprimantes mejoró la capacidad de uso para la adherencia entre la capa base y rodadura de los pavimentos de la ciudad de Chiclayo, siendo la serie RC-250 con una dosificación de 0.6 l/m² la que obtuvo los mejores resultados los cuales fueron 0.99 Mpa y 1.16 Mpa en términos de durabilidad y adherencia.

Se concluye que el impacto ambiental que produce la aplicación de líquidos imprimantes en los pavimentos flexibles en la ciudad de Chiclayo utilizando la matriz de Leopold durante la fase de aplicación, obteniendo como resultado para magnitud/importancia de cada tipo emulsión los valores siguientes: (-67/108) en MC-30, (-80/112) en RC-250 y (-22/75) en CRS-1. Estos resultados demuestran que la aplicación de las emulsiones asfálticas genera un impacto bajo en el medioambiente, considerando el resultado del CRS-1, el cual es el material más sostenible y viable para el cuidado del medio ambiente, pero no el más resistente.

Recomendaciones

Se recomienda establecer una dosificación estándar de 6 l/m² para imprimantes asfálticos, especialmente en zonas de tránsito medio. Esta dosificación ha demostrado mejorar los parámetros mecánicos del sistema de pavimento tanto en durabilidad y resistencia logrando cumplir o superar los estándares mínimos requeridos para estructuras de pavimentos flexibles.

En cuanto a la aplicación del imprimante debe realizarse sobre una superficie base limpia, seca y correctamente compactada con un grado de compactación superior al 95% del Proctor Modificado, además de la elección del material y la tasa de aplicación adecuada. Esto garantiza una adecuada penetración del imprimante y una mejor adherencia con la capa de rodadura, sin embargo esta adherencia puede verse afectada si se esparce demasiada emulsión de la capa de imprimante sobre el pavimento subyacente.

Se sugiere ampliar el estudio con otros tipos de imprimantes y emulsiones asfálticas, incluyendo formulaciones modificadas con polímeros o aditivos, para evaluar su desempeño en términos de temperatura debido a que todos los parámetros de resistencia entre capas dependen en gran medida de esta propiedad. Este enfoque no ayudaría a prolongar la vida útil del pavimento, sino que disminuiría los costos por mantenimiento prematuros o rellenos de capas que resultan ser ineficientes.

Debido a los resultados obtenidos en la matriz de Leopold, se sugiere realizar modificar compuestos con mayor capacidad estructural del imprimante CRS-1, ya que presentó el menor impacto ambiental (-22/75), lo que lo convierte en una opción viable para proyectos con enfoque sostenible. Esto facilitara la reducción en la producción de contaminantes, demostrando que se puede entablar una relación eco amigable entre el medio ambiente y la construcción civil.

Finalmente, se propone promover líneas de investigación de secciones de pavimentos que consideren los efectos de temperaturas con pruebas de ensayos a escala real que ayuden a comprender más a detalle el desarrollo de la adherencia. Esto podría contribuir a la elaboración de un modelo más completo para el diseño y la durabilidad de los futuros pavimentos .

Referencias

- [1] J. Wang, F. Xiao, Z. Chen, X. Li, y S. Amirhanian, «Application of tack coat in pavement engineering», *Constr. Build. Mater.*, vol. 152, pp. 856-871, oct. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.056.
- [2] H. L. Delbono, «Estudio de la adherencia entre capa de pavimentos, interponiendo geosintéticos», *Métod. Mater.*, vol. 6, n.º 1, pp. 1-8, jul. 2017, doi: 10.15517/mym.v6i1.22971.
- [3] D. Hou *et al.*, «Performance evaluation of modified asphalt based trackless tack coat materials», *Constr. Build. Mater.*, vol. 165, pp. 385-394, mar. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.12.187.
- [4] C. Liu, X. Qin, Z. Yang, H. Zhang, y S. Lv, «Assessing bio-oil cutback asphalt for prime coat on semi-rigid base asphalt pavement: Lab experiment & indoor test section application», *Constr. Build. Mater.*, vol. 422, p. 135814, abr. 2024, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.135814.
- [5] F. Hong y J. Prozzi, «Assessment of flooding impact on thin pavement structure in Texas coastal region», *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, p. S2046043024000741, jul. 2024, doi: 10.1016/j.ijst.2024.07.001.
- [6] L. You, Z. You, Q. Dai, X. Xie, S. Washko, y J. Gao, «Investigation of adhesion and interface bond strength for pavements underlying chip-seal: Effect of asphalt-aggregate combinations and freeze-thaw cycles on chip-seal», *Constr. Build. Mater.*, vol. 203, pp. 322-330, abr. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.058.
- [7] C. Guo, F. Wang, y Y. Zhong, «Assessing pavement interfacial bonding condition», *Constr. Build. Mater.*, vol. 124, pp. 85-94, oct. 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.07.064.
- [8] G. Montestruque, L. Bernucci, F. Leite, y C. A. T. Carmo, «AVALIAÇÃO DA ADHERENCIA DE GEOGRELHAS ENTRE CAMADAS ASFÁLTICAS».
- [9] Y. Han, Y. Zhao, J. Jiang, F. Ni, y X. Zhao, «Effects of design parameters and moisture conditions on interface bond strength between thin friction course (TFC) and underlying asphalt pavements», *Constr. Build. Mater.*, vol. 269, p. 121347, feb. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121347.
- [10] X.-Q. Le *et al.*, «Evaluation of interface bonding condition on mechanical responses of full-scale asphalt pavements with and without grid reinforcement», en *Eleventh International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, Volume 2*, 1.^a ed., London: CRC Press, 2022, pp. 261-270. doi: 10.1201/9781003222897-23.
- [11] K. Yang, R. Li, Y. Yu, y J. Pei, «Unified laboratorial evaluation of interlayer bond property in asphalt pavements based on strength parameters», *Constr. Build. Mater.*, vol. 273, p. 121738, mar. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121738.
- [12] R. C. West, J. Zhang, y J. Moore, «EVALUATION OF BOND STRENGTH BETWEEN PAVEMENT LAYERS», 2005.
- [13] I. L. Al-Qadi, S. H. Carpenter, Z. Leng, H. Ozer, y J. S. Trepanier, «TACK COAT OPTIMIZATION FOR HMA OVERLAYS: LABORATORY TESTING».
- [14] D. I. Almesri y N. K. Alotaibi, «EVALUATION OF THE INTERFACE SHEAR STRENGTH OF CONCRETE CONTAINING TREATED AND UNTREATED RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT AGGREGATES», *J. Eng. Res.*, p. S2307187724002645, oct. 2024, doi: 10.1016/j.jer.2024.10.007.

