



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO
UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI
BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO
AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO
MECÁNICO DEL PAVIMENTO**

**PRESENTADA POR
ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA
HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO**

**ASESOR
FELIPE EDGARDO GARCÍA BEDOYA**

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

**LIMA – PERÚ
2024**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO
RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA
REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA

HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO

ASESOR

MG. FELIPE EDGARDO GARCÍA BEDOYA

LIMA, PERÚ

2024

Quiero expresar mi gratitud en esta investigación, en primer lugar, a Dios por orientar mi camino y ayudarme en cumplir mis metas. A mis padres, ya que sin su apoyo y comprensión, no habría sido posible alcanzar este logro.

Además, agradecer a nuestro asesor Felipe Edgardo García Bedoya, cuya amplia experiencia enriqueció significativamente nuestro conocimiento y contribuyó al desarrollo de esta tesis.

Arlex Pascual Barrantes Ticlla

Primeramente agradezco a Dios por darme sabiduría y fortaleza a lo largo de esta vida universitaria que no fue nada fácil, se nos presentó muchos obstáculos en la cual afronte cada uno de ellos con gran perseverancia. Y agradezco principalmente a mis padres que siempre estuvieron conmigo apoyándome en mi carrera profesional, a mis hermanos por su apoyo incondicional, a mis tías por siempre confiar en mí, como también a mi compañera de vida que siempre está a mi lado acompañándome.

Herry Marcial Bonilla Lezcano

Esta tesis se dedica en honor a nuestros padres, quienes nos inculcaron una formación basada en principios, nos motivaron a fijarnos metas y a esforzarnos por alcanzarlas. Asimismo, expresamos nuestro deseo de que esta tesis pueda servir de inspiración a los lectores y sentar las bases para futuras investigaciones.

Arlex Pascual Barrantes Ticlla
Herry Marcial Bonilla Lezcano

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	4
1.2.1 Problema General	4
1.2.2 Problemas Específicos	4
1.3 Objetivo general y específicos	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivo Específicos	5
1.4 Justificación de la investigación	5
1.4.1 Justificación científica o teórica	6
1.4.2 Justificación practica o social	6
1.4.3 Justificación metodológica	6
1.5 Importancia de la investigación	7
1.6 Viabilidad de la investigación	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	8
2.1.1 Antecedentes Internacionales	8
2.1.2 Antecedentes Nacionales	10
2.2 Bases Teóricas	14
2.2.1 Pavimento	14
2.2.2 Tipos de pavimento	14
2.2.3 Etapas del pavimento	15

2.2.4 Índice de Serviciabilidad del presente (PSI) en el Pavimento	17
2.2.5 Mantenimiento y rehabilitación vial	20
2.2.6 Pavimento asfáltico reciclado (RAP)	20
2.2.7 Mezclas asfálticas	24
2.2.8 Aditivos	26
2.2.9 Resina Epoxi Bisfenol-A	26
2.2.10 Método Marshall	27
2.2.11 Ensayos de Laboratorio	41
2.3 Definición de bases teóricas	42
CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES	
3.1 Hipótesis	44
3.1.1 Hipótesis general	44
3.1.2 Hipótesis específicas	44
3.2 Variables	44
3.2.1 Definición conceptual	45
3.2.2 Definición operacional	45
3.3 Operacionalización de variables	46
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	
4.1 Diseño Metodológico	47
4.1.1 Enfoque investigación	47
4.1.2 Tipo de investigación	47
4.1.3 Nivel de investigación	48
4.1.4 Diseño de investigación	48
4.2 Diseño muestral	49
4.2.1 Población	49
4.2.2 Muestra	49
4.2.3 Materiales y equipos	50

4.3 Técnicas de recolección de datos	50
4.4 Aspectos éticos	52
CAPÍTULO V: RESULTADOS	
5.1 Extracción de muestras	53
5.2 Ejecución de ensayos de laboratorio	53
5.2.1 Mezcla asfáltica reciclada	53
5.2.2 Agregado pétreo de adición	59
5.2.3 Elaboración de mezclas asfálticas en caliente	103
5.3 Resultado de briquetas	111
5.3.1 Óptimo Convencional	111
5.3.2 Óptimo de C.A más RAP	112
5.3.3 Óptimo de RAP más Resina Epoxi Bisfenol-A	113
5.4 Análisis comparativo entre las resistencias del pavimento convencional, reciclado (RAP) y resina epoxi bisfenol-A con RAP	114
5.5 Análisis económico de precios unitarios entre el pavimento convencional, reciclado (RAP) y resina epoxi bisfenol-A con RAP	115
5.6 Matriz Leopold	118
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN	
6.1 Contrastación de hipótesis	120
6.1.1 Hipótesis general	120
6.1.2 Hipótesis específicas	120
6.2 Contrastación de antecedentes	121
6.2.1 Antecedentes internacionales	121
6.2.2 Antecedentes nacionales	122
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES	125
FUENTES DE INFORMACIÓN	126
ANEXOS	131

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Sistema Vial en el Perú (Km)	2
Figura 2 Producción de mezclas bituminosas en caliente	3
FIGURA 3 Serviciabilidad Inicial (Pi) en el pavimento	17
Figura 4 Serviciabilidad Final o Terminal del Pavimento	18
Figura 5 Variación Serviciabilidad del Pavimento	19
Figura 6 Fresado del pavimento asfáltico	21
Figura 7 Preparación de briquetas Marshall	30
Figura 8 Compactación y desmolde de briquetas Marshall	31
Figura 9 Cálculo de briquetas Marshall	32
Figura 10 Requisitos para agregado grueso	33
Figura 11 Requisitos para agregado fino	33
Figura 12 Requisito Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)	34
Figura 13 Requisito temperatura cemento asfáltico	34
Figura 14 Requisito de penetración de cemento asfáltico	35
Figura 15 Requisito de grado de penetración del cemento asfáltico	36
Figura 16 Requisitos para mezcla de concreto bituminoso	37
Figura 17 Requisitos de vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)	37
Figura 18 Curvas Marshall	41
Figura 19 Extracción de muestras	53
Figura 20 Lavado asfáltico reciclado	55
Figura 21 Lavado asfáltico reciclado	55
Figura 22 Granulometría de asfalto reciclado	56
Figura 23 Granulometría del asfalto reciclado	59
Figura 24 Granulometría piedra chancada	63
Figura 25 Granulometría confitillo (arena chancada)	64
Figura 26 Peso específico y absorción del agregado grueso	65
Figura 27 Resultado peso específico y absorción del agregado grueso	67
Figura 28 Durabilidad de sulfato de magnesio	68
Figura 29 Resultado durabilidad de sulfato de magnesio	70
Figura 30 Tipos de gradaciones para ensayo de abrasión	71
Figura 31 Ensayo de abrasión (Máquina de los ángeles)	71

Figura 32	Resultado ensayo de abrasión (Máquina de los ángeles)	72
Figura 33	Ensayo de afinidad Agregado - Bitumen	73
Figura 34	Resultado ensayo de afinidad Agregado - Bitumen	74
Figura 35	Resultado índice de durabilidad	75
Figura 36	Ensayo partículas chatas y alargadas	76
Figura 37	Resultado ensayo partículas chatas y alargadas	77
Figura 38	Ensayo partículas fracturadas	78
Figura 39	Resultado ensayo partículas fracturadas	79
Figura 40	Contenido de sales solubles en los suelos	81
Figura 41	Resultado contenido de sales solubles en los suelos	82
Figura 42	Resumen de las Propiedades del Agregado Grueso	82
Figura 43	Granulometría del agregado fino	85
Figura 44	Ensayo gravedad específica y absorción	87
Figura 45	Resultado ensayo gravedad específica y absorción	88
Figura 46	Ensayo equivalente de arena	90
Figura 47	Resultado ensayo equivalente de arena	91
Figura 48	Angularidad del agregado	92
Figura 49	Valor de azul de metileno del agregado y en llenantes minerales	93
Figura 50	Resultado valor de azul de metileno del agregado y en llenantes minerales	94
Figura 51	Límites de consistencia material pasante de la malla n°40	95
Figura 52	Resultado límites de consistencia material pasante de la malla n°40	95
Figura 53	Resultado índice de durabilidad	97
Figura 54	Límites de consistencia material pasante de la malla n°200	98
Figura 55	Resultado límites de consistencia material pasante de la malla n°200	98
Figura 56	Contenido de sales solubles en los suelos	99
Figura 57	Resultado contenido de sales solubles en los suelos	101
Figura 58	Resultado arcilla en terrenos y partículas desmenuzables	102
Figura 59	Resumen de las propiedades del agregado fino	103
Figura 60	Procedimiento para la elaboración de briquetas	106
Figura 61	Análisis de briqueta	110
Figura 62	Resultado óptimo convencional 5.5% C.A	111
Figura 63	Resultado óptimo de C.A más RAP	112
Figura 64	Resultado óptimo de RAP más Resina Bisfenol-A	113

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Operacionalización de variables	46
Tabla 2 Análisis comparativo entre las resistencias del pavimento convencional, reciclado (RAP) y resina epoxi bisfenol-A con RAP	114
Tabla 3 Análisis de precios unitarios para el pavimento convencional	116
Tabla 4 Análisis de precios unitarios para el pavimento reciclado	116
Tabla 5 Análisis de precios unitarios para el pavimento de resina bisf.-A con RAP	116
Tabla 6 Resumen matriz Leopold	119
Tabla 7 Matriz de consistencia	132

RESUMEN

Esta tesis promueve diseñar una mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A reduciendo el impacto ambiental para mejorar las propiedades mecánicas del pavimento, a la vez reducir los costos, reduce el consumo de energía y disminuye las emisiones de dióxido de carbono. La metodología aplicada fue cuantitativa llevando a cabo en la investigación un diseño experimental en laboratorio para respaldar los resultados de los ensayos, esto implica que se medirán y analizarán valores numéricos con el propósito de evaluar la veracidad de las hipótesis.

La problemática de esta investigación se basa en la contaminación ambiental que generan los pavimentos asfálticos cuando llegan a su etapa final de su vida útil ya que necesitará ser renovado o cambiado lo que generan residuos y el uso indiscriminado de vertederos.

Asimismo, el objetivo general de este proyecto implica determinar un diseño de mezcla de asfalto ecológico utilizando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A reduciendo el impacto ambiental para incrementar el rendimiento mecánico del pavimento.

Puesta en práctica, la implementación de la hipótesis de solución fue validada a través de los resultados obtenidos que se valida lo siguiente, con el reemplazo del 20% en peso de los agregados por RAP, el 30% en peso del cemento asfáltico por resina epoxi bisfenol-A se ha logrado un mejor comportamiento mecánico de concreto asfáltico y se favorece la reducción de la contaminación ambiental propósito fundamental de esta investigación.

Palabras clave: Mezcla asfáltica, Método Marshall, Resina epoxi bisfenol-A, RAP

ABSTRACT

This thesis promotes the design of an ecological asphalt mix using RAP added bisphenol-A epoxy resin, reducing the environmental impact to improve the mechanical properties of the pavement, while reducing costs, reducing energy consumption and decreasing carbon dioxide emissions. The methodology applied was quantitative, carrying out an experimental design in the laboratory to support the results of the tests, this implies that numerical values will be measured and analyzed in order to evaluate the veracity of the hypotheses.

The problem of this research is based on the environmental pollution generated by asphalt pavements when they reach the end of their useful life, since they will need to be renewed or changed, which generates waste and the indiscriminate use of landfills.

Likewise, the general objective of this project involves determining an ecological asphalt mix design using RAP added with bisphenol-A epoxy resin, reducing the environmental impact to increase the mechanical performance of the pavement. Put into practice, the implementation of the solution hypothesis was validated through the results obtained that validate the following, with the replacement of 20% by weight of the aggregates by RAP, 30% by weight of the asphalt cement by epoxy resin bisphenol-A, a better mechanical behavior of asphalt concrete has been achieved and the reduction of environmental pollution is favored.

Keywords: Asphalt mix, Marshall method, Bisphenol-A epoxy resin, RAP

NOMBRE DEL TRABAJO

PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO EC
OLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONAD
O CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA

AUTOR

ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA

RECUENTO DE PALABRAS

22458 Words

RECUENTO DE CARACTERES

120525 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

204 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

43.0MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 8, 2024 3:26 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 8, 2024 3:28 PM GMT-5

● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)
- Material citado



Biblioteca FIA

Juana Chunga Rodríguez
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

Como antecedentes de este estudio se ha investigado los diferentes diseños de mezclas de asfaltos en caliente con pavimentos de asfaltos reciclados haciendo uso del método Marshall asimismo hasta la actualidad en el Perú no se empleado material como es las resinas epoxicas bisfenol-A dentro de un diseño asfaltico para mejorar sus propiedades mecánicas.

Esta tesis promueve diseñar una mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A reduciendo el impacto ambiental para incrementar el rendimiento mecánico del pavimento, a la vez reducir los costos, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono.

La problemática de esta investigación es la contaminación ambiental causada por los pavimentos asfalticos cuando llegan al final de su vida útil, en cual se renuevan o cambian, lo que genera desechos y el uso indiscriminado de vertederos, por lo tanto, se justifica la protección del medio ambiente, la preservación de los materiales y economizar en los procesos de construcción y rehabilitación.

Asimismo, es importante destacar que el objetivo general de esta investigación implica en determinar un diseño de mezcla asfáltica ecológica usando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A para incrementar el rendimiento mecánico del pavimento. Por otro lado, en lo que respecta a los objetivos específicos se define en: determinar el óptimo porcentaje de dosificación de 15%, 20%, 25%, 30%, 35% de RAP respecto al diseño óptimo convencional para mejorar el comportamiento mecánico; determinar el óptimo

porcentaje de dosificación de 20%, 30%, 40%, 50%, 100% resina epoxi bisfenol-A en el diseño óptimo de RAP para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento; y demostrar que el uso de resina epoxi bisfenol-A y el reemplazo de los agregados de la mezcla de asfalto con RAP ayudan efectivamente en la reducción de la contaminación del impacto ambiental.

En lo relativo a la hipótesis se propone el diseño de la mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A influye positivamente en la reducción del impacto ambiental y en el comportamiento mecánico del pavimento.

Por otro lado, esta investigación tuvo como limitaciones que el producto de la resina epoxi bisfenol-A no se obtuvo de manera fácil ya que este producto no se produce en el Perú sino a través de importaciones. Un alcance acerca de esta investigación está en reducir el impacto ambiental y económica del uso de pavimentos asfálticos reciclado en caliente. Este aporte permitiría rehabilitar de alguna manera las vías sostenibles, dado que se utilizarán menos agregados vírgenes y la reducción de residuos en vertederos.

Finalmente, la estructura de la tesis denominada “Propuesta de diseño de asfalto ecológico utilizando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A para reducir el impacto ambiental y mejorar el comportamiento mecánico del pavimento”, se presenta a continuación:

Capítulo I, se aborda el planteamiento del problema de investigación, donde se detalla la situación problemática, la formulación del problema, estableciéndose los objetivos y la justificación, importancia y viabilidad de la investigación.

Capítulo II proporciona un marco teórico que abarca los antecedentes de investigación, fundamentos teóricos, y finalmente definición de términos básicos.

Capítulo III se presenta hipótesis generales como específicas, además la definición conceptual y operacional, y por último la operacionalización de las variables.

Capítulo IV abarca la metodología aplicada en la investigación, diseño muestral, técnicas de recolección de datos y aspectos éticos.

Capítulo V se describen claramente los resultados alcanzados luego del trabajo en laboratorio en consonancia con cada objetivo específico.

Capítulo VI se efectúa un análisis detallado de los resultados logrados con los objetivos planteados y se compara con las hipótesis específicas formuladas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

Los orígenes de construcción de pavimentos se remontan al año 3000 a.c en el Imperio Hitita, la actual Turquía, donde utilizaron la piedra para construir caminos pavimentados; técnica también utilizada además en los conocidos caminos construidos por los egipcios y romanos.

Otro material utilizado fue la cal, a mediados del S. XVIII, en países como Gran Bretaña, que gracias a los esfuerzos de ingenieros de la época tales como John Smeaton; fue el principal responsable de transformar las carreteras de las ciudades británicas.

En Latinoamérica cuando la red vial se deteriora, genera incomodidad y aislamiento entre las ciudades; por lo que se debe desarrollar estrategias o sistemas de protección para la infraestructura vial para que la población logre satisfacer sus necesidades básicas y enfrente condiciones de mejora económica.

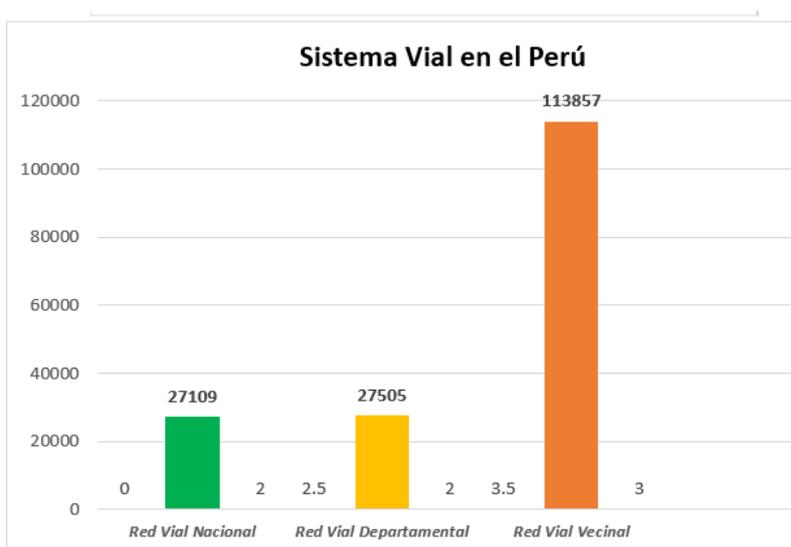
En el Perú la construcción de carreteras, rutas y puentes permite el desarrollo e interacción de los mercados y a la vez menora las tarifas de transporte y optimiza el tiempo de viaje, facilitando así el comercio en las regiones. Además de esto, el acceso terrestre también facilita el ingreso a otros servicios públicos y bienes, tales como la educación y atención médica para el bienestar de nuestra comunidad, que suelen ser escasos para la población mayoritariamente rural. Una infraestructura es pilar para el desarrollo y competitividad de un país, porque a partir del año 2013 ha incorporado en su

normatividad la inclusión de materiales reciclados en la construcción de pavimentos.

Según ComexPerú (2020), el sistema vial está compuesto estructuralmente en 3 niveles: Red Vial Nacional (27,109 km), responsable Ministerio de Transportes y Comunicaciones; la Red Vial Departamental (27,505 km), competencia de los gobiernos regionales, y la Red Vial Vecinal (113,857 km), responsable los gobiernos municipales. En la figura 1 se puede apreciar los Km de las vías en el Perú.

Figura 1

Sistema Vial en el Perú (Km)

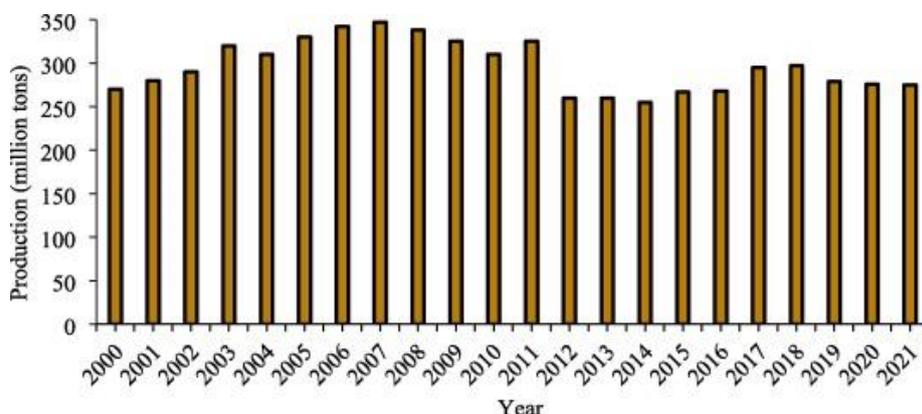


Fuente: Adaptado por los autores

En cuanto al asfalto, Jameel et al., (2023), manifiesta que solo en Europa se produjo 300 millones de toneladas de mezcla de asfalto en caliente en 2021 y construye más del 90% de sus carreteras con estas mezclas, según información de la Asociación Europea de Pavimentos Asfálticos, la producción total de mezcla de asfalto en el mundo se estima en 1500 millones de toneladas al año. La Figura 2 se observa la tendencia de la producción de mezclas bituminosas en caliente en Europa desde 2000 hasta 2021.

Figura 2

Producción de mezclas bituminosas en caliente



Fuente: Jameel et al (2023).

Cuando cesa la vida útil de un pavimento asfáltico y necesita ser cambiado o renovado se puede generar residuos y el uso indiscriminado de vertederos, es así como surge la alternativa más competitiva y sostenible: el reciclaje de pavimentos para reducir el uso de recursos no renovables, áridos naturales y todos los componentes del asfalto que lo único que generan es más contaminación; sin embargo, actualmente estas tecnologías de reciclaje no están correctamente implementadas en el Perú.

Por lo tanto, Yi et a (Wang et al., 2021), menciona que el uso de RAP en la construcción de pavimentos reduce la demanda de nuevos ligantes y aditivos asfálticos, el uso completo de material RAP (es decir, 100 % de contenido RAP) en materiales de pavimento asfáltico puede ahorrar 18 kg de emisiones de dióxido de carbono por tonelada de mezcla.

Es así como se puede observar que con el aumento en el costo de los materiales utilizados para la construcción del pavimento y las estrictas políticas de sostenibilidad y protección del medio ambiente, surge la utilización del reciclaje de asfalto con alto contenido de pavimento de asfalto recuperado (RAP), y con la adición de la resina epoxi bisfenol-A se mejora el

comportamiento mecánico del pavimento siendo una de las múltiples de sus usos, agregando diferentes porcentajes de agregados vírgenes e ir reduciendo en porcentajes de cemento asfáltico hasta encontrar un óptimo diseño en que ayude con el cuidado ambiental.

Como sabemos en los pavimentos flexibles el cemento asfáltico cumple una función fundamental en la producción del concreto asfáltico pero como materia, derivada del petróleo, es altamente contaminante; haciéndose imprescindible procurar el uso de materiales, como son los aditivos, que lo reemplace para reducir riesgos de contaminación.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo mejorar el comportamiento mecánico de los pavimentos de mezclas asfálticas ecológicas con RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Cuál es el porcentaje de dosificación de RAP respecto al diseño óptimo convencional para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento?

¿Cuál es el porcentaje de dosificación de resina epoxi bisfenol-A en el diseño óptimo del RAP para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento?

¿Cuál es el impacto del uso de resina epoxi bisfenol-A y la sustitución de agregados en la mezcla asfáltica por RAP en la reducción de la contaminación y el impacto ambiental en la industria de la construcción de carreteras?

1.3 Objetivo general y específicos

1.3.1 Objetivo General

Determinar un diseño de mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.

1.3.2 Objetivo Específicos

Determinar el óptimo porcentaje de dosificación de RAP respecto al diseño óptimo convencional para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.

Determinar el óptimo porcentaje de dosificación de resina epoxi bisfenol-A en el diseño óptimo de RAP para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.

Demostrar que el uso de resina epoxi bisfenol-A y el reemplazo de los agregados de la mezcla asfáltica con RAP contribuyen efectivamente a la reducción de la contaminación del impacto ambiental.

1.4 Justificación de la investigación

Este estudio de investigación resulta una relevancia significativa debido que mostrará cual será el impacto de la utilización de resina epoxi bisfenol-A y RAP en el comportamiento mecánico de un pavimento, en la preservación del medio ambiente, conservación de los materiales y economizar en los procesos de construcción y rehabilitación.

A continuación, se procederá a describir cada justificación, considerando las dimensiones de esta investigación:

1.4.1 Justificación científica o teórica

Según Borja (2012), la justificación teórica es cuando propósito de la investigación es promover el análisis crítico y debates académicos en relación al conocimiento ya existente, introducir nuevos enfoques y teorías, o bien cuestionar las teorías establecidas.

En estudio de investigación es introducir una alternativa en la construcción para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento al diseñar una mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP con adición resina epoxi bisfenol-A, podrá ser usado como referencia posteriores investigaciones, de esta manera, se fomenta el análisis y el debate académico en el campo del conocimiento.

1.4.2 Justificación practica o social

De acuerdo a Borja (2012), se justifica desde una perspectiva práctica cuando la investigación está enfocada en resolver de un problema y se analizarán los beneficios resultantes de la investigación.

En este estudio de investigación permitirá evaluar los diferentes porcentajes de RAP y resina epoxi bisfenol-A en la mezcla de asfalto ecológico y en efecto el comportamiento mecánico del pavimento, con el fin de dar origen a una interpretación de resultados y escoger la más viable, en la cual será beneficio para el medio ambiente ayudando a reducir emisiones de dióxido de carbono.

1.4.3 Justificación metodológica

Siguiendo la perspectiva de Bernal (2012), la justificación metodológica se presenta cuando se introduce un nuevo enfoque o táctica para la generación de conocimiento que sea válido y confiable. Esto

implica la búsqueda de métodos o técnicas novedosas con el propósito de crear conocimiento.

En este estudio de investigación, la justificación metodológica basada en un diseño asfáltica ecológica utilizando RAP con adición de resina epoxi bisfenol-A con diferentes dosificaciones, con el propósito de analizar el comportamiento mecánico del pavimento, en donde el estudio del diseño de las mezclas se realiza en el laboratorio dando origen a una investigación aplicada.

1.5 Importancia de la investigación

La importancia de este estudio de investigación es crear una mezcla asfáltica ecológica, en la cual la tecnología, la producción y el medio ambiente están estrechamente relacionados. Esto se logra mediante la reutilización de asfalto reciclado y la incorporación de resina epoxi bisfenol-A con el fin de minimizar el impacto ambiental. Se evaluará su viabilidad desde una perspectiva del comportamiento del pavimento para determinar su capacidad como capa asfáltica en la construcción de nuevos pavimentos flexibles.

1.6 Viabilidad de la investigación

El presente estudio de investigación es viable porque se basa en la disponibilidad de los conocimientos requeridos para aplicar esta metodología, se cuenta con diferentes fuentes, tal como: libros, revistas, artículos y antecedentes; de igual manera se cuenta con el apoyo técnico profesional y laboratorio para llevar el estudio de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

(Yang et al., 2023) en su investigación titulada:

Evaluación de la resistencia al agrietamiento de mezclas asfálticas epoxi con pavimento asfáltico 100% recuperado (RAP). Tuvieron como finalidad analizar la capacidad resistente al agrietamiento de mezclas recicladas que contienen 100% RAP utilizando asfalto epoxi y determinar el método óptimo de producción. La validez de los parámetros SCB se comprobó mediante análisis estadístico. Los resultados muestran que las pruebas LSCM muestran que el asfalto epoxi forma una red completamente reticulada con un 40% de epoxi, y el análisis estadístico muestra que las temperaturas y las proporciones de epoxi tienen un efecto significativo en los parámetros SCB. Se concluye que una mezcla graduada con 30% de epoxi puede ser la mejor solución para procesar 100% RAP.

(Vera Piloso, 2022) en su investigación titulada:

Uso del pavimento asfáltico reciclado (RAP) en mezclas asfálticas en caliente para la construcción de la vía del recinto la Carmela, Cantón Santa Lucía. Su objetivo fue examinar el rendimiento de mezclas de asfaltos en caliente que incluyen el pavimento de asfalto reciclado (RAP) mediante la ejecución de diversos análisis de laboratorio que están estandarizados por las regulaciones correspondientes. Se realizó con la metodología de Marshall y su aplicación con ASSHTO 93. Los resultados revelaron que el porcentaje óptimo de asfalto es de 5.5% en el caso de mezclas de asfalto en caliente con un 20% de pavimento asfáltico reciclado. Esto lleva a la conclusión de que al introducir RAP en la

mezcla asfáltica, conlleva a una disminución del contenido de material, especialmente en los agregados, lo que resulta en un ahorro económico significativo en el costo del producto final.

(Cueto Ramos & Rozo Álvarez , 2022) en su investigación titulada: Análisis aplicativo del pavimento asfáltico reciclado (RAP) en Colombia. Su objetivo fue analizar las principales aplicaciones de la reutilización de pavimento de asfalto reciclado y evaluar su viabilidad técnica. Utilizaron la metodología Marshall para llevar a cabo pruebas de estabilidad y flujo en mezclas calientes con una muestra de 300 kg de material reciclado. Los resultados mostraron que las 6 briquetas probadas tenían una deformación plástica promedio de 0,30 cm y un índice de desgaste del 32,2%. Como conclusión, se determinó que las propiedades físicas y mecánicas del material de asfalto reciclado cumplían satisfactoriamente con las especificaciones y requisitos establecidos por la normativa.

(Yi et al., 2023) en su investigación titulada: Influencia del polímero de resina epoxi sobre las propiedades del ligante asfáltico reciclado. Expresaron la intención de analizar cómo la EP influye en las características del asfalto que ha envejecido. Compararon las cualidades químicas, mecánicas y la micromorfología en los aglutinantes EA y EV. Las propiedades reológicas de los aglutinantes que contienen EP se probaron utilizando DSR y BBR. La viscosidad se comprobó usando un viscosímetro Brookfield. Las propiedades de segregación y tracción se probaron utilizando una máquina electrónica de prueba de tracción a compresión. La micromorfología se observó utilizando LSCM. Los cambios químicos se evaluaron mediante FTIR. Cuando el contenido de EP superó el 40%, se formó un sistema de red eficaz en

el aglutinante asfáltico envejecido, en lo cual mejoró el alargamiento por tracción, la reología a alta temperatura y la vida a fatiga del EA en comparación con el EA de la ligante asfáltica virgen. Mientras tanto, el módulo de baja temperatura, así como las concentraciones de sulfóxido y carbonilo de EA fueron menores que las del ligante asfáltico puro. Sugirieron el uso del contenido EP del 40%.

(Villamil Rojas, 2020) en su investigación titulada: Evaluación del comportamiento de mezclas elaboradas con RAP proveniente de desechos del instituto de desarrollo urbano y de la unidad de mantenimiento vial que están siendo aplicadas en vías rurales de Bogotá. Su objetivo se centró en analizar el desempeño de mezclas fabricadas a partir de residuos de las plantas IDU y UMV, incorporando asfalto reciclado (RAP) en diversas proporciones de adición. Para evaluar el estado de las carreteras, utilizaron una metodología visual conocida como "Índice de deterioro superficial". Los resultados indicaron que la resistencia del RAP en el caso de UMV aumentó en un 62% cuando se agregó un 1% de cemento; para el IDU, el aumento fue del 6,5%, y para UMV, del 13,3%. En consecuencia, se determinó que se requieren 117 litros por metro cúbico para el RAP de IDU y 125 litros por metro cúbico para el RAP de UMV. En resumen, se concluyó que las mejores adiciones se obtuvieron utilizando un RAP en un rango del 68 al 69%, combinado con un 20% de agregado mineral, un 3,5% de cemento asfáltico, y finalmente, un cemento hidráulico en el rango del 1 al 1,5%, lo que resultó en un promedio de un 2,5% de concreto asfáltico reciclado.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

(Gargate & Huamaní, 2018) en su investigación titulada: Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional

para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible. Su principal finalidad del trabajo de desarrollo del proyecto fue realizar una evaluación comparativa de mezcla de asfalto tradicional y con polímeros y para maximizar la utilidad mecánica del pavimento. Esto se estableció como el diseño del estudio piloto, el cual fue de naturaleza aplicada y tuvo un enfoque descriptivo en términos de su nivel. Las briquetas de asfalto modificadas y convencionales que ascendían a 56 constituyeron la población y la muestra fueron 28 briquetas de asfalto modificadas para optimización Marshall y otro uno por ciento igualmente para 28 convencionales optimizadas Marshall. Tuvieron como resultado que al incluir polímeros reduce la capa de rodadura, teniendo una recuperación elástica de 85-90%. Se llegó a la conclusión que el nivel adecuado de contenido asfáltico en la mezcla de referencia es del 5.5%, mientras que para la mezcla asfáltica modificada con SBS, el nivel óptimo es del 5.1%.

(Balbin & Chochon, 2019) en su investigación titulada: Diseño de mezcla asfáltica con material reciclado para la mejora del comportamiento mecánico del pavimento en el tramo km 90+000 al km 95+000 de la carretera Canta a Huayllay ubicado en el distrito y provincia de Canta en el departamento de Lima. El objetivo principal de este proyecto de desarrollo consistió en formular una mezcla asfáltica reciclada con el propósito de mejorar las propiedades mecánicas del pavimento de la carretera. Se empleó una metodología basada en la investigación cuantitativa, que incluyó una encuesta básica, así como análisis para evaluar sus propiedades. También es descriptivo porque permite observar los efectos negativos y ventajosos que tiene el reciclaje sobre el desarrollo mecánico. Los resultados conseguidos indicaron que la mezcla de asfalto en caliente resultó ser un 12,75% más económica que la mezcla

tradicional. Como conclusión, al evaluar 15 briquetas con distintos porcentajes de ligante asfáltico, se calculó que era necesario aumentar el ligante asfáltico en un 4,1% adicional al 3% inicial obtenido después del proceso de lavado de asfalto. En total, se estableció que se requería un 7,1% de cemento asfáltico adicional.

(Guerrero & Prado, 2022) en su investigación titulada: Comparación en laboratorio de las propiedades mecánicas y la resistencia a la humedad de una mezcla asfáltica con caucho y una mezcla asfáltica con aditivo mejorador de adherencia. Su propósito consistió en examinar y comparar las características mecánicas y la reacción ante la humedad derivadas de la incorporación de caucho y un mejor adherente en una mezcla de asfalto base. Esto se realizó a través la aplicación de criterios de ensayo Marshall (MTC E504 - E505) y pruebas de asfalto modificado según el método Lottman (ASSHTO T 283). Los datos resultantes demostraron que el cambio del asfalto con un 1% de promotor de adherencia mejora los atributos mecánicos y lo resistente que es a la humedad la mezcla asfáltica convencional. La mezcla asfáltica que contiene 1% de GCR cumple con las exigencias mínimas de los criterios Marshall, concluyendo que la adición del aditivo Ricot Z le brinda mejores propiedades mecánicas y mayor durabilidad que el GCR.

(De La Cruz, 2023) en su investigación titulada: Incorporación de aditivo adherente en la mezcla asfáltica y su incidencia en las propiedades reológicas del asfalto en caliente. El objetivo del estudio fue investigar el impacto del aditivo adhesivo en la concentración de asfalto en las propiedades reológicas. La metodología utilizada siguió el enfoque del método científico, con un tipo de estudio específico, un diseño experimental y un nivel de explicación, involucrando un total de 130 briquetas de mezcla asfáltica en

caliente. Los resultados indicaron que las muestras con un aditivo adherente del 0.4% y 0.5% lograron alcanzar un flujo equivalente de 3.2 mm y 3.33 mm, respectivamente, lo que representó un incremento positivo del 10.34% y 13.79%, respectivamente. Se concluyó que el uso de un aditivo adhesivo al dosificar un agregado de asfalto tradicional en caliente a una cantidad del 0,5% genera variaciones favorables y significativas en los atributos reológico de la mezcla.

(Salazar, 2020) en su investigación titulada:

Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores. Teniendo como propósito general de evaluar la influencia de la incorporación de plásticos reciclados en mezclas asfálticas resilientes, contribuyendo a una sociedad más sostenible. Este informe exploratorio sigue un diseño transversal no experimental del tipo aplicación y a nivel correlación-causal, examinando la influencia de una variable sobre otra sin cambiar las variables y se emplea la técnica de revisión documental. Con base en la matriz de categorización se obtuvieron los resultados y se encontró que las dosis de plástico reciclado, reemplazando un cierto porcentaje de árido, tienden a mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en el rango de dosificación del 1 al 3% en comparación con el asfalto convencional mezcla, contribuyendo al desarrollo de mezclas asfálticas que cumplen con los parámetros de diseño establecidos en la prueba MTC Marshall E 504. Se concluyó que la dosis óptima de plástico reciclado oscila entre 1 y 3%, y este cambio responde a componentes externos como el tamaño. del plástico reciclado añadido, el tipo de cemento asfáltico y suciedad que puede contener el plástico reciclado.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Pavimento

De acuerdo con el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, un pavimento se define como una superficie estructural plana que se construye sobre el lecho de una carretera o vía de tráfico. Su función es distribuir la fuerza sobre toda la superficie del suelo de cimentación, es decir la fortaleza por la pesadez de los autos. Además, tiene la función de soportar inmediatamente el impacto del tráfico, con el fin de aumentar el factor de seguridad de la estructura. Suele estar formado por tres capas: capa de uso, capa base y revestimiento.

La definición de pavimento implica la selección de un conjunto de capas de material que se ponen por encima de la subrasante con las condiciones adecuadas que soportarán el cargamento vehicular, distribuyendo adecuadamente a las capas más bajas.

2.2.2 Tipos de pavimento

2.2.2.1 Pavimentos Flexibles

Consta de 3 capas granulares llamadas, capa base, la inferior y también la de desgaste. El pavimento flexible se implementa en áreas de alto tráfico (MTC,2014).

Los pavimentos flexibles suelen tener una vida media de 15 años, donde a los costos de mantenimiento tienden a reducir la inversión de reparación que debería ser.

2.2.2.2 Pavimento rígido

Consta de un manto estabilizador granular o de cal, utilizando cemento como material estabilizador.

Se caracteriza típicamente por un recubrimiento de rodadura, conformado por un bloque de hormigón tipo hidráulico, donde se le denomina pavimento rígido, enfocado a soportar el peso de los vehículos combinados, ante la pavimentación flexible, cuyas cargas son generalmente puntuales.

2.2.2.3 Pavimento mixto

Este modelo de pavimento opta por mostrar a los pavimentos ligados, en donde la textura que normalmente mantienen es similar a los pavimentos no rígidos, donde la distribución de carga generalmente también se basa en el área. Si bien la diferencia entre estos es que los grados que se encuentran son endurecidos artificialmente, con diferente tipo de aditivos, por ejemplo: asfalto, cemento, cal, emulsiones o diferentes productos químicos, dando lugar muchas veces a cambios significativos, dependiendo de la combinación del en los mismos en la estructura y propiedades completas de este.

2.2.3 Etapas del pavimento

Durante su uso y vida útil, el pavimento se clasifica en 4 fases:

2.2.3.1 Diseño y construcción

Según Rodríguez et al., (2016), la recopilación de información en el lugar y de la oficina es el primer paso en cualquier clase de construcción y diseño de pavimentos. La compilación cubre el estudio de

información adecuada, calidad del material, análisis de tráfico y otras etapas de diseño precisas.