- [15] Z. Lu, Z. Feng, D. Yao, X. Li, X. Jiao, y K. Zheng, «Bonding performance between ultra-high performance concrete and asphalt pavement layer», *Constr. Build. Mater.*, vol. 312, p. 125375, dic. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125375.
- [16] M. Das Vitorias Do Nascimento, O. De Medeiros Melo Neto, A. E. De Figueiredo Lopes Lucena, T. D. Guerra, A. M. Da Silva Lopes, y E. P. Do Nascimento, «Investigation of the adhesion conditions of the micro-surfacing applied on asphalt concrete», *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 18, p. e02155, jul. 2023, doi: 10.1016/j.cscm.2023.e02155.
- [17] *AASHTO-Guide for design of pavement structures 1993*, vol. II. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, 1993. [En línea]. Disponible en: <https://habib00ugm.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/05/aashto1993.pdf>
- [18] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos*. Biblioteca Nacional del Perú, 2014. [En línea]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mtc%20normas/arch_pdf/man_7%20sggp-2014.pdf
- [19] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*. Lima, 2016. [En línea]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- [20] Ministerio del Ambiente (MINAM), *LEY GENERAL DEL AMBIENTE - LEY N° 28611*. Lima, 2005. [En línea]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- [21] L. Bañón y J. F. Beviá García, *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento*, vol. 2. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. [En línea]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>
- [22] J. S. Ayay Infante, «Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal del Centro Poblado Porcón Alto - Cajamarca», *Repos. Inst. - UCV*, 2021, Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65431>
- [23] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de pavimentos para carreteras*, 2ª., 2 vols. Bogotá, D.C.: Stella Valbuena de Fierro.
- [24] «Manual pci-astm-d-6433-pdf», SlideShare. Accedido: 24 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/manual-pciastmd6433pdf/249912851>
- [25] P. G. Anguas, M. F. Flores, J. A. G. López, y H. D. Alamilla, «CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS».
- [26] *MC-01-13 Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013*.
- [27] Z. Chen *et al.*, «Effect of aging on asphalt-aggregate adhesion properties and its correlation with interfacial interaction», *Constr. Build. Mater.*, vol. 479, p. 141519, jun. 2025, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2025.141519.
- [28] E. H. O. Hernández y L. K. M. Sánchez, «ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL ASFALTO CONVENCIONAL PRODUCIDO EN LA REFINERÍA DE ESMERALDAS, PARA PROPONER ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES CON POLÍMEROS.».
- [29] H. Zhu, G. Wei, H. Xu, X. Yu, y D. Ma, «The influence of interlayer bonding conditions on the propagation laws of reflective cracks in semi-rigid base pavement based on the DEM and GPR», *Constr. Build. Mater.*, vol. 442, p. 137547, sep. 2024, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.137547.

- [30] R.- ASALE y RAE, «adherencia | Diccionario de la lengua española», «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Accedido: 20 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/adherencia>
- [31] K. Yang y R. Li, «Characterization of bonding property in asphalt pavement interlayer: A review», *J. Traffic Transp. Eng. Engl. Ed.*, vol. 8, n.º 3, pp. 374-387, jun. 2021, doi: 10.1016/j.jtte.2020.10.005.
- [32] E. G. Villar, «ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA», [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3324/55872-8.pdf>
- [33] J. Loma, «Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante el ensayo de corte.», [En línea]. Disponible en: https://asefma.es/wp-content/uploads/2021/03/31.-ensayo_Maquetaci%C3%B3n-1.pdf
- [34] «EL ENSAYO DE ADHERENCIA DE ADHERENCIA ENTRE CAPAS SEGUN NLT:382». Accedido: 19 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ateb.es/index.php/site-administrator/articulos-tecnicos/item/455-el-ensayo-de-adherencia-de-adherencia-entre-capas-segun-nlt-382>
- [35] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Manual de Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción (EG-2013) R.D. N° 22-2013 – MTC (Edición – Marzo de 2014)», en *Manuales de Carreteras*, Lima, 2014, p. 605. [En línea]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf
- [36] «EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA -CRS-1», Venta asfalto rc 250 en Lima | Ventas Aditivos para la Construcción, Venta asfalto rc 250 peru, Química de limpieza, Productos de limpieza, Venta asfalto rc 250 peru, Expertos en productos de limpieza, ventas asfalto lima, ventas aditivos lima, aditivos para Construcción peru, emulsiones asfálticas peru, alquitran, Brea Industrial, Masilla para calamina, CORPORACIÓN GRIMSA. Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.corporaciongrimsa.com.pe/project/emulsion-asfaltica-de-rotura-rapida-crs-1/>
- [37] SEACE, «Ficha técnica RC-250». [En línea]. Disponible en: <https://prod4.seace.gob.pe/documentos//documentos/FichaSubInv/562727769rad5F30D.pdf>
- [38] «ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ». 2019. [En línea]. Disponible en: <https://asfaltos.petroperu.com.pe/docs/especificaciones/et-al-mc30.pdf>
- [39] R. Hernández Sampieri, *Metodología de la Investigación Hernández Sampieri 6a Edición*, Sexta edición. México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
- [40] J. Xu *et al.*, «Recycling solid wastes into asphalt mastics for low-carbon pavements: Performance investigation and environmental impact assessment», *J. Clean. Prod.*, vol. 530, p. 146851, nov. 2025, doi: 10.1016/j.jclepro.2025.146851.
- [41] R. O. G. Sburlati y J. Sapei, «Emulsiones de imprimación, su aporte en la adherencia», *Infraestruct. Vial*, vol. 16, n.º 28, pp. 33-43, sep. 2014, doi: 10.15517/iv.v16i28.14196.

Anexos
Tabla XL
MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	RANGO	UNIDADES	MÉTODOS DE MEDICIÓN	
¿Cómo influye la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico empleando diferentes tipos de líquidos imprimantes?	Objetivo General	Aplicando diferentes tipos de líquidos imprimantes mejorará la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico.	Variable Independiente Líquido imprimante		Viscosidad		cP (Centipoises)	Especificaciones del producto	
	Analizar la mejora de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico empleando diferentes tipos de líquidos imprimantes.				Dosificación		L/m ²	Control mediante báscula y boquillas de aspersión	
	Objetivos Específicos				Tiempo de curado	6-12-24 hrs	Días	Registro del tiempo	
	Determinar la adherencia del pavimento mediante una muestra patrón de una base y capa de rodadura.		Variable Dependiente Adherencia entre capas	Resistencia al corte			Mpa	Ensayo de Cizallamiento en Interface (ASTM D5321)	
	Determinar el porcentaje de dosificación adecuado de líquido imprimante en el diseño de pavimentos.			Resistencia a la tracción indirecta - flexión			Mpa	Ensayo de Tracción Indirecta (ASTM D6931)	
				Ensayo de adherencia compresión		0.50-0.70 Mpa	Mpa	Ensayo de adherencia de capas NLT-382	
	Identificar el efecto de la incorporación de líquidos imprimantes en la durabilidad y adherencia en la capa base y de rodadura de los pavimentos flexibles.		Variables Intervinientes Humedad				2% - 4%	%	Medición al momento de aplicación Higrómetro
	Evaluar el impacto ambiental en la aplicación de líquidos imprimantes de pavimentos.		Temperatura				10 °C a 50 °C	°C	Medición antes y durante el ensayo Termómetro

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
- CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° LEM USAT 005-2025-I

FECHA: 21 de octubre 2025

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Paula Irene Silva Calderon

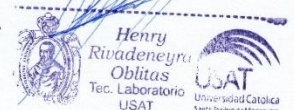

TITULO DE LA TESIS: Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes.