2.2.3.2 Mantenimiento

Según Vera et al., (2010), son actividades rutinarias o de emergencia, trabajos y cuidados para la conservación de las vías para mantenerlo en óptimas condiciones, a través de los procedimientos determinados por la normatividad vigente. Su objetivo del plan de mantenimiento es proteger la seguridad de los ocupantes, mejorar la eficiencia del tráfico y prevenir posibles accidentes y averías. Otro motivo es respetar la vida promedio de la estructura, que se estima en las especificaciones técnicas de la vía.

2.2.3.3 Mejoramiento

Según Vera et al., (2010), esta fase incluye la implementación de actividades para fortalecer las áreas más débiles o vulnerables del pavimento. Para ello se realiza un estudio minucioso de los eventuales daños del recorrido y las actuaciones de recuperación programadas. La finalidad de este acto es proporcionar entornos constructivos en las obras, prolongar el tiempo de uso y asegurar funcionamiento de la ruta.

2.2.3.4 Fin de vida útil

Según Huamán et al., (2023), pese a los trabajos de conservación, llega un momento donde el pavimento llega a su etapa final y es necesario sustituirlo completamente. Lo cual involucra retirar y reemplazar pavimentos existentes, continuado de una construcción moderna.

2.2.4 Índice de Serviciabilidad del presente (PSI) en

el Pavimento

Según Tingal (2021), el índice de servicio actual (PSI) es facilidad ofrecida a los usuarios. El que se ofrece al usuario que se ve reflejado en el estado del pavimento en una escala de 0 a 5, el valor 0 significa que se encuentra en un estado deteriorado y el 5 en óptimas condiciones teóricamente, es decir, difícil de alcanzar.

2.2.4.1 Serviciabilidad Inicial (Pi)

La capacidad de servicio al inicio es el estado del camino, que últimamente se ha terminado de construir (MTC, 2014).

FIGURA 3

Serviciabilidad Inicial (Pi) en el pavimento

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TP15		>30'000,000	4.20

Fuente: MTC (2014)

2.2.4.2 Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)

Esta describe la condición de la carretera que ha llegado al término de su período de utilidad o requiere de algún tipo de restauración o renovación (MTC, 2014).

Figura 4

Serviciabilidad Final o Terminal del Pavimento

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TP13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TP14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TP15	>30'000,000		3.00

Fuente: MTC (2014)

2.2.4.3 Variación Serviabilidad

Constituye la diferencia entre Serviabilidad inicial y final (MTC, 2014).

Figura 5

Variación Serviabilidad del Pavimento

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	1.80
	TP2	300,001	500,000	1.80
	TP3	500,001	750,000	1.80
	TP4	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	1.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	1.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	1.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	1.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	1.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	1.20
	TP15		>30'000,000	1.20

Fuente: MTC (2014)

2.2.5 Mantenimiento y rehabilitación vial:

Mantenimiento

Dado que la vía está diseñada para estar al aire libre, a lo largo de su vida útil se ve afectada por elementos como el ambiente, las condiciones geológicas del área y el volumen de tráfico, entre otros. Dichos aspectos pueden provocar deterioro en la calzada a una frecuencia lenta o rápida, pero constantemente progresivo y continuo, por tanto, es indispensable mantener el pavimento adecuadamente para conservar condiciones ideales de conducción y así garantizar el cumplimiento de su vida útil.

Rehabilitación

Estas acciones se centran en devolver a la carretera sus condiciones originales, y la reparación es una tarea más específica que se orienta a restablecer tanto la resistencia estructural como la calidad original de la superficie de la carretera, siempre y cuando cumplan con las especificaciones técnicas para las que fueron diseñadas.

2.2.6 Pavimento asfáltico reciclado (RAP)

La pavimentación de asfalto reciclado, también denominado RAP, se refiere al material restituido de pavimentos flexibles que han alcanzado el final de su ciclo de vida, sin embargo, pero debido a sus propiedades, se puede reutilizar en nuevas estructuras o en la renovación de existentes.

Incluir dicho material en mezclas de asfalto ayuda a reducir nuevo contenido, lo que genera ahorro de costes y por otra parte contribuye a la preservación de riquezas naturales.

El objetivo principal de implementar RAP como elemento de la mezcla de asfalto está dirigido al sostenimiento, como una acción para reducir el impacto ambiental causado por la utilización de un material residual específico con propiedades mecánicas sólidas, y disminuir la necesidad de desechar agregados. Si hablamos en términos de economía, reemplazar cierta cantidad de material agregado de asfalto supone ahorrar aglutinante de pavimento y agregados limpios necesarios para producir la mezcla, afectando el precio de la producción final.

2.2.6.1 Fresado del pavimento asfáltico

Mediante el proceso antes mencionado es posible obtener materiales asfalto en los revestimientos según el responsable de la obra, ya que la maquina fresadora de ser utilizado como cortador involucra que un rodillo rompa el material que se encuentra la zona especificada para alcanzar una reducción del pavimento de asfalto, este método se realiza con una alta exactitud y con un potencial sorprendente que se desarrollará en el área de trabajo.

Figura 6

Fresado del pavimento asfáltico



Fuente: Wirtgen Group (2023).

2.2.6.2 Almacenamiento del pavimento asfáltico reciclado

La acertada aplicación de pavimentos asfaltados, el reciclaje dentro de una reciente mezcla de asfalto vincula el empleo de técnicas adecuadas para la conservación y procedimiento del RAP, con el propósito de conseguir un material más uniforme. De esta manera, se considera cuando el material reciclado se almacena mucho tiempo, esto se puede agilizar la oxidación del material debido a que está expuesto al aire.

2.2.6.3 Técnicas de reutilización de pavimentos asfálticos

Se han establecido diferentes técnicas para mejorar la carpeta asfáltica en la cual se arreglan con una colocación de mejoras en el material puro. A medida que se elimina el espesor falla y se ponen mezcla de asfalto nueva. Las estrategias se utilizan superficies dañadas y material que haya sido afectado por otros compuestos. Estas técnicas se caracterizan por lo siguiente:

Reciclado in situ en caliente

Mediante la metodología de reciclaje en pavimento de asfalto caliente se hace con fresadoras que ayudan a retirar el material. Para después de utilizar el cortador, el material comienza a mezclarse factores modernos para alcanzar un nivel deseado y luego se expande por todo en toda el área y luego compactar.

Reciclado in situ en frío

La técnica fría in situ, consiste en la trituración de un material predominante y una combinación con un aglutinante que puede

controlarse mediante la máquina de usos múltiples que opera sobre la temperatura del ambiente. Este método es completamente reciclable y presenta las propiedades mecánicas más destacadas del material.

Reciclado en planta

En el caso de estas clases de técnicas, el proceso se puede llevar a cabo a bajas o altas temperaturas, implica apartar el material del camino para así trasladarlo al núcleo de la planta para realizar todos los procedimientos como triturar y alcanzar una consistencia, igual que en temperatura caliente con material pétreo limpio como en frío. Entonces eso logra una mezcla de asfalto con consistencia para su colocación en el área de construcción.

2.2.6.4 Ventajas de la Utilización de RAP

La utilización de RAP ofrece dos importantes aportes, los cuales se señalan a continuación: beneficios ecológicos y económicos. Cada uno de ellos se menciona a continuación:

a) Beneficios medio ambientales:

- Reutilizar material que ha culminado con su útil existencia.
- Reducir el volumen de vertederos.
- Reducción de entrega de materiales vírgenes.
- Disminución en los procedimientos para extraer materia prima escasa.

b) Beneficios Económico:

- Reducción de costes en pavimentación.
- Menor gasto al momento de importar y exportar materias primas (agregados y asfalto).
- Reducción en el tiempo para intervenir.

- Disminución de las importaciones de productos relacionados con el trabajo.
- Reducción del porcentaje del aglutinante de asfalto requerido durante mezcla.
- del porcentaje del ligante asfáltico requerido en la mezcla.

2.2.7 Mezclas asfálticas

Las mezclas de asfalto son productos derivados de composiciones áridos rocosos generalmente con aglutinante de asfalto producidos en fábricas asfálticas, aunque en algunas situaciones también se preparan en el sitio.

2.2.7.1 Características de las mezclas asfálticas

La mezcla de asfalto brinda una experiencia placentera y es un producto de calidad porque cumple con los siguientes requisitos:

- Es resistente a los efectos del agua y al desgaste del tráfico ligero y pesado.
- Antideslizante.
- Posee adecuada impermeabilización frente a las condiciones atmosféricas.
- Reduce el ruido de fricción.
- Se puede colocar y compactar fácilmente en el suelo.

2.2.7.2 Componentes de la mezcla asfáltica.

Los componentes principales de la mezcla asfáltica incluyen el aglutinante de asfalto o simplemente el asfalto y un conjunto de aditivos de diferentes granulometrías.

Asfalto

Según Hernández (2011), el asfalto se obtiene principalmente como subproducto residual del refinado, combustible y fue parte de uno de los principales termoplásticos usados por el ser humano.

Agregados pétreos

Según Rondón & Reyes (2015), áridos deben tener la granulometría adecuada a huso y teniendo como obligación cumplir con los estándares de calidad mínimos estipulados por la regulación actual.

Cemento asfáltico

Se acuerdo con el ministerio de transporte y comunicaciones (MTC,2013), material aglutinante bituminoso, de sólida textura, usado para producir mezclas en caliente de asfalto.

2.2.7.3 Tipos de mezclas asfálticas.

Mezcla asfáltica abierta en frío

Según Rondón & Reyes (2015), la mezcla de asfalto abierta en frío es una mezcla de agregados gruesos con emulsión asfáltica y algunas veces con aditivos, en lo cual el procesamiento de producción no suele requerir precalentamiento de los componentes.

Mezcla asfáltica abierta en caliente

Según Rondón & Reyes (2015), la mezcla uniforme y homogénea, contiene sólo un gran porcentaje de huecos. Está fabricado con materiales pétreos de tamaño de grano uniforme. Estas mezclas se utilizan principalmente como capa de uso y se colocan sobre un aglutinante denso.

2.2.8 Aditivos

Según Ávila & Velasco (2021), mencionan que los aditivos son materiales o sustancias que cambian las características química, física y mecánica de una mezcla de asfalto. Son materiales elaborados para pasar las propiedades del asfalto inicial (que están sujetos del contenido de asfáltenos, máltleno, resina y aceite); mejora las propiedades del pavimento a medio y largo plazo. El objetivo de los aditivos es dejar que la conducta física de la mezcla sea menos dependiente ya sea por el agua, la temperatura o de otros componentes.

2.2.9 Resina Epoxi Bisfenol-A

En Suiza, el químico Pierre Castán creó la resina epoxi en 1938. En los 1989 se comenzó en Japón, se habían fabricado 137.000 toneladas de resinas epoxi y se han utilizado diversas aplicaciones, como la pintura, la electricidad y la ingeniería civil, así como en uniones como adhesivos y recubrimientos. Esto se debe a las notables propiedades de adherencia, resistencia mecánica, química y aislamiento eléctrico de la resina epoxi después de su curado. Además, cuando la resina epóxica se combina y cura con una variedad de agentes de curado, puede tener una variedad de características distintas.

El bisfenol A (BPA) se produce mediante condensación catalizada por ácido de los reactivos de acetona y fenol. El bisfenol A (BPA) es un material esencial en la fabricación tanto de resinas epoxi como de policarbonato. Aproximadamente 2 millones de toneladas de bisfenol-A utilizadas en la industria cada año, bisfenol A, también conocido como bis (4-hidroxifenilo) es uno de los compuestos químicos más empleados.

De acuerdo con el informe anual "Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química de la Argentina", elaborado por el Instituto Petroquímico Argentino, el Bisfenol A y la Epiclorhidrina se clasifican como productos intermedios. Además, se indica en el informe que tanto en el pasado como en la actualidad, ninguna de estas sustancias se produce en el país, y todo el volumen requerido se obtiene a través de importaciones. Al considerar que ambos productos son derivados del petróleo, es necesario examinar la relación entre los precios internacionales de ambos productos y el precio del petróleo en crudo.

Las resinas epoxi ofrecen una combinación única de propiedades, esto las sitúa como una de las categorías de polímeros con mayor versatilidad. Las diversas aplicaciones en las que se utilizan son el resultado de su:

- Procesabilidad
- Poca contracción durante el curado
- Buenas propiedades adhesivas
- Excelente resistencia química
- Fuerte resistencia a la corrosión
- Propiedades mecánicas agradables
- Excelentes propiedades como aislante eléctrico

2.2.10 Método Marshall

Según Ávila & Velasco (2021), la metodología del método Marshall es diseñar una mezcla asfáltica definido por varios criterios tales como la estabilidad, flujo y el contenido de vacíos, inventado por Bruce Marshall. El objetivo del método es calcular la cantidad ideal de asfalto para una

mezcla específica de áridos; esta prueba mecánica, lo trituran, compactan, luego lo calientan y lo prueban en probetas cilíndricas bajo carga axial en la máquina Marshall, determinando así la estabilidad y deformación de la mezcla asfáltica. Este método es importante para saber cuánto asfalto se necesita para un rendimiento óptimo de la mezcla.

El método original sólo se puede utilizar en pavimentos de mezcla asfalto en caliente que contengan hasta 25 milímetro (1") de agregado.

El método Marshall modificado se elaboró para dimensiones máximas superiores a 38 milímetro (1,5 pulgadas) y se utiliza entre la estructura de laboratorio y la verificación en terreno de mezclas de asfaltos en calientes y densamente graduadas.

El procedimiento Marshall emplea especímenes que tienen una altura de 64 milímetros (2 ½ pulgadas) y un diámetro de 102 milímetros (4 pulgadas), los cuales son consistentes en tamaño. Se producen calentando, combinando y compactando mezclas de aditivos asfálticos.

La estabilidad de la prueba es la máxima resistencia en newtons (libras) lo cual exhibe la prueba estandarizada durante la prueba a 60 °C. La cifra del flujo es el desplazamiento o flexión total, en incrementos de 0,25 milímetros (equivalente a 1/100 de pulgada), que se generan en la prueba tanto durante el punto de descenso como en el punto de máxima carga durante el ensayo de estabilidad.

2.2.10.1 Procedimiento

Para desarrollar la prueba Marshall sobre mezcla asfáltica en caliente y calcular el contenido de asfalto ideal para la mezcla, en la cual se debe elaborar un conjunto de briquetas con distintos contenidos asfálticos, mostrando un incremento del 0,5%. Para conseguir un buen resultado se deben preparar al menos 3 briquetas que contengan asfalto, teniendo en cuenta que cada briketa suele necesitar 1200 g como mínimo.

Una vez que tengas un recipiente para cada briketa, coloca los recipientes en el horno a un grado temperatura de 115°C a 135°C.

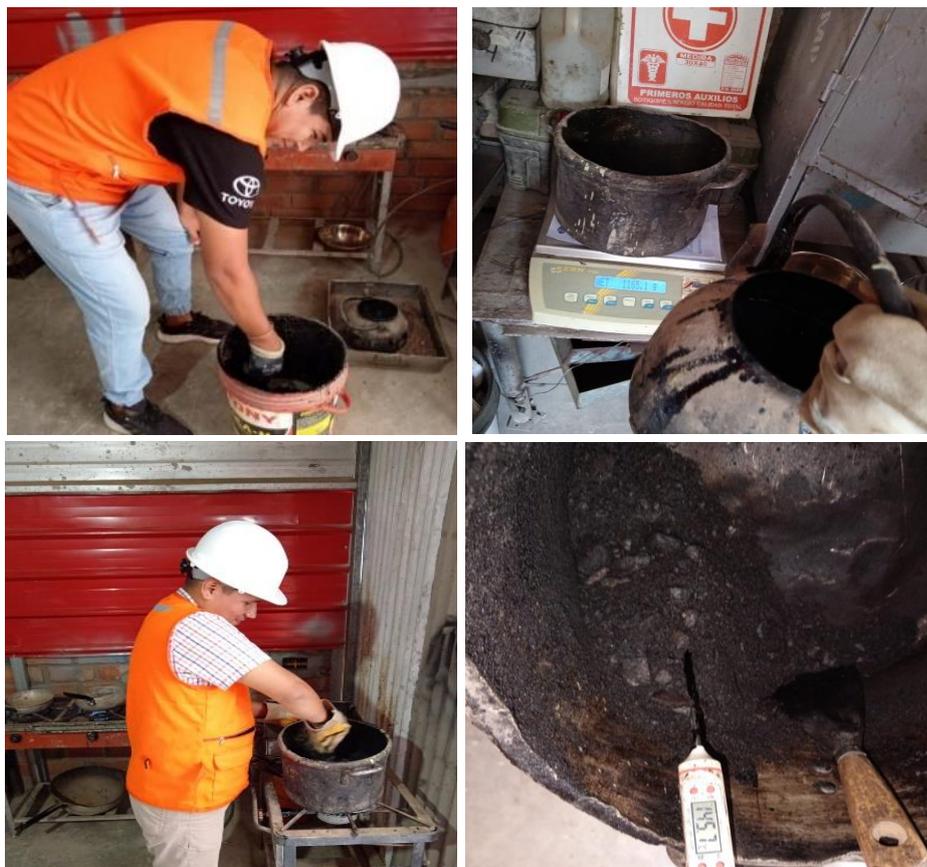
Al preparar la mezcla se necesita un depósito y el monto de agregado requerido para hacer briquetas, hacer un hueco en el centro del agregado y colocar el monto requerido de asfalto para la mezcla.

Se mezclan los agregados y el asfalto, cada agregado se recubre completamente con asfalto y la mezcla se realiza dentro de un rango de temperatura específico, que generalmente está entre 150°C y 155°C.

Para comprimir las briquetas deben estar completamente limpias previamente a la serie de moldes y la base de compactación, esta unidad debe calentarse a una temperatura entre 100 °C y 135 °C. Si está caliente se debe colocar sobre una mesa de trabajo donde se debe filtrar. Coloque papel en el fondo del molde, luego vierta la mezcla de manera homogénea en el mismo.

Figura 7

Preparación de briquetas Marshall



Fuente: Los autores.

A continuación, se compacta la mezcla en el molde sobre el dispositivo Marshall, y con el martillo compactador se aplican suficientes golpes para corresponder a 75 golpes por lámina de briquetas en caso de tráfico intenso. Luego de la primera compactación sobre la superficie de la briqueta, se retira el collar, se voltea el molde junto a la mezcla y se empieza a colocar el collar. Finalmente, se debe aplicar el mismo proceso de 75 golpes pero en el otro lado de la superficie de la briqueta.

Después de completar el proceso de compactación, se quita la placa inferior y se permite que la briqueta se enfríe durante un tiempo y después se procederá a retirar el molde con un núcleo. Este

proceso se repetirá hasta que cada briqueta haya sido numerada y colocada en una superficie llana y esté lista para la prueba.

Figura 8

Compactación y desmolde de briquetas Marshall



Fuente: Los autores.

Después de fabricar la briqueta, calculamos la densidad aparente, que se adquiere calculando el vínculo entre la masa en el aire y el volumen de las briquetas. Para calcular la densidad aparente de las muestras de briquetas que ya han sido compactadas, se dejan enfriar a temperatura ambiente y después se calcula los tres pesos de las briquetas: en el aire, bajo el agua y el peso saturado con la superficie seca.

El proceso de cálculo de estabilidad y flujo se obtiene la determinación de la densidad volumétrica de la briqueta y la briqueta se remoja en un baño de agua en lo cual se deja a una temperatura de 60 °C durante

un periodo de 30 minutos, tiempo durante el cual se prepara y lee la máquina de prueba. Se ponen a cero la galga extensométrica o el caudalímetro y el disco anular, proceden a limpiarse y a engrasarse las mordazas.