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


- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico por tamizado
- Peso específico y absorción
- Abrasión de los Ángeles
- Equivalente de arena
- Límites Atterberg
- Gravedad específica de mezcla bituminosa
- Contenido de sales solubles
- Proctor modificado
- CBR en laboratorio
- Método MARSHALL - ASTM - d 1559 AASTHO t -245
- Ensayo de adherencia de capas según NLT-382/08
- Ensayo de Cizallamiento - ASTM D7196

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil





Tesista : Silva Calderon, Paula
 Escuela : Escuela de Ingenieria Civil
 Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfaltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo 13 de junio del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
 Referencia : NTP 339,146 - EG - 2000

EXAMEN CUANTITATIVO

Muestra : Arena
 Cantera : Tres Tomas

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	7.50	8.10	8.20
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.20	4.50	4.80
EQUIVALENTE DE ARENA	56.00 %	55.56 %	58.54 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	57 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):			
Minimo : 60 % Minimo			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Firma: Henry Pineda
 Ingeniero Civil
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



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



Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo 13 de junio del 2025

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
Referencia : NTP 339,146 - EG - 2000

EXAMEN CUANTITATIVO


Muestra : Arena
Cantera : EI 5

I.- DATOS


MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	6.30	6.70	6.90
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.50	3.80	3.50
EQUIVALENTE DE ARENA	55.56 %	56.72 %	50.72 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	55 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000): Minimo : 60 % Maximo			

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



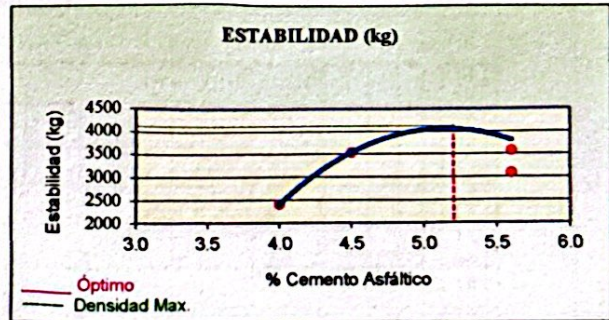
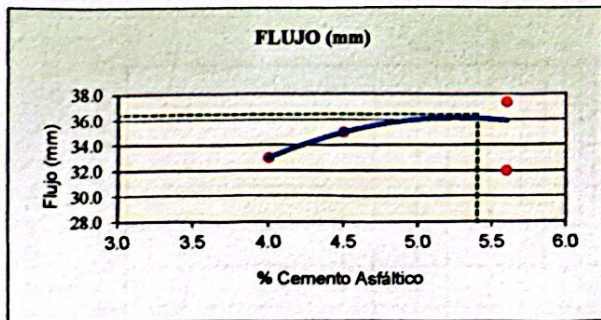
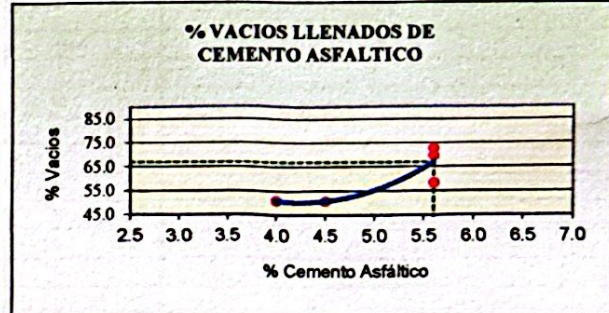
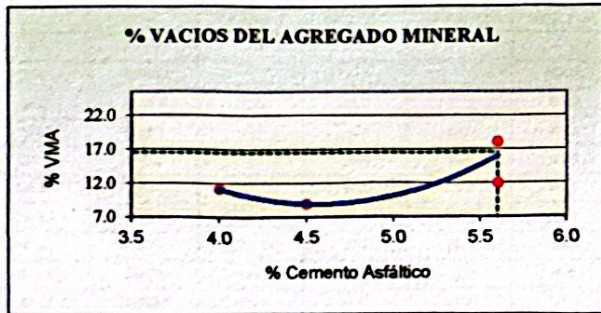
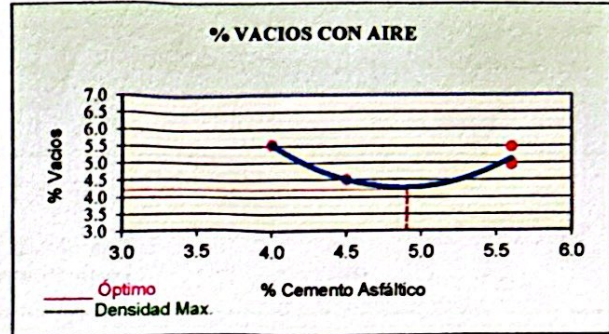
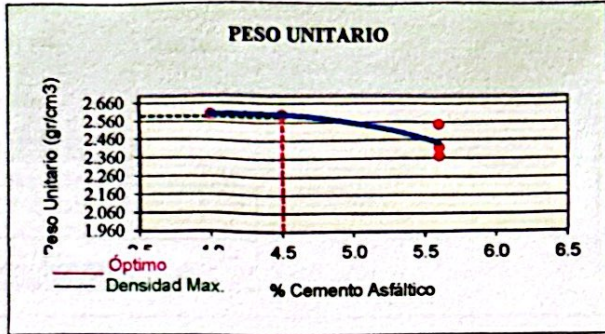
Henry
Rivadeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT




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

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

TESIS : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
MATERIAL : Escuela de Ingeniería Civil
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
TESISTA : Silva Calderon, Paula



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.9
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.588
Vacios (%)	4.20
Vacios del Agregado mineral (%)	16.50
Vacios Llenados de C.A (%)	67.00
Flujo (mm)	9.25
Estabilidad (Kg)	4120
Relación Polvo Asfalto	1.01

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



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



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

MATERIALES : Agregados chancados

MATERIAL : Escuela de Ingeniería Civil

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Silva Calderon, Paula

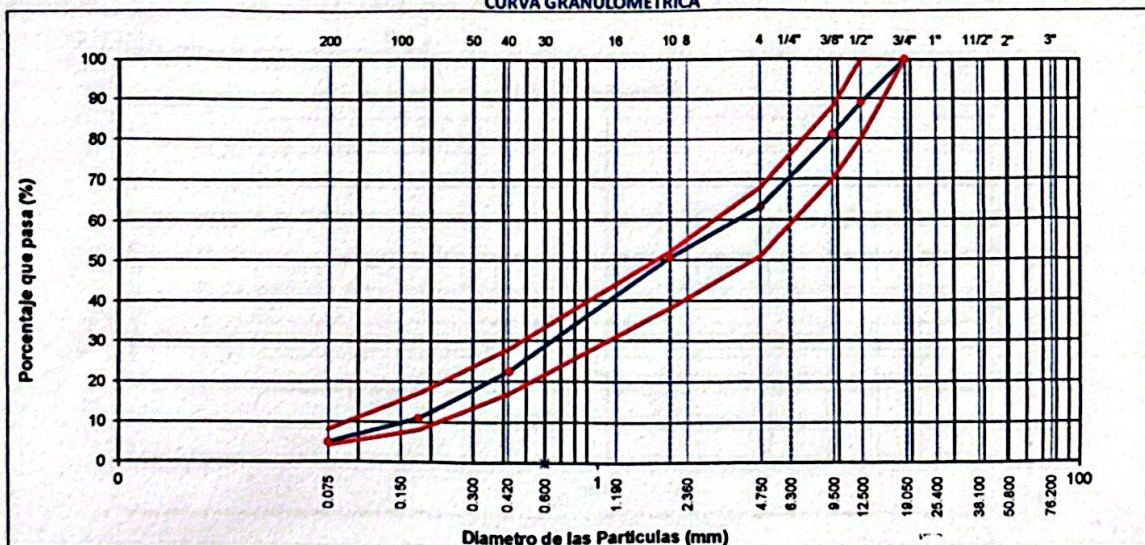
DATOS DE DISEÑO


Grava Chancada 3/4"	45%
Arena Chancada 1/4"	55%
Cemento (Filer)	1%
Vidrio Molido	0%
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	


TAMAÑO MÁXIMO : 3/4"
Peso Inicial seco : 4000 g

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	0			100.0	100	
1/2"	12.500	439	11.0	11.0	89.0	80 100	
3/8"	9.500	319	8.0	18.9	81.1	70 88	
Nº 4	4.750	717	17.9	36.9	63.1	51 68	
Nº 10	2.000	226.2	12.5	49.4	50.6	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	509.1	28.2	77.6	22.4	17 28	
Nº 80	0.177	208.8	11.6	89.1	10.9	8 17	
Nº 200	0.075	109.0	6.0	95.2	4.8	4 8	
< Nº 200	FONDO	86.9	4.8	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA




Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIAS
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTA TORIBIO DE MOGROVEJO

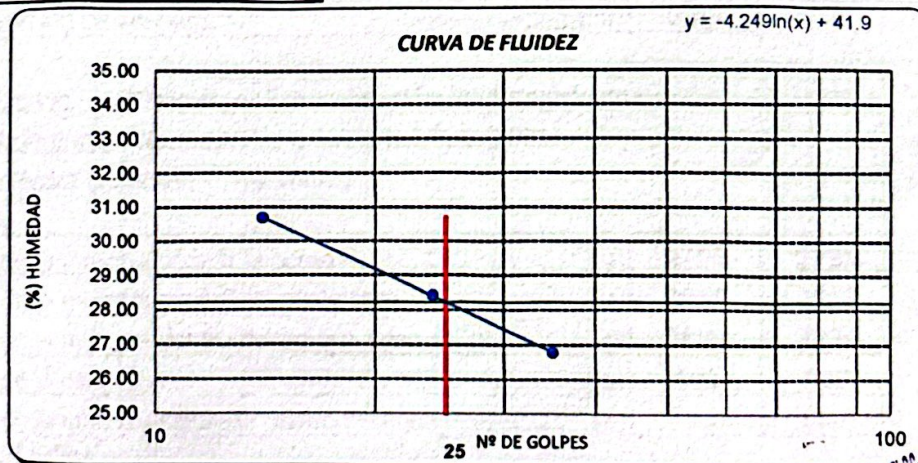

TECNICO DE LABORATORIO

Tesista : Silva Calderon, Paula
 Escuela : Escuela de Ingenieria Civil
 Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfaltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 13 de junio del 2025


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	
	12	15	16	1	20	
N° de tarro	12	15	16	1	20	
N° de golpes	35	24	14	14		
Tarro + suelo húmedo	21.49	15.93	11.98	11.98	18.91	
Tarro + suelo seco	18.48	14.04	10.9	10.9	17.53	
Agua	3.01	1.89	1.08	1.08	1.38	
Peso del tarro	7.24	7.39	7.38	7.38	10.92	
Peso del suelo seco	11.24	6.65	3.52	3.52	6.61	
Porcentaje de humedad	26.78	28.42	30.68	30.68	20.88	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	28.22
Límite Plástico	20.88
Índice de Plasticidad	7.35



Observaciones:


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


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



Tesista : Silva Calderon, Paula
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo 13 de junio del 2025

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Pt	(g)	1013.1	1013.1
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	706.26	706.26
3.- Peso del Agua	(g)	306.79	306.79
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasc	(g)	703.63	703.63
5.- Peso del Frasco	(g)	206.26	206.26
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	497	497
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.574
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.588
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.610
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.53

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

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	2795	2795
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2809	2809
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del car	(g)	2880	2370
4.- Peso de la canastilla	(g)	900	900
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1980	1470

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.578
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.591
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.612
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.50



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Teelista : Silva Calderon, Paula
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
 Proyecto/Tests : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
 Ubicación : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo 13 de junio del 2025

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-1

PROFUNDIDAD : 0.10 m - 1.50 m

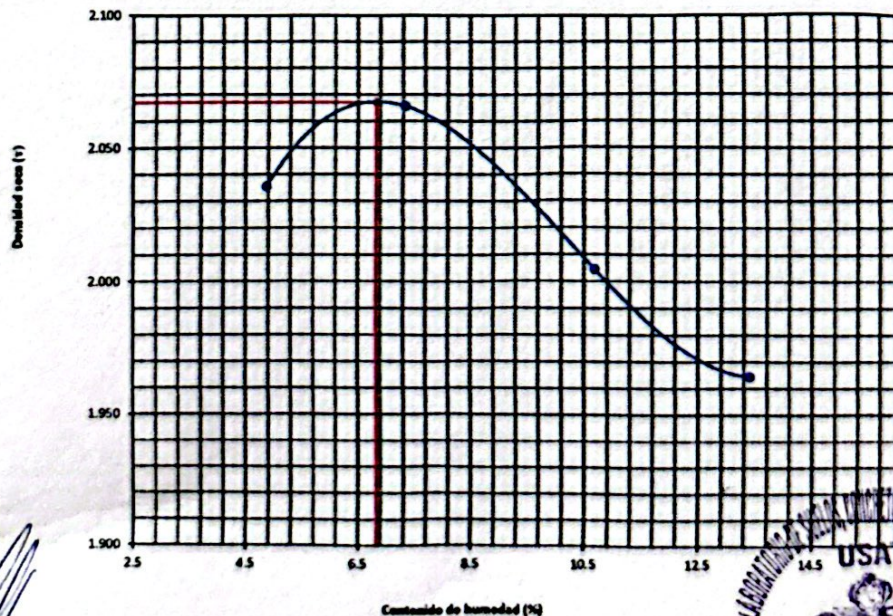
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	10851	11035	11038	11058
Peso del molde	g	6096	6096	6096	6096
Peso del suelo húmedo compactado	g	4755	4939	4942	4962
Volumen del molde	cm ³	2227.50	2227.50	2227.50	2227.50
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.135	2.217	2.219	2.228

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	178.15	147.63	229.94	158.90
Peso del suelo seco + tara	g	171.2	139.50	210.50	143.50
Peso de tara	g	28.49	28.75	28.56	28.56
Peso de agua	g	6.95	8.13	19.44	15.4
Peso de suelo seco	g	142.71	110.75	181.94	114.94
Contenido de agua	%	4.9	7.3	10.7	13.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.036	2.066	2.004	1.964

DENSIDAD MAXIMA SECA	2.067	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	6.82	%

GRAFICO DEL PROCTOR




 Henry Ruideneym Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

Personal del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos e Ingeniero de Laboratorio del BANCO DE LABORATORIO

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

TESIS : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
 ESCUELA : Escuela de Ingeniería Civil
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TESISTA : Silva Calderon, Paula

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	730	730	730	730	730
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2565	2565	2565	2565	2565
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	2119	2085	2078	2054	2075
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3347.0	3392.0	3382.0	3334.0	3320.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1228	1307	1304	1280	1245
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	446	480	487	511	490
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.753	2.723	2.678	2.505	2.541



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT




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



Tesista : Silva Calderon, Paula
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo 13 de junio del 2025

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	999	999
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	950	950
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	5.16	5.16
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	5.16	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	2573	2573
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2560	2560
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.51	