Pasados los 30 minutos sacamos las briquetas del baño maría y las secamos en una superficie con franela, luego las colocamos en las mandíbulas y colocamos todo en la prensa. Para probar la briqueta, aplicamos una carga a una velocidad constante de flexión de 50,8 mm por minuto hasta que se alcance la tensión requerida.

Figura 9

Cálculo de briquetas Marshall



Fuente: Los autores.

2.2.10.2 Especificaciones de la metodología

a) Requisitos del agregado pétreo

El proceso de tamizado que separa el material retenido en la malla de 4.75 mm (No. 4) se denomina árido grueso. En cambio, el árido fino comprende el

material que se encuentra entre las mallas de 4.75 mm y 75 mm (4-200), y también el polvo o material que pasa a través de la malla de 75 mm (No. 200).

Figura 10

Requisitos para agregado grueso

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: MTC (2013)

Figura 11

Requisitos para agregado fino

Ensayo	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	AASHTO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º40)	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.º200)	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.

Fuente: MTC (2013)

b) Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

En cuanto a la elaboración de mezcla de asfalto en caliente, la calidad de las porciones de piedra debe ajustarse a una de las siguientes calidades, y el material agregado debe pasar libre de grumos de arcilla, en lo cual se aceptan partículas como límite del 1% y se pueden eliminar en consecuencia. Prueba

MTC E 212. No puede contener sustancias orgánicas ni otras sustancias nocivas.

Figura 12

Requisito Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	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 µm (N°40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N°80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N°200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: MTC (2013)

c) Filler o polvo mineral

Material mineral natural necesario para ocupar espacios vacíos, actúa como un espesante para el asfalto o servir como un aditivo que aumenta la capacidad de adherencia del asfalto.

d) Cemento asfáltico

El cemento asfáltico utilizado para el rejuntableo de juntas y mezclas de asfaltos endurecidas en caliente se puede clasificar según su viscosidad absoluta y penetración, seleccionándolo de acuerdo con las condiciones climáticas particulares de la zona.

Figura 13

Requisito temperatura cemento asfáltico

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

Fuente: MTC (2013)

Figura 14

Requisito de penetración de cemento asfáltico

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, 100 g, 5 s, 0,1 mm	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	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Fuente: MTC (2013)

Figura 15*Requisito de grado de penetración del cemento asfáltico*

Características	Grado de Viscosidad				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	250±50	500±100	1.000±200	2.000±400	4.000±800
Viscosidad Cinemática, 135°C St mínimo	80	110	150	210	300
Penetración 25°C, 100gr, 5 s mínimo	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina					
➤ Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000
➤ Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽¹⁾					
Solvente Nafta – Estándar	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo.

Fuente: ASTM D 3381, NTP

Fuente: MTC (2013)

e) Requisitos para mezcla de concreto

Las mezclas de asfalto deben satisfacer los estándares de calidad correspondientes a las mezclas de concreto bituminoso, dependiendo de su tipo y calidad.

Figura 16

Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

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

Fuente: MTC (2013).

Figura 17

Requisitos de vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N.º 8)	21	-
4,75 mm (N.º 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (½")	15	14
19,0 mm (3/4")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 ½")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

Fuente: MTC (2013).

2.2.10.3 Propósito de la metodología

El método Marshall solo impone condición sobre la clasificación y los criterios de volumen de la mezcla, los cuales se utilizan para calcular la cantidad ideal de asfalto en una mezcla específica de agregados. Dos elementos clave de este método incluyen la evaluación de la densidad y los espacios vacíos, además de la realización de pruebas para medir la estabilidad y fluidez de las muestras compactadas.

a) Medida del peso específico aparente

La gravedad específica teórica de la mezcla de pavimentación sin espacios vacíos (determinada a dejar la gravedad específica del asfalto y los aditivos de la mezcla).

La curva del porcentaje de cemento de asfalto en función del peso específico o unitario es parabólica y cóncava hacia abajo, en lo cual el punto crítico indica el peso único máximo.

La curva parabólica muestra que el peso único eleva a nivel que se aplica más cemento de asfalto; pero, reduce después de aplicar más cemento asfáltico. El cemento de asfalto inicialmente carga los espacios vacíos entre las partículas de áridos de piedra hasta el límite físico, después se mueve el mineral, reduciendo así la densidad de la mezcla. Si elegimos cemento asfáltico con un porcentaje inferior al punto crítico, se crea más porcentaje de vacíos de aire; De manera similar, elegir un punto mayor que el punto de inflexión crea un mayor índice de vacíos en el agregado mineral (V.M.A.).

b) Cálculo del porcentaje de vacíos en el agregado mineral

También conocidos como VMA, es el margen de aire por medio de polvo de los agregados en la mezcla comprimida, incluidos los espacios ocupados por el asfalto.

VMA es el área libre para adecuar el volumen real de asfalto (asfalto total menos la porción perdida de áridos debido a la absorción) además el espacio de vacíos requeridos en la mezcla. Un VMA mayor significa una mayor disponibilidad de superficie para que el asfalto se adhiera. VMA tiene valores mínimos que se trazan y definen el deber del tamaño superior nominal del árido.

c) Cálculo del porcentaje de vacíos de aire

Los vacíos son bolsas de aire por medio de polvos recubiertas de asfalto y se pueden calcular comenzando de la gravedad específica completa de cada muestra compactada (determinada carga de las muestras en aire y agua).

La sostenibilidad del pavimento de asfalto estrechamente ligada a la composición de los espacios vacíos, y esto se considera por tres razones:

- Cuanto mayor sea el contenido de huecos, mayor será la probabilidad de que se dañe la mezcla.
- Si la mezcla tiene un contenido de huecos muy bajo, puede causar sangrado y la mezcla puede escurrirse de la superficie.
- Si hay menos huecos, la mezcla tendrá menor permeabilidad.

d) Cálculo del porcentaje de vacíos con cemento asfáltico

El volumen adecuado de cemento asfáltico se refiere a la cantidad de asfalto que debe incorporarse a la mezcla. La definición del volumen óptimo se basa

en la evaluación de los resultados obtenidos durante el proceso de diseño de la mezcla utilizando el método Marshall.

Los datos de las curvas, las regulaciones técnicas y las especificaciones laborales establecen los parámetros esenciales para calcular el contenido adecuado del cemento asfáltico.

❖ Posteriormente, las muestras se prueban con un aparato Marshall para disponer los siguientes datos:

e) Estabilidad (kg)

La resistencia de un pavimento asfáltico para soportar el tráfico y las cargas sin sufrir deformaciones excesivas se refiere a la estabilidad de las mezclas asfálticas. Esta característica está estrechamente vinculada a la fricción y a la adherencia interna de los áridos empleados en la mezcla.

Durante la prueba, dos cabezales, los de hacia abajo y hacia arriba, se aproximan poco a poco a la briqueta hasta llegar al marcador donde falla la briqueta. La carga máxima señalada por el dispositivo arroja el valor de la estabilidad Marshall. Esta cifra puede ser un indicador de resistencia de la mezcla de asfalto en caliente.

f) Flujo (pulg)

También conocido como fluencia Marshall, este es un indicador de deformación, que se cuantifica en centésimas de pulgada, lo que indica el decrecimiento del diámetro de la parte vertical de la briqueta.

El flujo es directamente vinculado con la consistencia de mezclas de asfaltos, por lo tanto, se evalúa una vez que la muestra ha experimentado una falla durante la prueba de Marshall.

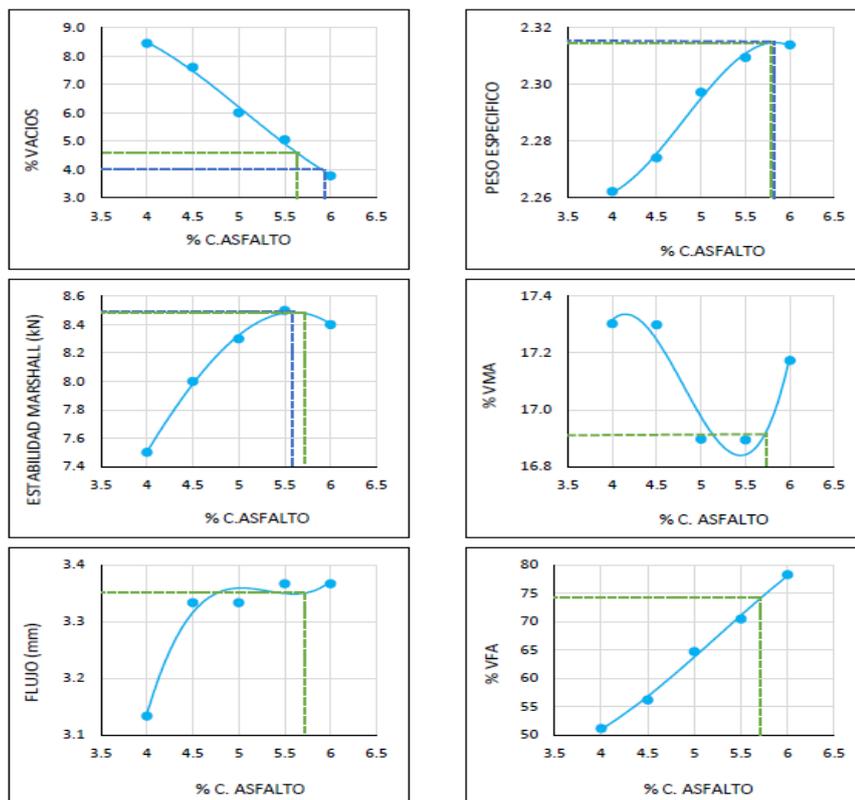
El flujo manifiesta la alteración de la muestra, por ende, los valores altos muestran que el pavimento es excesivamente dúctil y se deforma fácilmente por las cargas de los vehículos.

Por otro lado, los valores de flujo bajos indican que la carpeta asfáltica está experimentando una falla frágil.

2.2.11 Ensayos de Laboratorio

Para la realización de las diferentes pruebas de laboratorio se usó el Manual de Ensayos Materiales, extraído del manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Estas pruebas son necesarias y de gran relevancia para la buena ejecución de las diferentes pruebas, en plena conformidad con las especificaciones marcadas el Manual de Carreteras del MTC EG – 2013.

Figura 18
Curvas Marshall



Fuente: Guerrero & Prado (2022)

2.3 Definición de bases teóricas

Adherencia: Aglutinación o unión física de diferentes elementos.

Carpeta Asfáltica: La capa superficial de un pavimento asfáltico, hecha de materiales pétreos y productos asfálticos, que sirve como la superficie por donde transitan los vehículos.

Granulometría: Muestra la distribución granulométrica del agregado mediante tamizado según las especificaciones técnicas.

Agregado: Un material granular que varía en tamaño, que puede consistir en arena, grava o roca triturada.

Curva granulométrica: Es una visualización gráfica de los datos generados durante la prueba granulométrica a través de filtros.

Agregado fino: El material granular denominado "agregado fino" es aquel que tiene partículas que atraviesan la malla número 4 (con un tamaño de 4.75 mm) y, como resultado, contiene partículas finas.

Agregado grueso: Se origina de una descomposición natural o inducida, y se mantiene retenido en la malla número 4 (con un tamaño de 4,75 mm)

Bitumen: Se trata de un material aglutinante de color negro que presenta una sustancia sólida, semisólida o viscosa.

Fresado: El proceso implica el uso de un rodillo metálico para alisar la capa de asfalto, con el propósito de uniformizar la superficie y crear un perfil longitudinal renovado, con el fin de mejorar la calidad del pavimento.

Material virgen: Se refiere a un material que no ha sido empleado previamente en ninguna obra de construcción.

Mezcla asfáltica recuperado: Es un material formado por asfalto y áridos que ha sido recuperado o reciclado de una carretera existente.

Mezcla asfáltica en caliente: Se trata de una combinación de asfalto y materiales pétreos, producida en una planta específica y empleada como la capa superior del pavimento, siendo una parte integral de la estructura de la carretera.

Pavimento: Se trata de un sistema de estratos superpuestos que recibe directamente las cargas del tráfico y las distribuye a las distintas capas que lo componen, sirviendo como una superficie de rodaje.

Afirmado: Es una capa, ya sea preparada mediante compactación o encontrada en su estado natural, que se ubica encima de la subrasante y actúa como la superficie por donde se transita.

CAPÍTULO III

HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

El diseño de la mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.

3.1.2 Hipótesis específicas

La dosificación óptima de RAP influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.

La dosificación óptima de resina epoxi bisfenol-A en el concreto asfáltico adicionado con RAP influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.

La incorporación de resina epoxi bisfenol-A y reemplazo de agregados con RAP favorece la reducción de la contaminación ambiental al reducir la cantidad de cemento asfáltico y las acumulaciones de los pavimentos asfálticos reciclados.

3.2 Variables

Una variable representa una condición o atributo de un individuo, entidad o elemento, que puede presentar diversas clasificaciones, niveles o valores susceptibles de ser evaluados en términos cuantitativos, en esencia, es un elemento que experimenta modificaciones en su significado.

3.2.1 Definición conceptual

En el presente estudio de investigación, se incluyen las siguientes variables:

Objetivo de estudio: Diseñar una mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A para reducir el impacto ambiental y mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.

Variable independiente: Mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A reduciendo el impacto ambiental.

- La variable independiente es aquella que origina un efecto o modificación en la variable dependiente.

Variable dependiente: Comportamiento mecánico del pavimento.

- Es lo que uno desea obtener como resultado de la variable independiente.

3.2.2 Definición operacional

Según Borja (2012), nos describe el procedimiento de medición de las variables que se han formulado en relación a las hipótesis. Para llevar a cabo este proceso, sugiere descomponer los indicadores de manera que puedan ser evaluados.

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Escala
V.I: Mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado Resina epoxi bisfenol-A reduciendo el impacto ambiental.	Diseño mezcla asfáltica	Porcentaje Cemento Asfáltico	Numérica (cuantitativa)
		Porcentaje Resina epoxi bisfenol-A.	Numérica (cuantitativa)
		Agregado Grueso	Numérica (cuantitativa)
		Agregado Fino	Numérica (cuantitativa)
V.D: Comportamiento mecánico del pavimento.	Densidad	Ensayo de Peso Específico	Numérica (cuantitativa)
	Espacios Vacíos	Ensayo Máxima Gravedad Específica	Numérica (cuantitativa)
	Vacíos en Agregado Mineral	Vacíos de Agregado Mineral	Numérica (cuantitativa)
	Estabilidad	Resistencia a mezclas Bituminosas	Numérica (cuantitativa)
	Flujo	Deformación de las mezclas bituminosas	Numérica (cuantitativa)

Fuente: Elaborado: por los autores

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Diseño Metodológico

4.1.1 Enfoque investigación

Este estudio se basa en la demostración o verificación de la hipótesis general y específicas, aplicando estrategias para obtención resultado.

Se trata de implementar estrategias con el fin de examinar las hipótesis o intentar confirmarlas para obtener la información deseada. En otras palabras, implica determinar el método para demostrar la validez de la hipótesis.

4.1.2 Tipo de investigación

Fin que persigue

Aplicada: El estudio radica de manera práctica debido que tiene el propósito de resolver o solucionar problemas.

El presente estudio tiene como finalidad diseñar una mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A reduciendo el impacto ambiental para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento, a la vez reducir los costos, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono.

Datos analizados

Cuantitativa: este estudio se enmarca un enfoque cuantitativo, los cuales se medirán y analizarán valores numéricos, que permitirá abordar las preguntas de la investigación, para demostrar si la hipótesis es correcta o no.

Según Borja (2012), plantea que la manera confiable para el análisis y recolección de datos es conociendo la realidad, lo que a su vez posibilita la respuesta a las interrogantes de investigación y a la hipótesis formulada.

4.1.3 Nivel de investigación

Descriptiva: La investigación actual se caracteriza por ser descriptivo, centrado en la evaluación de la mezcla asfáltica reciclada con resina epoxi bisfenol-A, respaldada por los resultados obtenidos en experimentos de laboratorio.

4.1.4 Diseño de investigación

Experimental-Longitudinal: Este estudio se caracteriza por ser de naturaleza experimental, dado que los resultados se derivaron de experimentos realizados en entornos de laboratorio. Asimismo, es de tipo longitudinal, ya que los ensayos se efectuaron en distintos momentos en relación con las muestras obtenidas.

Siguiendo las ideas de Borja (2012), esto implica la necesidad de verificar cómo la(s) variable(s) independiente(s) se aplican en diversos niveles para evaluar su impacto en la variable dependiente.

Prospectivo: La presente investigación se desarrolla en el presente año, 2023.

Transversal: El diseño de una mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A reduciendo el impacto ambiental para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento, se hace en el presente año y por única vez.

4.2 Diseño muestral

El procedimiento de muestreo es el diseño de las mezclas asfálticas recicladas y resina epoxi bisfenol-A en la reducción del impacto ambiental para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.

Considerando diferentes porcentajes para una comparación final de los resultados.

4.2.1 Población

De acuerdo con lo mencionado por Borja (2012), desde una perspectiva estadística, se define como población o universo al grupo de elementos o individuos que serán objeto de investigación.

a población se compone de todas las unidades de análisis que son relevantes para el estudio, que en este caso se refieren a la elaboración de las briquetas utilizando una mezcla de asfalto convencional, asfalto reciclado y resina epoxi bisfenol-A, con el propósito de evaluar su contribución a la reducción del impacto ambiental y la mejora del comportamiento mecánico del pavimento.

4.2.2 Muestra

De acuerdo con Borja Suárez (2012), la muestra de investigación se refiere a un grupo más pequeño que es una representación de la población total, en el cual se recopilarán datos.

La muestra de investigación son 48 briquetas

con diferentes dosificaciones, en la que se detallan a continuación:

- 18 briquetas convencionales, con diferentes puntos de dosificación de cemento asfáltico: 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%, más el patrón.
- 15 briquetas con material virgen con diferentes puntos de dosificación de RAP: 15%, 20%, 25%, 30% y 35%.
- 15 briquetas con material patrón de RAP con diferentes puntos de dosificación de Resina Epoxi Bisfenol-A: 20%, 30%, 40%, 50% y 100%.

4.2.3 Materiales y equipos

Materiales:

- Pavimento asfáltico reciclado (RAP)
- Resina epoxi bisfenol-A
- Cemento asfáltico
- Agregado grueso
- Agregado fino

Equipos:

- Balanza digital
- Horno
- Equipo Marshall

4.3 Técnicas de recolección de datos

En esta investigación utilizamos el nivel descriptivo ya que los datos deben ser recolectados, analizados y presentados con base en el Manual de Carreteras EG-2013.

La recolección de datos se realiza mediante formatos que describen todas las técnicas utilizadas para lograr el propósito del estudio, como tablas, hojas de registro de datos y cuadernos de campo.

Realizando los siguientes ensayos para la mezcla asfáltica

- Porcentaje de asfalto (lavado asfáltico): Extracción cuantitativa de asfalto en mezcla para pavimentos.
- Análisis Granulométrico del material reciclado: Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- Diseño de Mezcla asfáltica en caliente (Método Marshall).

Para los agregados se realizó los siguientes ensayos

Ensayos de agregado grueso:

- Granulometría
- Peso específico y absorción de los agregados
- Durabilidad al sulfato de magnesio
- Ensayo de abrasión
- Ensayos de afinidad agregado – bitumen
- Índice de durabilidad
- Partículas chatas y alargadas
- Partículas fracturadas en el agregado grueso
- Contenido de sales solubles en los suelos

Ensayos de agregado fino:

- Granulometría
- Gravedad específica y absorción de los agregados
- Equivalente de arena
- Angularidad del agregado fino
- Valor de azul de metileno en agregados finos y en llenantes minerales
- Límites de consistencia material pasante de la malla n°40
- Índice de durabilidad agregado fino
- Límites de consistencia material pasante de la malla n°200

- Contenido de sales solubles
- Arcilla en terrones y partículas desmenuzables

4.4 Aspectos éticos

En este estudio de investigación, abordamos cuestiones éticas con el fin de salvaguardar el bienestar de individuos y elementos involucrados en el ámbito de la investigación, siguiendo las directrices y procedimientos establecidos en la recopilación de datos para el estudio.