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT




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



Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil

Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 13 de junio del 2025

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Cantera: Tres Tomas

Muestra: M-1

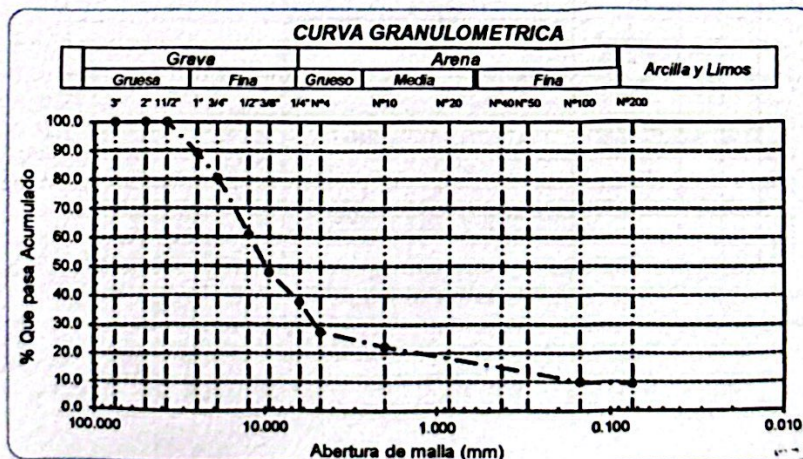
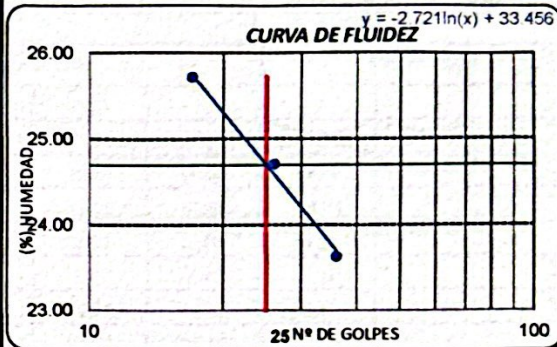
Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	10.8	89.2
3/4"	19.000	19.5	80.5
1/2"	12.500	39.1	60.9
3/8"	9.500	52.1	47.9
1/4"	6.300	62.3	37.7
N° 4	4.750	72.6	27.4
N° 10	2.000	77.8	22.2
N° 20	0.850	82.8	17.2
N° 50	0.300	87.3	12.7
N° 100	0.150	90.0	10.0
N° 200	0.075	90.7	9.3


Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	19.5	72.6
	G.F. %	53.1	
% Arena	A.G. %	5.2	18.1
	A.M. %	8.6	
	A.F. %	4.3	
% Arcilla y Limo		9.3	9.3
Total			100.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	24.70 (%)
Límite Plástico (LP)	12.83 (%)
Índice Plástico (IP)	11.87 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	
Descripción del suelo	
Clasificación (AASHTO)	A-2-6 (0)
Descripción	REGULAR

Contenido de Humedad	
	3.9



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DEL LABORATORIO



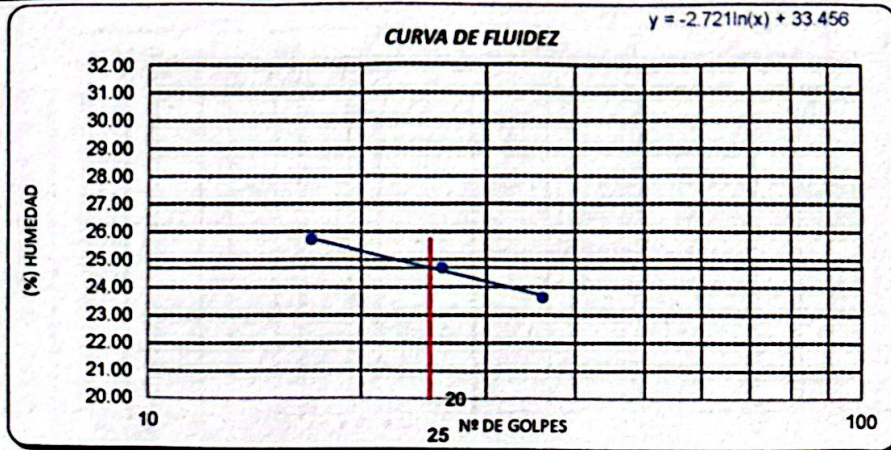
Tesista : Silva Calderon, Paula
 Escuela : Escuela de Ingenieria Civil
 Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfaltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 13 de junio del 2025
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Cantera: Tres Tomas Muestra: M-1


Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico	
	T-1	P-32	P-31	1	2	
N° de tarro				1	2	
N° de golpes	36	26	17	17		
Tarro + suelo húmedo	38.95	27.81	20.57	20.57	14.57	
Tarro + suelo seco	36.48	23.79	17.89	17.89	13.74	
Agua	2.47	4.02	2.68	2.68	0.83	
Peso del tarro	26.03	7.52	7.47	7.47	7.27	
Peso del suelo seco	10.45	16.27	10.42	10.42	6.47	
Porcentaje de humedad	23.64	24.71	25.72	25.72	12.83	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	24.70
Límite Plástico	12.83
Índice de Plasticidad	11.87



Observaciones:


 Henry
 Bivadeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 13 de junio del 2025

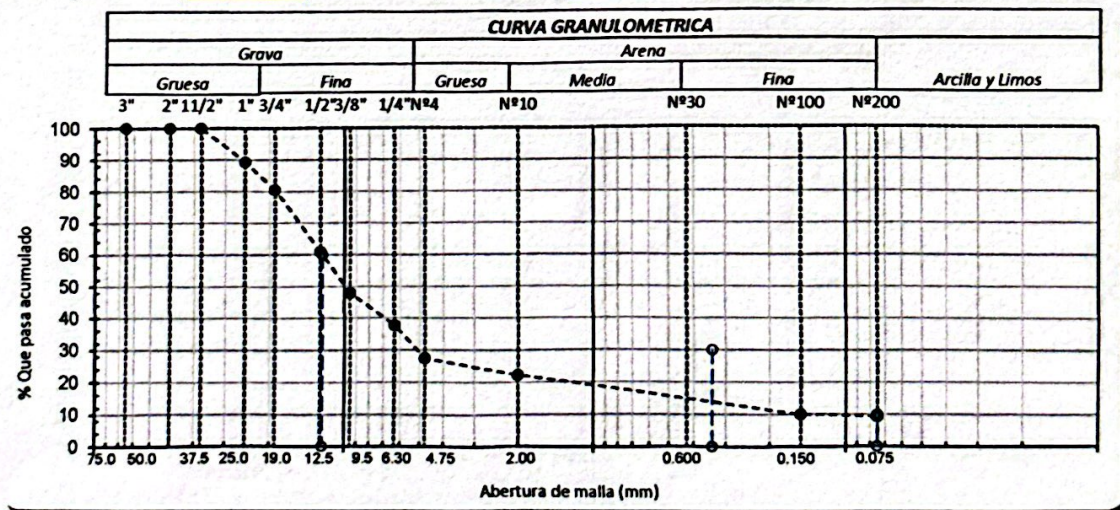
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Cantera: Tres Tomas


Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 5000.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 3953.47 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 500.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 24.7 %
1"	25.000	539.00	10.8	10.8	89.2	LIMITE PLASTICO : 12.83 %
3/4"	19.000	434.00	8.7	19.5	80.5	INDICE PLASTICIDAD : 11.87 %
1/2"	12.500	979.00	19.6	39.1	60.9	CLASF. AASHTO : A-2-6 (0)
3/8"	9.500	648.00	13.0	52.1	47.9	CLASF. SUCS :
1/4"	6.300	508.00	10.2	62.3	37.7	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	515.00	10.3	72.6	27.4	-
Nº10	2.360	94.89	5.2	77.8	22.2	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	91.39	5.0	82.8	17.2	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N40	0.600	64.83	3.6	86.4	13.6	% HUMEDAD
Nº50	0.300	16.92	0.9	87.3	12.7	P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº100	0.150	50.16	2.7	90.0	10.0	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	12.28	0.7	90.7	9.3	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	169.53	9.3	100.0	0.0	Coef. Curvatura



Observaciones:


 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT


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



Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo 13 de junio del 2025

AZUL DE METILENO
(NORMA: AASHTO TP 57)

REFERENCIA DE LA MUESTRA
CANTERA : TRES TOMAS
APLICACIÓN : ASFALTO

MUESTRA M-01

FECHA DE ENSAYO martes, 3 de Octubre de 2023

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución	Peso del Material Fino (N° 200)	Resultado	Especificación EG-213	
	Cada	NÚMERO			Mín.	Máx.
AGREGADO FINO - pesa 200	Cada 0.5 ml	6.0	5.0	1	-	8
		6.0	5.0	1		

RESULTADOS PROMEDIOS: 1

FORMULA DE APLICACIÓN

$$AM = \frac{Csol}{pfinos}$$



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : Escuela de Ingenieria Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 13 de junio del 2025

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131


Cantera : Cantera Tres Tomas
Muestra : Agregado grueso

% de desgaste por abrasión	%	20.0
% de uniformidad	%	0.5

Requerimientc : 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

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



Henry
Ripadeneyre
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



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

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfaltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

ESCUELA : Escuela de Ingeniería Civil

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Silva Calderon, Paula

Grava Chancada 3/4"	45%
Arena Chancada 1/4"	55%
Cemento (Filler)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfaltica	1500	

Piedra	627.75
Arena	767.3
Peso del Cemento	15
Peso de C.A	90

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	36.86	34.80
B Arena	62.14	54.88
C Filler	1	10.32


% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

	100	89.0	81.1	63.1	50.6	22.4	10.9	4.8
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla
Especificaciones IVB

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	34.80	34.80	34.80	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	54.88	54.88	54.88	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	3.78	3.78	3.78	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.526	2.526	2.526	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.547	2.547	2.547	2.537
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.707	2.707	2.707	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.722	2.722	2.722	2.715
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	0.00	0.00	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.01	6.84	6.69	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1241	1212	1242.00	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1245	1224	1251.00	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	729.00	723	738.00	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	516	501	513.0	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.405	2.419	2.421	2.415
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.541	2.541	2.541	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7 \cdot 8)) + (4 \cdot 2 / (9 \cdot 10)))$	gr/cc.	2.537	2.537	2.537	
20 % de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.34	4.79	4.71	4.95
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.754	2.754	2.754	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.791	2.791	2.791	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 \cdot P - 10))$	gr/cc.	2.758	2.758	2.758	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.06	0.06	0.06	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	%	81.62	82.10	82.16	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	13.04	13.11	13.12	
27 % vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	18.38	17.90	17.84	18.04
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	%	5.55	5.55	5.55	
29 Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	%	70.93	73.25	73.57	72.58
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2920	3092	3116	
31 Factor de estabilidad		1.00	1.04	1.00	
32 Estabilidad corregida 31°32	kg	2920	3216	3116	3084
33 Lectura del flexímetro (0.01") (53 / 0.254)	pul.	95	99	98	97
34 Fluencia	m.m.	8.89	9.92	9.65	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3285	3240	3228	3253

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



USAT
TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

ESCUELA : Escuela de Ingeniería Civil

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Silva Calderon, Paula

Grava Chancada 3/4"	45%
Arena Chancada 1/4"	55%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1402.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Piedra	631.125
Arena	771.4
Peso del Cemento	15
Peso de C.A	82.5

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	36.86	34.80
B Arena	62.14	56.77
C Filer	1	8.43


% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200

Mezcla
Especificaciones IVB


	100	89.0	81.1	63.1	50.6	22.4	10.9	4.8
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.6	5.6	5.6
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	34.80	34.80	34.80
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	56.77	56.77	56.77
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	1.89	1.89	1.89
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.526	2.526	2.526
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.547	2.547	2.547
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.707	2.707	2.707
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.722	2.722	2.722
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.26	6.26	6.72
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1096	1043	1060.0
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1117	1071	1054.00
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr. 655.00	626	610.00
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 462	445	444.0
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 2.372	2.344	2.387
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.505	2.505	2.505
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3 \cdot 2 / (7 \cdot 8)) + (4 \cdot 2 / (9 \cdot 10)))$	gr/cc. 2.493	2.493	2.493
20	% de vacíos con aire $100 \cdot (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 5.29	6.43	4.69
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc. 2.699	2.699	2.699
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc. 2.735	2.735	2.735
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4 \cdot P - 10))$	gr/cc. 2.713	2.713	2.713
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% 0.20	0.20	0.20
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) \cdot 17/21$	% 82.16	81.17	82.68
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	% 12.55	12.40	12.63
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	% 17.84	18.83	17.32
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (3+4)$	% 5.41	5.41	5.41
29	Relación betún vacíos $(26/27) \cdot 100$	% 70.33	65.85	72.91
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 3962	3832	3820
31	Factor de estabilidad	1.19	1.25	1.25
32	Estabilidad corregida $31 \cdot 32$	kg 4715	4790	4775
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul. 30	33	32
34	Fluencia	m.m. 7.62	8.93	8.98
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 6187	5715	5637

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TECNICO DE LABORATORIO

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

ESCUELA : Escuela de Ingeniería Civil

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Silva Calderon, Paula

Grava Chancada 3/4"	45%
Arena Chancada 1/4"	55%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1410	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Piedra	634.5
Arena	775.5
Peso del Cemento	15
Peso de C.A	75



Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	36.86	34.80
B Arena	62.14	56.77
C Filler	1	8.43

Mezcla
Especificaciones IVB


% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	89.0	81.1	63.1	50.6	22.4	10.9	4.8	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.6	5.6	5.6
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	34.80	34.80	34.80
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	56.77	56.77	56.77
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	1.89	1.89	1.89
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.526	2.526	2.526
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.547	2.547	2.537
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.707	2.707	2.707
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.722	2.722	2.715
11	Peso específico aparente del filler	1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	6.48	6.56	6.59
13	Peso de la briqueta en el aire	1146	1192	1239.00
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1202	1246	1154.00
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	753.0	774	669.00
16	Volumen de la briqueta 14-15	449	472	485.0
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	2.552	2.525	2.555
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	2.678	2.678	2.678
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	2.493	2.493	2.493
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	4.68	5.68	4.59
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	2.699	2.699	2.699
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	2.735	2.735	2.735
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	2.932	2.932	2.932
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	3.02	3.02	3.02
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	88.39	87.46	88.47
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	6.93	6.85	6.93
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	11.61	12.54	11.53
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	2.83	2.83	2.83
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	59.69	54.67	60.15
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	3208	2732	3293
31	Factor de estabilidad	1.25	1.14	1.09
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	4010	3114	3589
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	32	45	38
34	Fluencia	8.13	11.43	9.85
35	Relación Estabilidad / Fluencia	4934	2775	3719

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT
LABORATORIO
TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

ESCUELA : Escuela de Ingeniería Civil

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Silva Calderon, Paula

Grava Chancada 3/4"	45%
Arena Chancada 1/4"	55%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1417.5	
Peso de C.A	67.5	4.5%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Piedra	637.875
Arena	779.6
Peso del Cemento	15
Peso de C.A	67.5



Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	36.86	35.20
B Arena	62.14	57.43
C Filler	1	7.36