En esta tesis, además de proteger la seguridad ética de quienes participan en la investigación, también se tienen en cuenta estos aspectos técnicos sin dañar significativamente el medio ambiente. Además, no se infringen los derechos de propiedad de los autores identificados en el estudio y el artículo se encuentra en un entorno intelectual que abarca la autoría y propiedad de la obra.

Por otro lado, se debe respetar la preservación de la información, ya que se trata de personas que han realizado investigaciones en el momento adecuado.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Extracción de muestras

Las muestras extraídas se tomaron del Grupo Castillo “Corporación Asfaltos y Pavimentos S.A.C”.

Figura 19

Extracción de muestras



Fuente: Elaborado por los autores

5.2 Ejecución de ensayos de laboratorio

5.2.1 Mezcla asfáltica reciclada

Con el fin de analizar el proceso de reciclaje de pavimentos, resulta fundamental disponer de datos relativos a la cantidad de asfalto en la mezcla del pavimento, lo cual se logra a través del procedimiento de

lavado de asfalto. Además, es necesario llevar a cabo un análisis granulométrico para estudiar la distribución del tamaño de partículas de los aditivos extraídos de dichas mezclas.

5.2.1.1 Lavado Asfáltico

Descripción

El objetivo de este ensayo fue mostrar la cantidad adicional que es necesaria agregar a la nueva mezcla para alcanzar un rendimiento ideal del material bituminoso. Dicho material bituminoso se incorporó a una mezcla asfáltica convencional a través del ensayo de Marshall, siguiendo las pautas definidas en las normativas MTC (2016), MTC E502 y ASTM D272.

Procedimiento

El contenido de asfalto del material recuperado se calculó según la norma antes mencionada, en la figura 20 se muestra la máquina separadora equipada con un extractor de material centrífugo cuya velocidad máxima es de 3600 rpm.

Se introdujo un litro de una solución de tricloroetileno y se añadieron fracciones de 20 ml de manera incremental hasta lograr la separación completa del asfalto de los agregados, el cual contiene una masa inicial de 909.4 g, siendo importante colocar un filtro que retenga el material y no lo pierda, teniendo su peso inicial y final.

El objetivo de este proceso es separar los componentes agregados en un recipiente y el cemento asfáltico en otro recipiente.

Figura 20

Lavado asfáltico reciclado



Fuente: Elaborado por los autores

Resultado:

Figura 21

Lavado asfáltico reciclado

Peso de material sin lavar :	909.4	gr
Peso de material lavado :	873.8	gr
P. Mat. Lav.+filtro+extracto :	909.4	gr
P. Mat. Lav. + Resid. del filtro :	874.8	gr
Peso inicial del filtro :	22.3	gr
Peso final del filtro :	23.3	gr
Peso del filler en filtro :	1.0	gr
Peso del asfalto :	34.6	gr
Contenido de Asfalto :	3.80	%

Fuente: Elaborado por los autores

Se determino el porcentaje de asfalto reciclado, obteniendo un 3.8%.

5.2.1.2 Granulometría

Descripción

Basándonos en esta evaluación, se elaboró la curva de granulometría de dicho material, con la intención de identificar cómo se distribuyen los agregados de mayor y menor tamaño en este pavimento reciclado específico, siguiendo las pautas del (MTC, 2016).

Procedimiento

Tras llevar a cabo las pruebas de lavado de asfalto en la muestra extraída, se procedió a llevar a cabo el ensayo granulométrico, considerando las curvas de granulometría aplicables a las mezclas asfálticas en caliente (MAC).

La figura 22 presenta el proceso de tamizado del agregado derivado del material asfáltico reciclado, con el fin de obtener la curva granulométrica de diseño correspondiente, permitiendo así la verificación de las proporciones presentes en el material.

Figura 22

Granulometría de asfalto reciclado



Fuente: Elaborado por los autores

En este estudio de investigación la curva granulométrica se ha trabajado para un diseño asfáltico en caliente (MAC-2).

Peso de la muestra de ensayo: **874.8 gr.**

➤ **Material retenido**

Tamiz 1/2" = 154.8 gr

Tamiz 3/8" = 78.5 gr

Tamiz n°4 = 167.3 gr

Tamiz n°10 = 115.3 gr

Tamiz n°40 = 165.6 gr

Tamiz n°80 = 88.3 gr

Tamiz n°200 = 63.8 gr

Pasante = 41.2 gr

➤ **Porcentaje de material retenido parcial**

Tamiz 1/2" = $\frac{154.8 \text{ gr}}{874.8 \text{ gr}} \times 100 = 17.7\%$

Tamiz 3/8" = $\frac{78.5 \text{ gr}}{874.8 \text{ gr}} \times 100 = 9.0\%$

Tamiz n°4 = $\frac{167.3 \text{ gr}}{874.8 \text{ gr}} \times 100 = 19.1\%$

Tamiz n°10 = $\frac{115.3 \text{ gr}}{874.8 \text{ gr}} \times 100 = 13.2\%$

Tamiz n°40 = $\frac{165.6 \text{ gr}}{874.8 \text{ gr}} \times 100 = 18.9\%$

Tamiz n°80 = $\frac{88.3 \text{ gr}}{874.8 \text{ gr}} \times 100 = 10.1\%$

Tamiz n°200 = $\frac{63.8 \text{ gr}}{874.8 \text{ gr}} \times 100 = 7.3\%$

Pasante = $\frac{41.2 \text{ gr}}{874.8 \text{ gr}} \times 100 = 4.7\%$

➤ **Porcentaje de material acumulado**

Tamiz 1/2" = 17.7%

$$\text{Tamiz } 3/8'' = 17.7\% + 9.0\% = 26.7\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = 26.7\% + 19.1\% = 45.8\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = 45.8\% + 13.2\% = 59.0\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = 59.0\% + 18.9\% = 77.9\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = 77.9\% + 10.1\% = 88.0\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = 88.0\% + 7.3\% = 95.3\%$$

$$\text{Pasante} = 95.3\% + 4.7\% = 100.0\%$$

➤ **Porcentaje de material pasante**

$$\text{Tamiz } 1/2'' = 100\% - 17.7\% = 82.3\%$$

$$\text{Tamiz } 3/8'' = 100\% - 26.7\% = 73.3\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = 100\% - 45.8\% = 54.2\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = 100\% - 59.0\% = 41.0\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = 100\% - 77.9\% = 22.1\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = 100\% - 88.0\% = 12.0\%$$

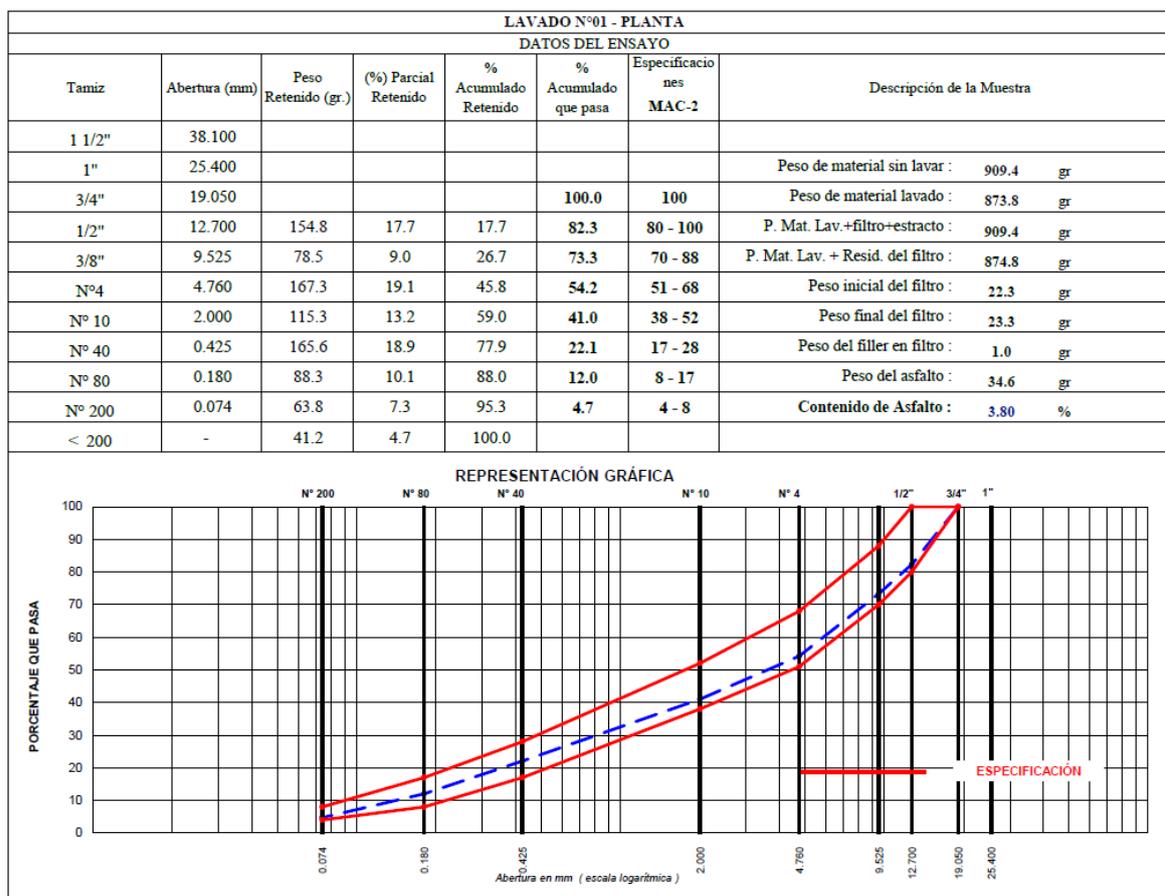
$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = 100\% - 95.3\% = 4.7\%$$

$$\text{Pasante} = 100\% - 100\% = 0\%$$

Resultado

Figura 23

Granulometría del asfalto reciclado



Fuente: Elaborado por los autores

La figura muestra la curva de granulometría de nuestra mezcla reciclada, y se observa que esta mezcla cumple con los estándares de diseño establecidos para las mezclas asfálticas en caliente (MAC-2), lo que la convierte en una opción apropiada para nuestro proyecto de rediseño.

5.2.2 Agregado pétreo de adición

Se adquirió el material pétreo de adición de la cantera Grupo Castillo, y posteriormente se sometió a una serie de pruebas destinadas a evaluar su comportamiento. Se aseguró de que cumpliera con todas

las especificaciones y criterios de adición establecidos en base al manual del MTC (2013).

Además, se consideró esencial que el material reciclado exhibiera una composición mineralógica similar a la del agregado adicional, con el fin de garantizar una coherencia en la capacidad de adherencia del material bituminoso a ambos.

5.2.2.1 Estándares de Calidad para el agregado grueso

a) Análisis granulométrico para el agregado grueso

Descripción

Conforme al manual del MTC (2016) y en conformidad con la normativa MTC E 204 y la NTP 400.012, se estipula que cualquier material que requiera someterse a un análisis granulométrico debe ser subdividido en cuatro partes con el objetivo de obtener una cantidad de muestra específica. Este procedimiento implica calcular la cantidad y tipo de agregado a través del uso de tamices. Para el agregado grueso, se emplearán tamices con aberturas de 3/4", 1/2", 3/8", n°4, n°10 y n°16, mientras que para el confitillo (arena chancada), se utilizarán tamices de tamaños más pequeños, debido a su tamaño nominal, que incluyen 3/8, n°4, n°10, n°40, n°80, n°200.

Procedimiento

Se efectuó el procedimiento de tamizado tanto para el agregado de mayor tamaño como para el confitillo, que se trata de una arena chancada. Este proceso permitió separar y analizar las partículas de ambos tipos de agregados para determinar su granulometría, lo que a su vez permitió confirmar la calidad de dicho material.

Piedra chancada

Peso de la muestra de ensayo: **3568.6 gr.**

➤ **Material retenido**

Tamiz 1/2" = 2387 gr

Tamiz 3/8" = 841 gr

Tamiz n°4 = 329 gr

Tamiz n°10 = 6 gr

Tamiz n°16 = 6 gr

➤ **Porcentaje de material retenido parcial**

$$\text{Tamiz } 1/2'' = \frac{2387 \text{ gr}}{3568.6 \text{ gr}} \times 100 = 66.9\%$$

$$\text{Tamiz } 3/8'' = \frac{841 \text{ gr}}{3568.6 \text{ gr}} \times 100 = 23.6\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = \frac{329 \text{ gr}}{3568.6 \text{ gr}} \times 100 = 9.2\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = \frac{6 \text{ gr}}{3568.6 \text{ gr}} \times 100 = 0.2\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 16 = \frac{6 \text{ gr}}{3568.6 \text{ gr}} \times 100 = 0.2\%$$

➤ **Porcentaje de material acumulado**

Tamiz 1/2" = 66.9%

Tamiz 3/8" = 66.9% + 23.6% = 90.5%

Tamiz n°4 = 90.5% + 9.2 = 99.7%

Tamiz n°10 = 99.7% + 0.2% = 99.9%

Tamiz n°16 = 99.9% + 0.2% = 100%

➤ **Porcentaje de material pasante**

Tamiz 1/2" = 100% - 66.9% = 33.1%

Tamiz 3/8" = 100% - 90.5% = 9.5%

Tamiz n°4 = 100% - 99.7% = 0.3%

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = 100\% - 99.9\% = 0.1\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 16 = 100\% - 100\% = 0\%$$

Confitillo (arena chancada)

Peso de la muestra de ensayo: **686.1 gr.**

➤ **Material retenido**

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = 55.4 \text{ gr}$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = 155.0 \text{ gr}$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = 252.4 \text{ gr}$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = 112.7 \text{ gr}$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = 64.8 \text{ gr}$$

$$\text{Pasante} = 45.8 \text{ gr}$$

➤ **Porcentaje de material retenido parcial**

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = \frac{55.4 \text{ gr}}{686.1 \text{ gr}} \times 100 = 8.1\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = \frac{155.0 \text{ gr}}{686.1 \text{ gr}} \times 100 = 22.6\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = \frac{252.4 \text{ gr}}{686.1 \text{ gr}} \times 100 = 36.8\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = \frac{112.7 \text{ gr}}{686.1 \text{ gr}} \times 100 = 16.4\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = \frac{64.8 \text{ gr}}{686.1 \text{ gr}} \times 100 = 9.4\%$$

$$\text{Pasante} = \frac{45.8 \text{ gr}}{686.1 \text{ gr}} \times 100 = 6.7\%$$

➤ **Porcentaje de material acumulado**

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = 8.1\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = 8.1\% + 22.6\% = 30.7\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = 30.7\% + 36.8\% = 67.5\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = 67.5\% + 16.4\% = 83.9\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = 83.9\% + 9.4\% = 93.3\%$$

$$\text{Pasante} = 93.3\% + 6.7\% = 100\%$$

➤ **Porcentaje de material pasante**

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = 100\% - 8.1\% = 91.9\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = 100\% - 30.7\% = 69.3\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = 100\% - 67.5\% = 32.5\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = 100\% - 83.9\% = 16.1\%$$

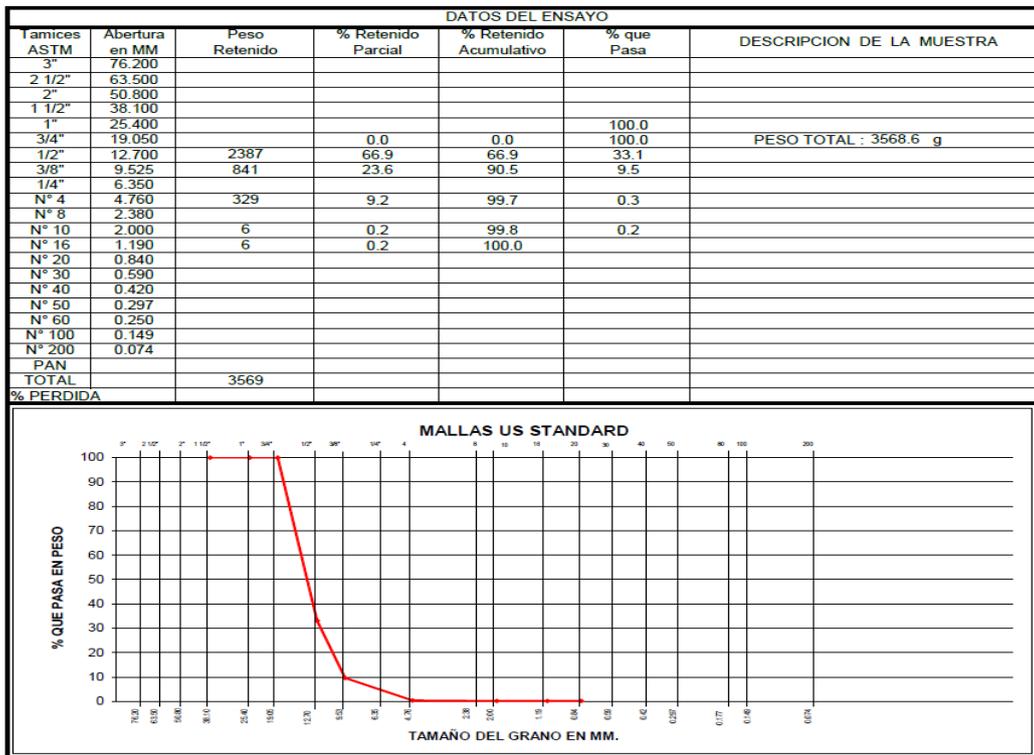
$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = 100\% - 93.3\% = 6.7\%$$

$$\text{Pasante} = 100\% - 100\% = 0\%$$

Resultados

Figura 24

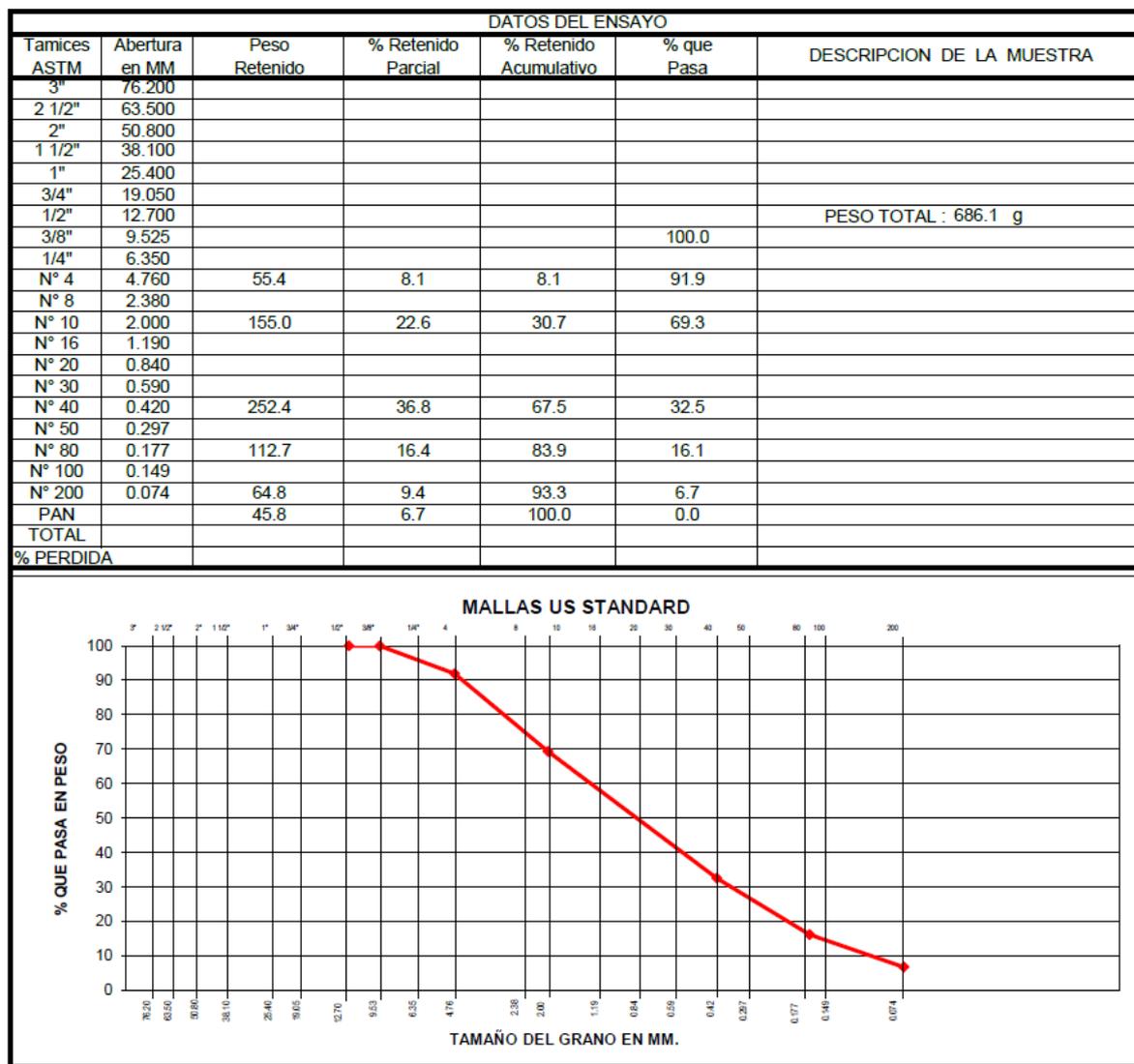
Granulometría piedra chancada



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 25

Granulometría confitillo (arena chancada)



Fuente: Elaborado por los autores

b) Peso específico y absorción de los agregados

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en los apartados MTC E 206 y NTP 400.021, se inicia a seleccionar una muestra del árido y se somete a un proceso de lavado. La determinación de la densidad superficial seca saturada y la absorción considerando propiedades de los agregados después de haber estado saturados con agua durante un período de 24 horas.