Mezcla
Especificaciones IVB


% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	89.0	81.1	63.1	50.6	22.4	10.9	4.8	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	35.20	35.20	35.20	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	57.43	57.43	57.43	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.91	1.91	1.91	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.526	2.526	2.526	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.547	2.547	2.547	2.537
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.707	2.707	2.707	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.722	2.722	2.722	2.715
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.45	6.91	6.89	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1183	1238	1182.00	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1189	1191	1243.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	743.0	712	782.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	446	479	461.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.652	2.585	2.564	2.600
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.723	2.723	2.723	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/(7+8)) + (4^2/(9+10)))$	gr/cc.	2.536	2.536	2.536	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.59	5.08	5.84	4.50
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.699	2.699	2.699	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.735	2.735	2.735	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4^2/P - 10))$	gr/cc.	2.925	2.925	2.925	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 2) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	2.93	2.93	2.93	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	92.93	90.55	89.83	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	4.48	4.37	4.33	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	7.07	9.45	10.17	8.89
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	1.78	1.78	1.78	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	63.39	46.21	42.60	50.74
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2564	3478	2885	
31	Factor de estabilidad		1.25	1.14	1.19	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	3205	3965	3433	3534
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	32	38	35	
34	Fluencia	m.m.	8.13	9.85	8.89	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3943	4108	3862	3872

Henry Riodeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes

ESCUELA : Escuela de Ingeniería Civil

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Silva Calderon, Paula

Grava Chancada 3/4"	45%
Arena Chancada 1/4"	55%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1425	
Peso de C.A	60	4.00%
Peso del Cemento	15	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	


Piedra	641.25
Arena	783.8
Peso del Cemento	15
Peso de C.A	60

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	36.86	35.39
B Arena	62.14	54.85
C Filler	1	9.76

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	89.0	81.1	63.1	50.6	22.4	10.9	4.8	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	35.39	35.39	35.39	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	54.85	54.85	54.85	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	4.80	4.80	4.80	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.526	2.526	2.526	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.547	2.547	2.547	2.537
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.707	2.707	2.707	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.722	2.722	2.722	2.715
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.74	6.74	6.45	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1140	1209	1218.0	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1150	1216	1234.0	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	706.0	751	772	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	444.0	465	462	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.568	2.600	2.636	2.601
18 Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.753	2.753	2.753	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	2.627	2.627	2.627	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	6.75	5.57	4.25	5.52
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	2.782	2.782	2.782	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	2.820	2.820	2.820	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4^2/P-10))$	gr/cc.	2.933	2.933	2.933	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.88	1.88	1.88	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	87.70	88.81	90.05	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	5.55	5.62	5.70	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	12.30	11.19	9.95	11.14
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	2.30	2.30	2.30	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	45.12	50.21	57.28	50.87
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2653	2002	2564	
31 Factor de estabilidad		1.25	1.19	0.81	
32 Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	2653	2002	2564	2406
33 Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	43	24	32	33
34 Fluencia	m.m.	10.92	6.10	8.13	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2429	3284	3155	2956

Henry Rivadeneiry Oblitas
Téc. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 13 de junio del 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u>	: Tres tomas
<u>Muestra</u>	: Piedra
<hr/>	
Constituyentes de sales solubles totales	ppm 2100
Constituyentes de sales solubles totales	% 0.21

OBSERVACIONES :

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



Henry Riuadeneys Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 13 de junio del 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u> : Patapo		
<u>Muestra</u> : Arena		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1900
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.19

OBSERVACIONES :

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


 Henry Ricadene Obllitas
 Tec. Laboratorio USAT


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



Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : Escuela de Ingenieria Civil
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 13 de junio del 2025

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

<u>Cantera</u> : Tres tomas		
<u>Muestra</u> : Piedra		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1400
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.14

OBSERVACIONES :

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



Henry Rivadeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



USAT

TECNICO DE LABORATORIO



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



Alumno/Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes
Lugar : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 13 de Marzo del 2025

ENSAYO : Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante el ensayo de corte.
NORMA : NLT-382/08

Muestra	Identificación	L	A	Área bruta	Carga	Esfuerzo de compresión a la adherencia (kg/cm ²)	TOTAL PROMEDIO	NORMATIVA NLT-382/08
N°		(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)		(kg/cm ²)	Mpa
01	Muestra patrón	7.95	10.09	160.43	1450	9.0	9.50	> 0.70 Mpa
02		7.96	10.10	160.79	1540	9.6		
03		7.92	10.10	159.98	1580	9.9		



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



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



Alumno/Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico
Lugar : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 13 de Marzo del 2025

ENSAYO : Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante el ensayo de corte.
 NORMA : NLT-382/08

Muestra	Identificación	L	A	Área bruta	Carga	Esfuerzo de compresión a la adherencia (kg/cm ²)	TOTAL PROMEDIO	NORMATIVA NLT-382/08
Nº		(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)		(kg/cm ²)	Mpa
01	MC-30	7.84	10.06	157.74	1310	8.3	9.13	> 0.70 Mpa
02		7.96	10.04	159.84	1450	9.1		
03		8.04	10.02	161.12	1610	10.0		
01	MC-30	8.12	10.02	162.72	1660	10.2	9.90	> 0.70 Mpa
02		8.00	10.01	160.16	1540	9.6		
03		7.98	10.04	160.24	1580	9.9		
01	MC-30	8.04	10.04	161.44	1780	11.0	11.60	> 0.70 Mpa
02		7.86	10.02	157.51	1920	12.2		
03		7.96	10.04	159.84	1860	11.6		

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



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



Alumno/Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico
Lugar : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 13 de Marzo del 2025

ENSAYO : Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante el ensayo de corte.
 NORMA : NLT-382/08

Muestra	Identificación	L	A	Área bruta	Carga	Esfuerzo de compresión a la adherencia (kg/cm ²)	TOTAL PROMEDIO	NORMATIVA NLT-382/08
Nº		(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)		(kg/cm ²)	Mpa
01	RC-250	8.15	10.05	163.82	1310	8.0	8.93	> 0.70 Mpa
02		8.04	10.06	161.76	1450	9.0		
03		8.12	10.07	163.54	1610	9.8		
01	RC-250	7.68	10.03	154.06	1750	11.4	11.37	> 0.70 Mpa
02		7.98	10.06	160.56	1890	11.8		
03		7.65	10.02	153.31	1670	10.9		
01	RC-250	7.65	10.04	153.61	1780	11.6	11.67	> 0.70 Mpa
02		7.98	10.02	159.92	1920	12.0		
03		8.12	10.03	162.89	1860	11.4		

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Alumno/Tesista : Silva Calderon, Paula
Escuela : ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Tesis : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico
Lugar : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg.
Fecha de Ensayo : Chiclayo, 13 de Marzo del 2025

ENSAYO : Evaluación de la adherencia entre capas de firme, mediante el ensayo de corte.
NORMA : NLT-382/08

Muestra	Identificación	L	A	Área bruta	Carga	Esfuerzo de compresión a la adherencia (kg/cm ²)	TOTAL PROMEDIO	NORMATIVA NLT-382/08
Nº		(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)		(kg/cm ²)	Mpa
01	CRS-1	7.96	10.05	160.00	1300	8.1	7.87	> 0.70 Mpa
02		7.95	10.06	159.95	1250	7.8		
03		7.85	10.03	157.47	1210	7.7		
01	CRS-1	7.82	10.00	156.40	1250	8.0	7.97	> 0.70 Mpa
02		7.89	10.01	157.96	1260	8.0		
03		7.90	10.01	158.16	1250	7.9		
01	CRS-1	7.89	10.06	158.75	1260	7.9	8.10	> 0.70 Mpa
02		7.98	10.00	159.60	1280	8.0		
03		8.01	10.02	160.52	1350	8.4		



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



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



Tesista: Silva Calderon Paula Irene
Escuela: Ingeniería Civil
Tesis: Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque

Fecha de emisión: 2/10/2025

Ensayo: Ensayo de Cizallamiento

Referencia

Referencia	Descripción del Especimen	P= Carga máxima de rotura (Kg)	LADOS DE LA BRIQUETA			LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²) Mr	TOTAL PROM
			Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)			
	Muestra Patrón	110	7.98	1.20	100.10	6.50	1.12	0.97
	Muestra Patrón	97	7.95	1.35	109.00	6.60	0.82	
	Muestra Patrón	98	7.90	1.25	101.10	6.50	0.96	



Henry Rivadeneyra Oblitas
Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



Tesista: Silva Calderon Paula Irene
Escuela: Ingeniería Civil
Tesis: Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Ubicación: Chiclayo, Lambayeque

Fecha de emisión: 2/10/2025

Ensayo: Ensayo de Cizallamiento

Referencia

Descripción del Especimen	P= Carga máxima de rotura (Kg)	LADOS DE LA BRIQUETA			LONGITUD ENTRE APOYOS (mm)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²) Mr	TOTAL PROM
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)			
A(0.3l/m ²) -CRS-1	95	7.98	1.20	100.10	6.50	0.97	0.94
A(0.3l/m ²) -CRS-1	90	7.95	1.35	109.00	6.50	0.75	
A(0.3l/m ²) -CRS-1	97	7.90	1.25	101.10	6.50	0.95	
B(0.5l/m ²) -CRS-1	90	7.92	1.30	100.10	6.50	0.85	
B(0.5l/m ²) -CRS-1	90	7.95	1.30	102.00	6.80	0.87	
B(0.5l/m ²) -CRS-1	105	7.95	1.41	102.20	6.60	0.91	
C(0.6l/m ²) -CRS-1	112	7.90	1.25	101.20	6.50	1.09	
C(0.6l/m ²) -CRS-1	108	7.92	1.32	102.30	6.60	1.00	
C(0.6l/m ²) -CRS-1	122	7.98	1.37	104.20	6.50	1.04	
A(0.3l/m ²) -RC 250	110	7.95	1.30	101.00	6.60	1.04	0.99
A(0.3l/m ²) -RC 250	110	7.90	1.45	102.00	6.60	0.93	
A(0.3l/m ²) -RC 250	105	7.41	1.36	104.00	6.80	1.02	
B(0.5l/m ²) -RC 250	105	7.80	1.45	103.00	6.80	0.92	
B(0.5l/m ²) -RC 250	120	7.65	1.42	104.00	6.80	1.08	
B(0.5l/m ²) -RC 250	112	7.69	1.48	103.00	6.70	0.96	
C(0.6l/m ²) -RC 250	98	7.80	1.53	104.20	6.80	0.80	
C(0.6l/m ²) -RC 250	121	7.65	1.52	104.00	6.60	0.99	
C(0.6l/m ²) -RC 250	136	7.65	1.50	105.00	6.70	1.13	
A(0.3l/m ²) -MC 30	130	7.65	1.65	102.00	6.70	1.01	0.95
A(0.3l/m ²) -MC 30	110	7.70	1.35	100.00	6.60	1.05	
A(0.3l/m ²) -MC 30	95	7.90	1.45	101.00	6.80	0.84	
B(0.5l/m ²) -MC 30	96	7.95	1.32	102.00	6.70	0.90	
B(0.5l/m ²) -MC 30	95	7.70	1.40	102.00	6.70	0.87	
B(0.5l/m ²) -MC 30	110	7.90	1.40	101.00	6.80	1.00	
C(0.6l/m ²) -MC 30	95	7.80	1.35	100.00	6.60	0.89	
C(0.6l/m ²) -MC 30	108	7.85	1.42	103.00	6.70	0.95	
C(0.6l/m ²) -MC 30	114	7.96	1.36	104.00	6.70	1.02	



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT





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



TESISTA: : Silva Calderon, Paula
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto
asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Junio del 2025
Título : El ensayo de adherencia de capas según NLT-382/08.
Código : NLT-382/08

Código	Identificación	Diámetro (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga (P) (KN)	Tc
CP-01	Muestra Patrón	101.60	73.56	235	0.24
CP-03	Muestra Patrón	101.60	84.01	435	0.44
CP-02	Muestra Patrón	101.60	78.18	235	0.24

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO


Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA
Santo Toribio de Mogrovejo



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



TESISTA: : Silva Calderon, Paula
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Junio del 2025

Título : El ensayo de adherencia de capas según NLT-382/08.

Código : NLT-382/08

Henry Rivadeneyra Oblitas
Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Código	Identificación	Diámetro (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga (P) (KN)	Tc
CP-01	A(0.3l/m2) -MC-30	101.60	84.08	280	0.28
CP-02	A(0.3l/m2) -MC-30	101.60	83.94	380	0.38
CP-03	A(0.3l/m2) -MC-30	101.60	80.68	335	0.34
CP-04	B(0.5l/m2) -MC-30	101.60	77.8	480	0.48
CP-05	B(0.5l/m2) -MC-30	101.60	80.85	480	0.48
CP-06	B(0.5l/m2) -MC-30	101.60	74.96	300	0.30
CP-07	C(0.6l/m2) -MC-30	101.60	78.1	235	0.24
CP-08	C(0.6l/m2) -MC-30	101.60	79.8	235	0.24
CP-09	C(0.6l/m2) -MC-30	101.60	85.16	335	0.34
CP-01	A(0.3l/m2) -RC-250	101.60	79.55	215	0.22
CP-02	A(0.3l/m2) -RC-250	101.60	74.55	220	0.22
CP-03	A(0.3l/m2) -RC-250	101.60	73.15	230	0.23
CP-04	B(0.5l/m2) -RC-250	101.60	75.81	300	0.30
CP-05	B(0.5l/m2) -RC-250	101.60	74.86	310	0.31
CP-06	B(0.5l/m2) -RC-250	101.60	74.55	255	0.26
CP-07	C(0.6l/m2) -RC-250	101.60	79.01	335	0.34
CP-08	C(0.6l/m2) -RC-250	101.60	78.36	480	0.48
CP-09	C(0.6l/m2) -RC-250	101.60	78.56	460	0.46
CP-01	A(0.3l/m2) -CRS-1	101.60	74.1	270	0.27
CP-02	A(0.3l/m2) -CRS-1	101.60	73.6	280	0.28
CP-03	A(0.3l/m2) -CRS-1	101.60	74.55	270	0.27
CP-04	B(0.5l/m2) -CRS-1	101.60	76.44	290	0.29
CP-05	B(0.5l/m2) -CRS-1	101.60	75.86	270	0.27





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



CP-06	B(0.5l/m ²) -CRS-1	101.60	76.26	280	0.28
CP-07	C(0.6l/m ²) -CRS-1	101.60	79.53	280	0.28
CP-08	C(0.6l/m ²) -CRS-1	101.60	79.58	300	0.30
CP-09	C(0.6l/m ²) -CRS-1	101.60	80.1	310	0.31

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO


 Henry
Rivadenebra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
 USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

CONFORMIDAD DE ASESOR
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Chiclayo, 29 de octubre del 2025.

Señores

López Carranza, Atilio Rubén
Castillo Velarde, Roberto Carlos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil -USAT
Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: **"Análisis de la adherencia entre la base y capa de rodadura de concreto asfáltico para diferentes tipos de líquidos imprimantes"** presentado por el estudiante **SILVA CALDERON PAULA IRENE** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



ING. Gian Franco Pérez Garavito
Docente Asesor

Ilustración 36 Conformidad del asesor