Su propósito es la evaluación del peso específico en condiciones secas, el peso específico en condiciones saturadas con superficie seca, el peso específico aparente y la capacidad de absorción.

Procedimiento

Se elige una porción de la muestra de árido y se sumerge en agua durante aproximadamente 24 horas, permitiendo que los poros se llenen prácticamente en su totalidad.

Luego, se extrae de la inmersión en agua, se elimina la humedad de la superficie de las partículas y se anota su peso. Después, el muestreo se sumerge nuevamente en agua y se anota el peso una vez más.

Por último, la muestra se somete a un proceso de secado en un horno y se realiza una tercera medición del peso.

Figura 26

Peso específico y absorción del agregado grueso



Fuente: Elaborado por los autores

(A) Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) = 1481.4 gr

(B) Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) = 918.8 gr

(C) Vol. de masa + vol de vacíos = A-B

$$1481.4 - 918.8 = 562.6 \text{ cm}^3$$

(D) Peso material seco en estufa (105 °C) = 1471.9 gr

(E) Vol. de masa = C- (A - D)

$$562.6 - (1481.4 - 1471.9) = 553.1$$

Pe bulk (Base seca) = D/C

$$\frac{1471.9}{562.6} = 2.616$$

Pe bulk (base saturada) = A/C

$$\frac{1481.4}{562.6} = 2.633$$

Pe Aparente (Base Seca) = D/E

$$\frac{1471.9}{553.1} = 2.661$$

% de absorción = ((A - D) / D * 100)

$$\frac{(1481.4 - 1471.9)}{1471.9} \times 100 = 0.65\%$$

Resultado

Figura 27

Resultado peso específico y absorción del agregado grueso

AGREGADO GRUESO				
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (g)	1481.4	1623.3	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (g)	918.8	1008.4	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (g)	562.6	614.9	
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(g)	1471.9	1612.9	
E	Vol. de masa = C- (A - D) (g)	553.1	604.5	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.616	2.623	2.620
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.633	2.640	2.637
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.661	2.668	2.665
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.65	0.64	0.65%

Fuente: Elaborado por los autores

El proceso se realiza con dos muestras para un resultado más preciso.

Se obtuvo un resultado de 0.65% cumpliendo con el parámetro de no superar el 1%.

c) Durabilidad al sulfato de magnesio

Descripción

Siguiendo las indicaciones del manual del MTC (2016), específicamente en las secciones MTC E 209 y NTP 400.16, se empleó el agregado grueso para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la normativa vigente.

El objetivo de este análisis es examinar la resistencia de los áridos ante la descomposición al ser expuestos a soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Procedimiento

Durante este procedimiento, se extrajeron porcentajes de las distintas aberturas de las mallas de tamizado, incluyendo las de 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y

n°4. Una vez obtenido este peso, el material se sometió a un proceso de lavado.

Las muestras fueron sumergidas en una solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio durante un período que osciló entre 16 y 18 horas, de tal manera que la solución cubriera las muestras con una profundidad mínima de 1.5 cm. Luego de las 16 horas de inmersión, se procede a secar la muestra a la temperatura indicada hasta que alcance un peso permanente. Mientras las muestras se están secando, se retiran del horno y se pesan en intervalos de 2 a 4 horas, sin permitir que se enfríen.

Este ensayo se repite cinco veces, y una vez finalizados los ciclos y con todo limpio, se procede a secar nuevamente el material. Luego, se realiza un tamizado adicional para determinar cuánto material se ha perdido, comparando el peso inicial con el peso final al finalizar el ensayo.

Figura 28

Durabilidad de sulfato de magnesio



Fuente: Elaborado por los autores

Recipiente 1

Peso antes del ensayo (**A**) = 675 gr

Peso después del ensayo (**B**) = 630.8 gr

% de pérdida después del ensayo (**C**)= $((A-B)/A)*100$

$$\frac{(675 - 630.8)}{675} \times 100 = 6.5\%$$

% de pérdida corregida

$$3/4'' - 1/2'' = 4.15\%$$

Recipiente 2

Peso antes del ensayo (**A**) = 300 gr

Peso después del ensayo (**B**) = 271.4 gr

% de pérdida después del ensayo (**C**)= $((A-B)/A)*100$

$$\frac{(300 - 271.4)}{300} \times 100 = 9.5\%$$

% de pérdida corregida

$$1/2'' - 3/8'' = 2.5\%$$

Recipiente 3

Peso antes del ensayo (**A**) = 300 gr

Peso después del ensayo (**B**) = 269.5 gr

% de pérdida después del ensayo (**C**)= $((A-B)/A)*100$

$$\frac{(300 - 269.5)}{300} \times 100 = 10.2\%$$

% de pérdida corregida

$$3/8'' - n^{\circ}4 = 1.54\%$$

Resultado

Figura 29

Resultado durabilidad de sulfato de magnesio

DATOS DEL ENSAYO								
FRACCION		GRADACION ORIGINAL %		Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Pérdida después del ensayo (gr)	Pérdida después del ensayo (%)	Pérdida corregida
PASA	RETIENE	Peso retenido	% retenido					
			A	B	C	D	E	F
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	2970.0	63.3	675.0	630.8	44.2	6.5	4.15
1/2"	3/8"	1010.0	21.5	300.0	271.4	28.6	9.5	2.05
3/8"	N° 4	710.0	15.1	300.0	269.5	30.5	10.2	1.54
	< N° 4							
TOTALES		4690.0	100.0	1275.0				7.7

Fuente: Elaborado por los autores

Se puede verificar el material extraído cumple con los parámetros de calidad del árido grueso para nuestro diseño de mezclas de asfaltos.

Se obtuvo un resultado de 7.7% cumpliendo con el parámetro de no superar el 18%.

d) **Ensayo de abrasión (Máquina de los ángeles)**

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en los apartados MTC E 207 y NTP 400. 019, el propósito de esta prueba es evaluar la capacidad de solidez del árido grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 1/2". Este agregado se clasifica como grado B y contiene 11 esferas específicas para esta gradación. En este proceso, se observa que se retiene un peso de 2500 gramos en cada una de las mallas de 1/2" y 3/8".

Procedimiento

La muestra de prueba y la carga se colocan en la máquina de Los Ángeles y se someten a un giro a una velocidad que varía entre 30 y 33 revoluciones por minuto durante un total de 500 rotaciones. En la figura 30 se representan los diferentes tipos de gradaciones según el tamaño del material a tratar.

Figura 30

Tipos de gradaciones para ensayo de abrasión

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (¾")	12,5 mm (½")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (½")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (¼")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (¼")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-	-.-	5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: MTC (2013)

Después de concluir el número predeterminado de rotaciones, se retira el material de la máquina y se lleva a cabo la primera separación de la muestra utilizando un tamiz de tamaño estándar de 1,70 mm (No. 12) con el fin de separar las partículas más pequeñas.

Figura 31

Ensayo de abrasión (Máquina de los ángeles)



Fuente: Elaborado por los autores

Con el fin de determinar la resistencia del agregado, es importante pesar el material inicial para posteriormente conocer su desgaste.

A: Masa de la muestra seca inicial = 5000 gr

B: Masa de la muestra seca final, retenido tamiz N°12 = 3842 gr

C: Perdida después del ensayo, C=A-B

$$C = 5000 - 3842 = 1158 \text{ gr}$$

% Desgaste, $(C/A) \times 100$

$$\frac{(1158)}{5000} \times 100 = 23\%$$

Resultado

Figura 32

Resultado ensayo de abrasión (Máquina de los ángeles)

DATOS DEL ENSAYO					
TAMIZ		A	B	C	D
PASA	RETIENE				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"		2500		
1/2"	3/8"		2500		
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
PESO TOTAL			5000		
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12			3842		
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO			1158		
N° DE ESFERAS			11		
PESO DE LAS ESFERAS			4532		
TIEMPO DE ROTACIONES (m)			15		
% DE DESGASTE			23		

Fuente: Elaborado por los autores

Se obtuvo un resultado de 23% cumpliendo con el parámetro de no superar el 40%.

e) Ensayo de afinidad Agregado - Bitumen

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en los apartados MTC E 519 y ASTM(D1664), el propósito de este proceso es calcular el tiempo necesario de mezcla para lograr un recubrimiento satisfactorio.

Procedimiento

Cada muestra se tamiza de inmediato mientras se encuentra en caliente, utilizando una malla de 9,5 mm (3/8 de pulgada) o una malla No. 4, dependiendo del tamaño máximo del material de 9,5 mm (3/8 de pulgada).

Se escoge una muestra de tamaño suficiente de manera que contenga entre 200 y 500 partículas de agregado que queden atrapadas en las mallas mencionadas.

Figura 33

Ensayo de afinidad Agregado - Bitumen



Fuente: Elaborado por los autores

$$\text{Porcentaje de partículas recubiertas} = \frac{\text{Número de partículas completamente recubiertas}}{\text{Número total de partículas}}$$

Resultado

Figura 34

Resultado ensayo de afinidad Agregado - Bitumen

MATERIAL	METODO DE ENSAYO	ESPECIFICACION	ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA								ASFALTO TEMPERATURA DE ENSAYO °C	ENSAYO SIN ADITIVO	ENSAYO CON ADITIVO
			% 0.30	% 0.40	% 0.50	% 0.60	% 0.70	% 0.80	% 0.90	% 1.00			
Piedra chancada	MTC E 519	+95	-	-	-	-	-	-	-	-	90°	-95	-

Fuente: Elaborado por los autores

Los valores representan los porcentajes de adherencia que se observan después de realizar el ensayo.

f) Índice de durabilidad del agregado grueso

Descripción

Según lo establecido en el manual del MTC (2016), específicamente en las secciones MTC E 214, el índice de resistencia de un árido es un cálculo que representa la capacidad relativa de un árido para generar materiales finos indeseables, como arcilla, cuando se expone a procesos de desgaste mecánico.

Procedimiento

Se toma una muestra de agregados con el propósito de lograr una separación completa de los diferentes tamaños utilizando un tamiz de 4,75 mm (N°4).

Esto se hace para crear una condición en la que los agregados puedan fluir o moverse libremente a través del tamiz.

Si se nota que la muestra contiene una cantidad significativa de arcilla, es recomendable girar o mover los agregados a medida que se secan, de modo que el secado sea uniforme y se evite la formación de grupos duros de arcilla. Los grupos duros de agregados de terrones se rompen y se eliminan los materiales finos que recubren los áridos gruesos, utilizando otro método que

sea seguro y que no cause una reducción sustancial en el tamaño original de las partículas.

Resultado

Figura 35

Resultado índice de durabilidad

DATOS DEL ENSAYO						
TAMAÑOS DE MALLAS				Muestra	Agitación Muestra	Contenido de
PASA	RETENIDO		PESO (g)	Peso (g)	(10 minutos)	Agua Destilada (ml)
3/4"	1/2"		1060	1060	10'	1000.0
1/2"	3/8"		560	560		
3/8"	Nº 4		900	900		

DESCRIPCION	IDENTIFICACION		
Nº DE ENSAYO	1	2	Promedio
Hora de entrada a decantación	11:23	11:25	
Hora de salida de decantación (mas 20')	11:43	11:45	
Altura máxima de material fino (pulg. 0.1")	1.48	1.49	
Índice de Durabilidad (De la tabla)	51.5	51.9	51.7

Fuente: Elaborado por los autores

g) Partículas chatas y alargadas

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en los apartados MTC E 223 y NTP 400.040, el objetivo de este procedimiento es determinar los porcentajes de partículas con una forma chata o alargada presentes en el agregado grueso, las cuales pueden dificultar la compactación y complicar la disposición de los materiales.

Procedimiento

Estos agregados serán sometidos a una evaluación en la máquina calibradora proporcional para calcular su forma y propiedades.

De acuerdo con esta normativa, las relaciones entre la longitud y el espesor que se pueden establecer son: 2/1, 3/1, 4/1 y 5/1, siendo la proporción 3/1 la que se utilizará en el ensayo, siguiendo las recomendaciones del MTC. Esto implica la evaluación y selectivo de los áridos gruesos en función de sus características chatas o alargadas.

Figura 36

Ensayo partículas chatas y alargadas



Fuente: Elaborado por los autores

Peso total de la muestra (M)= 3980 g

❖ Peso retenido en la malla 3/4" – 1/2"

Peso Inicial (A) = 2970 g

Peso final (B) = 217.8 g

Porcentaje (C)

$$C = \frac{(B)}{M} \times 100 = \frac{(217.8)}{3980} \times 100 = 5.5\%$$

❖ Peso retenido en la malla 1/2" - 3/8"

Peso Inicial (A) = 1010 g

Peso final (B) = 89.8 g

Porcentaje (C)

$$C = \frac{(B)}{M} \times 100 = \frac{(89.8)}{3980} \times 100 = 2.2\%$$

Porcentaje de partículas chatas y alargadas = 7.7%

Resultado

Figura 37

Resultado ensayo partículas chatas y alargadas

INDICE DE APLANAMIENTO (PARTICULAS CHATAS) :						
DATOS DEL ENSAYO						
TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL (g)	PARTICULAS CHATAS	PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS	PORCENTAJE PARCIAL	PROMEDIO DE PARTICULAS CHATAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2970.0	102.4	3.45	74.6	257
1/2"	3/8"	1010.0	38.3	3.79	25.4	96
		3980.0			100.0	354
PORCENTAJE PARTICULAS CHATAS ($\Sigma E / \Sigma D$)				= 3.5 %		

INDICE DE ALARGAMIENTO (PARTICULAS ALARGADAS) :						
DATOS DEL ENSAYO						
TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL (g)	PARTICULAS ALARGADAS	PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS	PORCENTAJE PARCIAL	PROMEDIO DE PARTICULAS ALARGADAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2970.0	115.4	3.89	74.6	290
1/2"	3/8"	1010.0	51.5	5.10	25.4	129
		3980.0			100.0	419
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA ($\Sigma E / \Sigma D$)				= 4.2 %		

Fuente: Elaborado por los autores

Obtuvimos un resultado del 7,7%, lo que corresponde a un parámetro que no supera el 10%.

h) Partículas fracturadas

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 210 y ASTM D - 5821, el propósito de este procedimiento es calcular el porcentaje, ya sea en términos de peso o cantidad, de una prueba de árido grueso que consta de partículas que han sufrido fracturas.

Procedimiento

Se selecciona una parte del material para que pase a través de las mallas de 3/4", 1/2" y 3/8".

Luego de separar el material, se registra el peso del material retenido por las mallas de 1/2" y 3/8".

La muestra se extiende en un área amplia para que se pueda examinar cada partícula visualmente. El ensayo se realiza a simple vista, y se verifica si el material presenta fracturas, las cuales se caracterizan por tener aristas pronunciadas que forman una superficie de fractura bien definida.

Siguiendo las pautas del manual de pruebas de materiales, se indica que el agregado puede mostrar una, dos, tres o incluso múltiples caras fracturadas., y en función de esto, se determina el peso total. El manual también indica que para que una superficie se considere como una cara fracturada, debe tener una arista claramente definida.

Figura 38

Ensayo partículas fracturadas



Fuente: Elaborado por los autores

Peso total de la muestra (M)= 3980 g

❖ Peso retenido en la malla 3/4" – 1/2"

Peso Inicial (A) = 2970 g

Peso final (B) = 2970 g

Porcentaje (C)

$$C = \frac{(A)}{B} \times 100 = \frac{(2970)}{2970} \times 100 = 100\%$$

❖ Peso retenido en la malla 1/2" - 3/8"

Peso Inicial (A) = 1010 g

Peso final (B) = 1010 g

Porcentaje (C)

$$C = \frac{(A)}{B} \times 100 = \frac{(1010)}{1010} \times 100 = 100\%$$

Porcentaje de partículas fracturadas = 100%

Resultado

Figura 39

Resultado ensayo partículas fracturadas

A - CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS:						
DATOS DEL ENSAYO						
TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL (g)	CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE PARCIAL	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2970.0	2970.0	100.00	74.6	7462
1/2"	3/8"	1010.0	1010.0	100.00	25.4	2538
		3980.0			100.0	10000
% DE DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (ΣE / ΣD)				= 100.0 %		

B - CON UNA CARA FRACTURADA:						
DATOS DEL ENSAYO						
TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL (g)	CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE PARCIAL	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2970.0	2970.0	100.00	74.6	7462
1/2"	3/8"	1010.0	1010.0	100.00	25.4	2538
		3980.0			100.0	10000
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (ΣE / ΣD)				= 100.0 %		

Fuente: Elaborado por los autores

Se obtuvo un resultado de 100% cumpliendo con el parámetro mínimo de 80/50.

i) Contenido de sales solubles en los suelos

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 219 y NTP 339.152, el propósito de este proceso de cristalización es calcular la cantidad de cloruros y sulfatos que son solubles en agua en los áridos pétreos utilizados en bases consolidadas y mezclas de asfaltos.

Procedimiento

La muestra se coloca en un recipiente, y se añade agua destilada en cantidad adecuado para cubrirla aproximadamente 3 cm por encima del nivel de la prueba, y luego se calienta hasta que entre en ebullición.

La muestra se ubica en un recipiente, y se agrega una cantidad adecuada de agua destilada para que cubra la muestra aproximadamente 3 cm por encima de su nivel, después se procede a calentarla hasta que entre en ebullición.

A continuación, se agita durante un minuto. Se repite el proceso de agitación en intervalos regulares, realizando un total de cuatro agitaciones en un lapso de 10 minutos.

Luego, las sales solubles se determinan de manera individual en dos tubos de ensayo, empleando los reactivos químicos correspondientes.

Se toma una parte de la muestra, que previamente ha sido homogeneizada, en un volumen que oscile entre 50 y 100 ml de un matraz aforado, y se registra su volumen. La alícuota se cristaliza en un horno de manera separada.

Figura 40

Contenido de sales solubles en los suelos



Fuente: Elaborado por los autores

❖ Muestra 1

Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres (A) = 91.37 g

Peso Tarro + agua + sal (B) = 138.82 g

Peso Tarro Seco + sal (C) = 91.39 g

Peso de Sal (D = C-A)

$$91.39 - 91.37 = 0.02 \text{ g}$$

Peso de Agua (E= B-C)

$$138.82 - 91.39 = 47.45 \text{ g}$$

Porcentaje de Sal (S)

$$S = \frac{(D)}{D + E} \times 100 = \frac{(0.02)}{0.02 + 47.45} \times 100 = 0.03\%$$

Resultado

Figura 41

Resultado contenido de sales solubles en los suelos

DATOS DEL ENSAYO					
	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	91.37	115.45			
(2) Peso Tarro + agua + sal	138.82	152.65			
(3) Peso Tarro Seco + sal	91.39	115.46			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.02	0.01			
(5) Peso de Agua (2-3)	47.45	37.20			
(6) Porcentaje de Sal	0.03 %	0.02 %			0.03 %

Fuente: Elaborado por los autores

Se obtuve un resultado de 0.03% cumpliendo con el parámetro de no superar el máximo de 0.5%.

5.2.2.1.1 Resumen de las propiedades del agregado grueso

En la figura 42 se visualiza un cuadro de resumen de las propiedades del agregado grueso.

Figura 42

Resumen de las Propiedades del Agregado Grueso

Resumen de las Propiedades del Agregado Grueso			
	Requerimiento	Resultado	Observación
Durabilidad (al Sulfato deMagnesio)	18% máx	7.70%	Cumple
Abrasión Los Ángeles	40% máx.	23%	Cumple
Adherencia	95	95	Cumple
Índice de Durabilidad	35% mín.	51.7	Cumple
Partículas chatas y alargadas	10% máx.	7.70%	Cumple
Caras fracturadas	85/50	100/100	Cumple
Sales Solubles Totales	0.5% máx.	0.03%	Cumple
Absorción	1.0% máx.	0.65%	Cumple

Fuente: Elaborado por los autores

5.2.2.2 Estándares de Calidad para el agregado Fino

a) Análisis granulométrico para el agregado fino

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 204 y NTP NTP 400.012, se requiere que cualquier material que se someta a un análisis granulométrico sea dividido en cuartos con el objetivo de obtener una cantidad específica de muestra. Este análisis involucra la evaluación de la cantidad y la clasificación del agregado mediante el uso de tamices. En el caso del árido fino, se utilizarán los tamices siguientes: N°4, N°10, N°40, N°80 y N°200.

Procedimiento

Este procedimiento es el mismo que el del agregado grueso, realizamos el tamizado de todos los agregados finos, donde obtuvimos el tamaño de partícula de cada uno y comprobamos la calidad del material.

Peso de la muestra de ensayo: **680.7 gr.**

➤ Material retenido

Tamiz n°4 = 52.8gr

Tamiz n°10 = 133.3gr

Tamiz n°40 = 179.4gr

Tamiz n°80 = 108.8gr

Tamiz n°200 = 167.9gr

Pasante = 38.5gr

➤ Porcentaje de material retenido parcial

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = \frac{52.8 \text{ gr}}{680.7 \text{ gr}} \times 100 = 7.8\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = \frac{133.3 \text{ gr}}{680.7 \text{ gr}} \times 100 = 19.6\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = \frac{179.9 \text{ gr}}{680.7 \text{ gr}} \times 100 = 26.4\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = \frac{108.8 \text{ gr}}{680.7 \text{ gr}} \times 100 = 16\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = \frac{167.9 \text{ gr}}{680.7 \text{ gr}} \times 100 = 24.7\%$$

$$\text{Pasante} = \frac{38.5 \text{ gr}}{680.7 \text{ gr}} \times 100 = 5.7\%$$

➤ **Porcentaje de material acumulado**

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = 7.8\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = 7.8\% + 19.6\% = 27.3\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = 27.3\% + 26.4\% = 53.7\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = 53.7\% + 16\% = 69.7\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = 69.7\% + 24.7\% = 94.3\%$$

$$\text{Pasante} = 94.3\% + 5.7\% = 100.0\%$$

➤ **Porcentaje de material pasante**

$$\text{Tamiz n}^\circ 4 = 100\% - 7.8\% = 92.2\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 10 = 100\% - 27.3\% = 72.7\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 40 = 100\% - 53.7\% = 46.3\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 80 = 100\% - 69.7\% = 30.3\%$$

$$\text{Tamiz n}^\circ 200 = 100\% - 94.3\% = 5.7\%$$

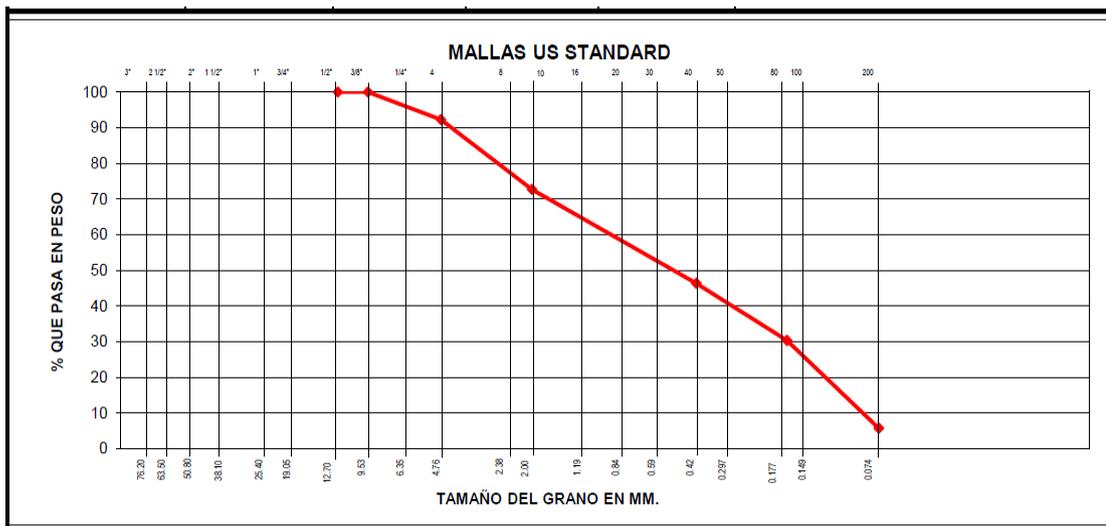
$$\text{Pasante} = 100\% - 100\% = 0\%$$

Resultado

Figura 43

Granulometría del agregado fino

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					PESO TOTAL : 680.7 g
3/8"	9.525				100.0	
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	52.8	7.8	7.8	92.2	
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	133.3	19.6	27.3	72.7	
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	179.4	26.4	53.7	46.3	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	108.8	16.0	69.7	30.3	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	167.9	24.7	94.3	5.7	
PAN		38.5	5.7	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						



Fuente: Elaborado por los autores

b) Gravedad específica y absorción

Descripción

Conforme a lo estipulado en el manual del MTC (2016), específicamente en la sección MTC E 205 y la normativa NTP 400.022, se elige una prueba del árido y se somete a un procedimiento de lavado. Los cálculos del peso

específico saturado con superficie seca y la absorción se basan en los áridos que han estado inmersos en agua durante un período de 24 horas.

El propósito de este proceso es calcular el peso específico en condiciones secas, el peso específico en condiciones saturadas con superficie seca, el peso específico aparente y la capacidad de absorción del material.

Procedimiento

El árido fino, que ha sido particionado en cuartos y secado hasta aplicar un peso permanente a una temperatura, se introduce en un envase y se sumerge en agua, permaneciéndolo durante 24 horas. Después, se lleva a cabo un proceso de decantación con el fin de evitar la eliminación de partículas finas. Después, se introduce el material en un molde cónico y se aplica una serie de golpes suaves en la superficie utilizando una varilla de apisonado, y, por último, se retira el molde.

En caso de que haya humedad libre en el agregado fino, el cono conservará su estructura. Proceda con el proceso de secado, removiendo de manera regular y verificando hasta que el cono colapse al retirar el molde, lo que señala que el árido fino ha alcanzado un estado de superficie seca.

Después de haber acondicionado la muestra, se procede a llenar el frasco parcialmente con agua hasta llegar a la marca de 500 cm³. Luego, se realiza una agitación manual del frasco para eliminar eventuales burbujas de aire y, de esta manera, calcular el peso total del frasco, la muestra y el agua.

Finalmente, se extrae el árido fino del recipiente, se somete a un procesamiento de secado en un horno, se enfría a la temperatura ambiente durante un lapso que varía de 30 minutos a 1 hora y 30 minutos, y se determina su peso.

Figura 44

Ensayo gravedad específica y absorción



Fuente: Elaborado por los autores

M-1

(A) Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) = 300 g

(B) Peso Frasco + agua = 686.6 g

(C) Peso Frasco + agua + A = 986.6 g

(D) Peso del Mat. + agua en el frasco = 871.4 g

(E) Vol de masa + vol de vacío, $E = C - D$

$$E = C - D , E = 986.6 - 871.4 , E = 115.2$$

(F) Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) = 296.4 g

(G) Vol de masa = $E - (A - F)$

$$G = E - (A - F) , G = 115.2 - (300 - 296.4) , G = 111.6$$

$$\text{Pe bulk (Base seca)} = F/E$$

$$\frac{296.4}{115.2} = 2.573$$

$$\text{Pe bulk (Base saturada)} = A/E$$

$$\frac{300}{115.2} = 2.604$$

$$\text{Pe aparente (Base Seca)} = F/G$$

$$\frac{296.4}{11.6} = 2.655$$

$$\% \text{ de absorción} = ((A - F)/F)*100$$

$$\frac{(300 - 296.4)}{296.4} = 1.20$$

Resultado

Figura 45

Resultado ensayo gravedad especifica y absorción

AGREGADO FINO					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (g)	300.0	300.0		
B	Peso Frasco + agua	686.6	684.4		
C	Peso Frasco + agua + A (g)	986.6	984.4		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (g)	871.4	868.9		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (g)	115.2	115.5		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (g)	296.4	296.4		
G	Vol de masa = E - (A - F) (g)	111.6	111.9		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.573	2.566		2.570
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.604	2.597		2.601
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.655	2.649		2.652
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.20	1.22		1.21%

Fuente: Elaborado por los autores

El proceso se realizó con dos muestras para mayor precisión de los resultados.

c) **Equivalente de arena**

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 114 y NTP NTP 339.146, el propósito de este proceso es calcular las relaciones proporcionales entre los materiales finos, las partículas de arcilla y el material orgánico que pasa a través del tamiz No. 4.

Procedimiento

Se tomaron muestras de material que pasa a través del tamiz No. 4, y se introdujo una muestra en un recipiente. Esta muestra se dividió en cuatro partes iguales, de las cuales se utilizaron tres.

Se tomaron tres probetas se llenaron con una solución hasta alcanzar una profundidad de aproximadamente 4 pulgadas; luego, se introdujo el material en cada probeta y se dieron unos golpes para eliminar cualquier burbuja. Se registró el tiempo de cada ensayo durante un período de 2 minutos.

Después de esta fase, se destinaron 10 minutos a cada prueba con el propósito de realizar la saturación. Luego, se trasladaron las probetas a una máquina agitadora durante un minuto completo, y a continuación, se procedió a lavar las probetas utilizando la solución "stock".

Este proceso tenía como objetivo separar las partículas finas en la parte superior y las partículas de arena en la parte inferior de las probetas. Después de esta operación, las probetas se dejaron reposar durante 20 minutos.

Figura 46

Ensayo equivalente de arena



Fuente: Elaborado por los autores

Hora de entrada para saturación:

P1= 5:34

P2= 5:36

P3= 5:38

Hora de salida para saturación:

P1= 5:44

P2= 5:46

P3=5:48

Hora de entrada para la decantación:

P1= 5:46

P2= 5:48

P3= 5:50

Hora de salida para la decantación:

P1= 6:06

P2= 6:08

P3= 6:10

Altura de nivel material de finos:

P1= 8

P2= 8.2

P3= 8.1

Altura de nivel material de arena:

P1= 5.2

P2= 5.3

P3= 5.4

Equivalente de arena:

$$P1 = \frac{5.2 \times 100}{8} = 65\% \quad P2 = \frac{5.3 \times 100}{8.2} = 64.6\% \quad P3 = \frac{5.4 \times 100}{8.1} = 66.7\%$$

Resultado

Figura 47

Resultado ensayo equivalente de arena

DATOS DEL ENSAYO						
MUESTRA	01	02	03			
HORA DE ENTRADA	05:34	05:36	05:38			
HORA DE SALIDA	05:44	05:46	05:48			
HORA DE ENTRADA	05:46	05:48	05:50			
HORA DE SALIDA	06:06	06:08	06:10			
ALTURA DE NIVEL MATERIAL FINO (A)	8.0	8.2	8.1			
ALTURA DE NIVEL ARENA (B)	5.2	5.3	5.4			
EQUIVALENTE DE ARENA (B x 100/A)	65.0%	64.6%	66.7%			
PROMEDIO:	65%					

Fuente: Elaborado por los autores

d) Angularidad del agregado

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 222, tiene como propósito este procedimiento es evaluar la angularidad del árido fino, mediante la determinación del porcentaje de espacios vacíos con aire presentes en las partículas de tamaño menor a 2,36 mm (que pasan a través de la malla No. 8), cuando están ligeramente compactadas.

Procedimiento

Se lleva a cabo la separación del material que atraviesa el tamiz de 2,36 mm (No. 8), pero queda atrapado por el tamiz de 75 mm (No. 200).

Luego, se calculará la gravedad específica bruta del árido determinado.

La arena se vierte mediante el embudo hasta que llega al borde del cilindro cuyo volumen se ha medido previamente. Luego, se nivela la superficie y se anota el peso del material que queda atrapado en el cilindro.

(A) Peso del agregado fino + molde = 245.50 g

(B) Peso del molde = 102.80 g

(C) Peso del agregado fino **C = A-B**

$$C = 245.5 - 102.8 = 142.7 \text{ g}$$

(D) Volumen del cilindro = 105.29 cm³

(E) Gravedad específica de agregado fino = 2.6

(F) Vacíos no compactados

$$F\% = \frac{V - \frac{W}{Gsb}}{V}, \quad \frac{105.29 - \frac{142.7}{2.652}}{105.29} = 48.9\%$$

Resultado

Figura 48

Angularidad del agregado

DATOS DEL ENSAYO				
ENSAYO	Nº	1	2	3
PESO DEL AGREGADO FINO + MOLDE	g	245.50	246.30	247.40
PESO DEL MOLDE	g	102.80	102.80	102.80
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	142.70	143.50	144.60
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	105.29	105.29	105.29
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G _{sb}	2.652	2.652	2.652
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	48.9	48.6	48.2
PROMEDIO	%	48.6		

Fuente: Elaborado por los autores

e) Valor de azul de metileno del agregado y en llenantes minerales

De acuerdo con la norma ASHTO TP 57, el objetivo de este proceso es calcular la cantidad de materiales que podrían ser perjudiciales (lo que incluye

arcilla y material orgánico) presentes en la fracción fina de un árido, a través de la medición del Valor de Azul de Metileno.

Procedimiento

Se prepara una muestra de 100 gramos que pasa a través de la malla No. 200, lo que nos proporciona el agregado fino.

Después, se eligen 10 gramos de la porción que se retuvo y se incorporan en un recipiente de vidrio que contiene 30 ml de agua destilada. Seguidamente, se realiza el examen del material empleando azul de metileno en una cantidad de 0.5 ml por cada minuto.

Se continua a marcar todas las muestras en una hoja utilizando una varilla de vidrio, durante un período de tiempo, hasta que aparezca una aureola claramente visible debido al azul de metileno. En nuestro caso, se obtuvieron tres muestras, lo que se verifica visualmente.

Figura 49

Valor de azul de metileno del agregado y en llenantes minerales



Fuente: Elaborado por los autores

Resultado

Figura 50

Resultado valor de azul de metileno del agregado y en llenantes minerales

DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO (mg/g)
	:				
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 (g)	(V :	10.0	10.0	10.0	
AGUA DESTILADA (ml)		30.0	30.0	30.0	
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 + AGUA	:	40.0	40.0	40.0	
SOLUCION AZUL DE METILENO	:	5	5	5	
SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION (ml)	:	12.1	12.2	12.3	
VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/g)	:	6.05	6.10	6.15	6.10

Fuente: Elaborado por los autores

La prueba de Azul de Metileno arrojó un valor de 6.10 mg/g, cumpliendo con la norma en cual se recomienda un valor inferior a 8 mg/g.

f) Límites de consistencia material pasante de la malla n°40

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 110 y MTC E 111, tiene como fin determinar el límite plástico y cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo.

Procedimiento

Se toma una muestra de 14.2 gramos del material que pasante de la malla No. 40. Luego, se satura al nivel de la copa durante la noche y, utilizando un ranurador, se proporcionan 20 golpes para cerrar una distancia de un centímetro.

A continuación, se presenta la máquina conocida como Cuchara Casagrande, en la que se agregará el material fino saturado y se realizará la abertura requerida antes de aplicar los 20 golpes correspondientes.

Figura 51

Límites de consistencia material pasante de la malla n°40



Fuente: Elaborado por los autores

Resultado

Figura 52

Resultado límites de consistencia material pasante de la malla n°40

DATOS DE ENSAYO					
LÍMITE LIQUIDO					
Nº TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
MASA DEL TARRO					
MASA DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
Nº DE GOLPES					
LÍMITE PLASTICO					
Nº TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
MASA DEL TARRO					
MASA DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
LL :	NP	LP :	NP	IP :	NP

Fuente: Elaborado por los autores

Debido a que el límite plástico (LP) no logra formar rollos o barras debido a la presencia de humedad, que tienden a romperse con facilidad durante el examen, se puede deducir que no muestra plasticidad (NP). En consecuencia, tampoco presenta un índice de plasticidad.

g) Índice de durabilidad

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en los apartados MTC E 214, el índice de resistencia de un árido es un valor calculado que indica la capacidad correspondiente de dicho árido para generar materiales finos perjudiciales, como la arcilla, cuando se introduce a procesos de desgaste mecánico.

Procedimiento

Se toma una muestra de agregados con el propósito de lograr una separación completa de los diferentes tamaños utilizando un tamiz de 4,75 mm (N°4).

Esto se hace para crear una condición en la que los agregados puedan fluir o moverse libremente a través del tamiz.

Si se nota que la muestra contiene una cantidad significativa de arcilla, es recomendable girar o mover los agregados a medida que se secan, de modo que el secado sea uniforme y se evite creación de grupos duros de arcilla.

Los grupos duros de agregados de terrones se rompen y se eliminan los materiales finos que recubren los áridos gruesos, utilizando otro método que sea seguro y que no cause una reducción sustancial en el tamaño original de las partículas.

Resultado

Figura 53

Resultado índice de durabilidad

DATOS DEL ENSAYO						
TAMAÑOS DE MALLAS				Agitación Muestra	Contenido de	Muestra Lata
PASA	RETENIDO		PESO (gr.)	(10 minutos)	Agua Destilada (ml)	(ml.)
# 4	N°200		500		1000.0	85

DESCRIPCION	IDENTIFICACION		
	1	2	Promedio
Hora de entrada a saturación	09:24	09:26	
Hora de salida de saturación (mas 10')	09:34	09:36	
Hora de entrada a decantación	09:36	09:38	
Hora de salida de decantación (mas 20')	09:56	09:58	
Altura máxima de la arcilla (pulg.0.1")	6.23	6.19	
Altura máxima de la arena (pulg.0.1")	3.45	3.51	
Índice de Durabilidad (Df = L.arena/L.arcilla*100)	55.4	56.7	56.0

Fuente: Elaborado por los autores

h) Límites de consistencia material pasante de la malla n°200

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 110 y MTC E 111, tiene como fin determinar el límite plástico y cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo.

Procedimiento

Este proceso es similar al pasante de la malla n°4, se toma una muestra de 14.2 gramos del material que pasa a través de la malla No. 40. Luego, se satura al nivel de la copa durante la noche y, utilizando un ranurador, se proporcionan 20 golpes para cerrar una distancia de un centímetro.

A continuación, se presenta la máquina conocida como Cuchara Casagrande, en la que se agregará el material fino saturado y se realizará la abertura requerida antes de aplicar los 20 golpes correspondientes.

Figura 54

Límites de consistencia material pasante de la malla n°200



Fuente: Elaborado por los autores

Resultado

Figura 55

Resultado límites de consistencia material pasante de la malla n°200

DATOS DE ENSAYO					
LIMITE LIQUIDO					
N° TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
MASA DEL TARRO					
MASA DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
N° DE GOLPES					
LIMITE PLASTICO					
N° TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
MASA DEL TARRO					
MASA DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
LL :	NP	LP :	NP	IP :	NP

Fuente: Elaborado por los autores

Debido a que el límite plástico (LP) no logra formar rollos o barras debido a la presencia de humedad, que tienden a romperse con facilidad durante el examen, se puede deducir que no muestra plasticidad (NP). En consecuencia, tampoco presenta un índice de plasticidad.

i) Contenido de sales solubles en los suelos

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 219 y NTP 339.152, el propósito de este proceso de cristalización es calcular la cantidad de cloruros y sulfatos que son solubles en agua en los áridos pétreos utilizados en bases permanentes y mezclas de asfaltos.

Procedimiento

La muestra se coloca en un recipiente, y se añade agua destilada en cantidad suficiente para cubrirla aproximadamente 3 cm por encima del nivel de la muestra, y luego se calienta hasta que entre en ebullición.

A continuación, se agita durante un minuto. Se repite el proceso de agitación en intervalos regulares, realizando un total de cuatro agitaciones en un lapso de 10 minutos.

Luego, las sales solubles se determinan de manera individual en dos tubos de ensayo, empleando los reactivos químicos correspondientes.

Se toma una parte de la muestra, que previamente ha sido homogeneizada, en un volumen que oscile entre 50 y 100 ml de un matraz aforado, y se registra su volumen. La alícuota se cristaliza en un horno de manera separada.

Figura 56

Contenido de sales solubles en los suelos



Fuente: Elaborado por los autores

❖ Muestra 1

Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres (A) = 57.62 g

Peso Tarro + agua + sal (B) = 103.27 g

Peso Tarro Seco + sal (C) = 57.65 g

Peso de Sal (D = C-A)

$$57.65 - 57.62 = 0.04 \text{ g}$$

Peso de Agua (E= B-C)

$$103.27 - 57.65 = 45.65 \text{ g}$$

Porcentaje de Sal (S)

$$S = \frac{(D)}{D + E} \times 100 = \frac{(0.04)}{0.04 + 45.65} \times 100 = 0.07\%$$

Resultado

Figura 57

Resultado contenido de sales solubles en los suelos

DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	57.62	75.48			
(2) Peso Tarro + agua + sal	103.27	125.58			
(3) Peso Tarro Seco + sal	57.65	75.51			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.03	0.03			
(5) Peso de Agua (2 -3)	45.65	50.10			
(6) Porcentaje de Sal	0.07 %	0.06 %			0.06 %

Fuente: Elaborado por los autores

Se obtuve un resultado de 0.06% cumpliendo con el parámetro de no superar el máximo de 0.5%.

j) Arcilla en terrenos y partículas desmenuzables

Descripción

De acuerdo con el manual del MTC (2016), en el apartado MTC E 212, el propósito de este proceso es calcular si los áridos finos cumplen con los estándares definidos en la normativa en términos de la cantidad de terrones de arcilla y partículas que pueden desmenuzarse, con el fin de verificar si son adecuados o no.

Procedimiento

Las muestras de árido fino para el ensayo consistirán en las partículas que quedan retenidas en el tamiz normalizado de 9.50 mm (3/8") y deben tener una masa de al menos 25 gramos.

La muestra de ensayo se pesa y se distribuye en una capa delgada sobre el fondo del recipiente. Luego, se cubre con agua destilada y se deja remojando durante un tiempo de 24 horas, con una variación de ± 4 horas.

Luego se procede a llevar a cabo el tamizado en condiciones húmedas, lo que implica hacer pasar agua a través del tamiz mientras se agita manualmente el tamiz, hasta que se haya eliminado todo el material de tamaño más pequeño.

Después de eso, se retiran con cuidado las partículas que quedaron atrapadas en el tamiz, se secan hasta que alcancen un peso constante, se enfrían y se pesan.

Peso Inicial: 1000 g

Peso Final: 999.87 g

Porcentaje de terrones de arcilla

$$\% = \frac{1000 - 999.87}{999.87} \times 100$$

$$\% = 0.013$$

Resultado

Figura 58

Resultado arcilla en terrenos y partículas desmenuzables

DATOS DEL ENSAYO			
Peso Inicial de muestra : Agregado Fino	Pasa (3/8")	Retiene (N°04")	1000.0 g
Peso Final de muestra			999.87 g
Porcentaje de Terrones de arcilla			0.013 %

Fuente: Elaborado por los autores

5.2.2.1.2 Resumen de las propiedades del agregado fino

Figura 59

Resumen de las propiedades del agregado fino

Resumen de las Propiedades del Agregado Fino			
	Requerimiento	Resultado	Observación
Equivalente de Arena	60% mín.	65%	Cumple
Angularidad del agregado fino	30% mín.	48.60%	Cumple
Azul de metileno	8 máx.	6.10%	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N°40)	NP	N.P.	Cumple
Índice de durabilidad	35 mín.	56	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N°200)	4 máx.	N.P.	Cumple
Sales Solubles Totales	0.5% máx.	0.06%	Cumple

Fuente: Elaborado por los autores

5.2.3 Elaboración de mezclas asfálticas en caliente

Siguiendo la norma MTC E 504, del manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016), Para ejecutar la elaboración de la mezcla, se determinó el porcentaje a agregar a cada componente de manera proporcional a su peso.

5.2.3.1 Combinación de los agregados

Se procede a realizar teóricamente una granulometría, cuyo propósito es encontrar que nuestra curva de trabajo se encuentre dentro los parámetros de gradación de “MAC-2”.

5.2.3.2 Peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas (RICE)

Se procede a determinar el porcentaje de vacíos, que se emplea como un criterio en el diseño de mezclas de asfaltos y también en la evaluación de la compactación lograda en proyectos de pavimentación.

Con base en la norma MTC E 508, del MTC (2016), se elaboró para cinco proporciones de cemento asfáltico, que fueron las siguientes: 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%.

Mas cinco proporciones de cemento asfáltico reciclado (RAP), que fueron las siguientes: 15%, 20%, 25%, 30%, 35%.

Finalmente, cinco proporciones de resina epoxi bisfenol-A de cemento asfáltico reciclado (RAP), que fueron las siguientes: 20%, 30%, 40%, 50%, 100%.

El procedimiento del ensayo implica el uso de un matraz que se ajusta a una referencia de peso inicial. Luego, se llena con la muestra y agua destilada hasta un nivel específico.

A continuación, se elimina el aire contenido en el matraz utilizando una bomba de vacío. Finalmente, se utiliza una aguja ubicada en la parte superior del matraz para agregar agua y determinar el nuevo volumen resultante.

Para ejemplificar el cálculo se utilizará el porcentaje de 4.5 % de C.A.

Cemento asfaltico = 4.5%

Peso muestra suelta (en aire) = **1206.5**

Frasco rice + agua (en aire) = **3239.3**

Frasco rice + agua (en aire) + muestra suelta = **4445.8**

Frasco rice + agua (agua) + muestra suelta = **3953.9**

Volumen = **4445.8-3953.9 = 491.90**

Peso específico máximo

$$G = \frac{1206.5}{491.9} = 2.453$$

5.2.3.3 Procedimiento para calcular la dosificación de agregado y asfalto

Posteriormente, se describe el proceso de cálculo de los pesos de los diversos tipos de áridos en cada una de las 5 fracciones, teniendo en cuenta los porcentajes fijados y el peso del asfalto, con el objetivo de crear una briqueta y una muestra que permita determinar la máxima gravedad específica teórica.

Para ilustrar el cálculo, se tomará como ejemplo el porcentaje del 4.5% de Cemento Asfáltico (C.A.).

Cemento Asfáltico = 4.5%

Peso de la briqueta = 1220 g

Cantidad de cemento asfáltico = $1220 \times 4.5\% = 54.9 \text{ g}$

Cantidad de agregados = $1220 \times 95.5\% = 1165.1 \text{ g}$

5.2.3.4 Procedimiento para la elaboración de las briquetas

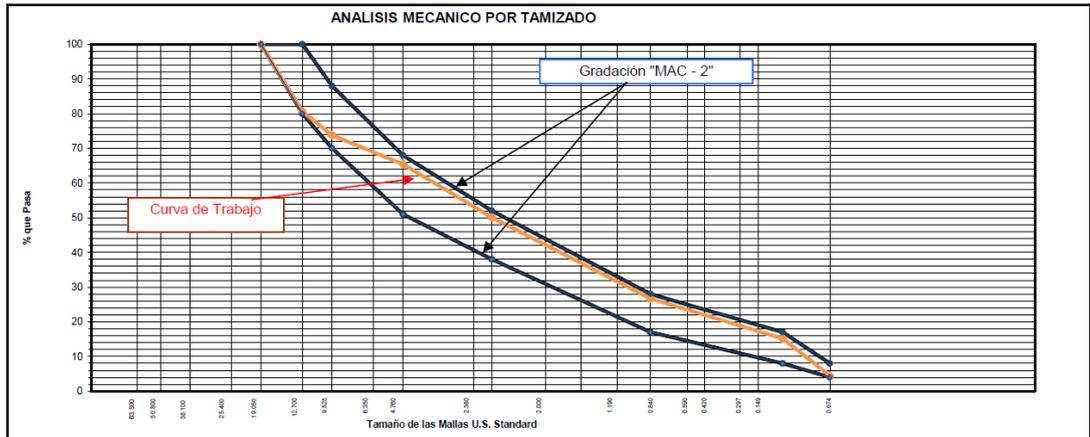
Siguiendo el método Marshall se procedió a realizar, cuarenta y ocho (48) briquetas, 18 briquetas convencionales, 15 briquetas con RAP y 15 briquetas con resina epoxi bisfenol-A.

➤ Para ejemplificar el cálculo se utilizará el porcentaje de 4.5 % de C.A.

Figura 60

Procedimiento para la elaboración de briquetas

DATOS DEL ENSAYO								
Tamices	Abertura	% Peso que Pasa					Mezcla Teórica	Especificación
ASTM	mm.	Piedra Chancada	Arena Chancada	Arena Zarandeada				
		29.00	45.00	26.00			100.0	
1"	25.400	100.0	100.0	100.0			100.0	
3/4 "	19.050	100.0	100.0	100.0			100.0	100
1/2"	12.700	33.1	100.0	100.0			80.6	80 - 100
3/8"	9.525	9.5	100.0	100.0			73.8	70 - 88
Nº4	4.760	0.3	91.9	92.2			65.4	51 - 68
Nº10	2.000	0.0	69.3	72.7			50.1	38 - 52
Nº40	0.426	0.0	32.5	46.3			26.7	17 - 28
Nº80	0.117	0.0	16.1	30.3			15.1	8 - 17
Nº200	0.074	0.0	6.7	5.7			4.5	4 - 8



Material	% Mezcla	% Que Pasa el Tamiz													
A	Grava Triturada	34.63													
B	Arena.	65.37													
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200			
	Mezcla		100.0	100.0	80.6	73.8	65.4	49.9	26.7	15.1	4.5				
	Especificaciones		100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8				

Fuente: Elaborado por los autores

- (1) Numero de probeta: **#1**
- (2) C.A. en peso de la mezcla: **4.5%**
- (3) % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)

$$(3) = \frac{(100 - (2))}{100} x A$$

$$(3) = \frac{(100 - 4.5)}{100} x 34.63$$

$$(3) = 33.08$$

- (4) % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)

$$(4) = \frac{(100 - (2))}{100} x B$$

$$(4) = \frac{(100 - 4.5)}{100} \times 65.37$$

$$(4) = \mathbf{62.42}$$

(5) Peso específico aparente de cemento asfáltico: **1.021**

(6) Peso específico Bulk de la grava (>#4): **2.620**

(7) Peso específico Aparente de la grava (>#4): **2.665**

(8) Peso específico Bulk de la arena (<#4): **2.57**

(9) Peso específico Aparente de la arena (<#4): **2.652**

(10) Peso de la probeta en el aire: **1238.5 g**

(11) Peso de la probeta saturada superficialmente seca: **1241.5 g**

(12) Peso de la Probeta en el Agua 25°C: **690.5 g**

(13) Volumen de la Probeta:

$$(13) = (11) - (12)$$

$$(13) = 1241.5 - 690.5 = \mathbf{551 \text{ c. c}}$$

(14) Peso Unitario de la Probeta

$$(14) = \frac{(10)}{(13)}$$

$$(14) = \frac{1238.5}{551} = \mathbf{2.248 \text{ g/cc}}$$

(15) Peso específico teórico máximo (Rice): **2.453 g**

(16) Máxima densidad teórica de los agregados:

$$(16) = \frac{100}{\frac{(2)}{(5)} + \frac{(3)}{(6)} + \frac{(4)}{(8)}}$$

$$(16) = \frac{100}{\frac{(4.5)}{(1.021)} + \frac{(33.08)}{(2.62)} + \frac{(62.42)}{(2.57)}} = \mathbf{2.35 \text{ g/cc}}$$

(17) % de vacíos con aire

$$(17) = 100 \times \left(1 - \frac{(14)}{(15)}\right)$$

$$(17) = 100 \times \frac{2.248}{2.453} = \mathbf{8.36\%}$$

(18) Peso específico Bulk del Agregado Total

$$(18) = \frac{100 - (2)}{\frac{(3)}{(6)} + \frac{(4)}{(8)}}$$

$$(18) = \frac{100 - 4.5}{\frac{(33.08)}{(2.62)} + \frac{(62.42)}{(2.57)}} = \mathbf{2.622\ g/cc}$$

(19) Peso específico Aparente del agregado total

$$(18) = \frac{100 - (18)}{\frac{(3)}{(7)} + \frac{(4)}{(9)}}$$

$$(18) = \frac{100 - 2.62}{\frac{(33.08)}{(2.62)} + \frac{(62.42)}{(2.652)}} = \mathbf{2.656\ g/cc}$$

(20) Peso específico efectivo del agregado total

$$(20) = \frac{100 - (2)}{\frac{(100)}{(15)} + \frac{(2)}{(5)}}$$

$$(20) = \frac{100 - (4.5)}{\frac{(100)}{(2.453)} + \frac{(2.453)}{(1.021)}} = \mathbf{2.626\ g/cc}$$

(21) Asfalto absorbido por el agregado total

$$(20) = \frac{100 * (5) * (20 - 18)}{(20 * 18)}$$

$$(20) = \frac{100 * (1.021) * (2.626 - 2.622)}{(2.626 * 2.622)} = \mathbf{0.07\%}$$

(22) % del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta

$$(22) = (100 - 2) \times \frac{(14)}{(18)}$$

$$(22) = (100 - 4.5) \times \frac{(2.248)}{(2.622)} = \mathbf{81.87\%}$$

(23) % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta

$$(22) = (2) \times \frac{(14)}{(5)}$$

$$(22) = (4.5) \times \frac{(2.248)}{(1.021)} = 9.77 \%$$

(24) % vacíos del agregado mineral

$$(24) = 100 - (22)$$

$$(24) = 100 - 81.87 = 18.13 \%$$

(25) Asfalto efectivo / peso de la mezcla

$$(25) = (2) \times \frac{(21)(100 - (2))}{(100)}$$

$$(25) = (4.5) \times \frac{(0.07)(100 - (4.5))}{(100)} = 4.44 \%$$

(26) relación betún vacíos

$$(26) = \frac{(24) - (17)}{(24)} \times 100$$

$$(26) = \frac{(18.13) - (8.36)}{(18.13)} \times 100 = 53.89\%$$

(27) Lectura del aro: **145 kg**

(28) Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo): **613.7 kg**

(29) Factor de estabilidad: **0.89**

(30) Estabilidad corregida

$$(30) = (28) * (29)$$

$$(30) = 613.7 * 0.89 = 546 \text{ kg}$$

(31) Lectura del flexómetro (0.01"): **9 pul**

(32) Fluencia

$$(32) = (31) * 0.254$$

$$(32) = (9) * 0.254 = 2.29 \text{ mm}$$

(33) relación Estabilidad / Fluencia

$$(31) = \frac{(30)}{(32)} \times 10$$

$$(31) = \frac{(546)}{(2.29)} \times 10 = 2389 \text{ kg/cm}$$

Figura 61

Análisis de briqueta

1	Numero de probeta	#	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)	%	33.08	33.08	33.08	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	62.42	62.42	62.42	
5	% de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso especifico aparente de cemento asphaltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	g/cc.	2.570	2.570	2.570	
10	Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.611
11	Peso especifico aparente del filler	g/cc.				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1238.5	1167.1	1203.8	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1241.5	1169.5	1206.6	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	690.5	660.7	667.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	551.0	508.8	539.6	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	g/cc.	2.248	2.294	2.231	2.257
18	Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	g/cc.	2.453	2.453	2.453	
19	Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))$	g/cc.	2.350	2.350	2.350	
20	% de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	8.36	6.48	9.04	7.96
21	Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	g/cc.	2.622	2.622	2.622	
22	Peso especifico Aparente del agregado total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	g/cc.	2.656	2.656	2.656	
23	Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P- 8)+(4*P-10))$	g/cc.	2.626	2.626	2.626	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.07	0.07	0.07	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	81.87	83.55	81.26	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	9.77	9.97	9.70	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	18.13	16.45	18.74	17.77
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	4.44	4.44	4.44	
29	Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	53.89	60.61	51.74	55.41
30	Lectura del aro.	kg	145	150	140	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	613.7	634.7	592.8	
32	Factor de estabilidad		0.89	1.00	0.93	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	546	635	551	577
34	Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	9	9	9.5	9
34	Fluencia	m.m.	2.29	2.29	2.41	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2389	2776	2285	2483

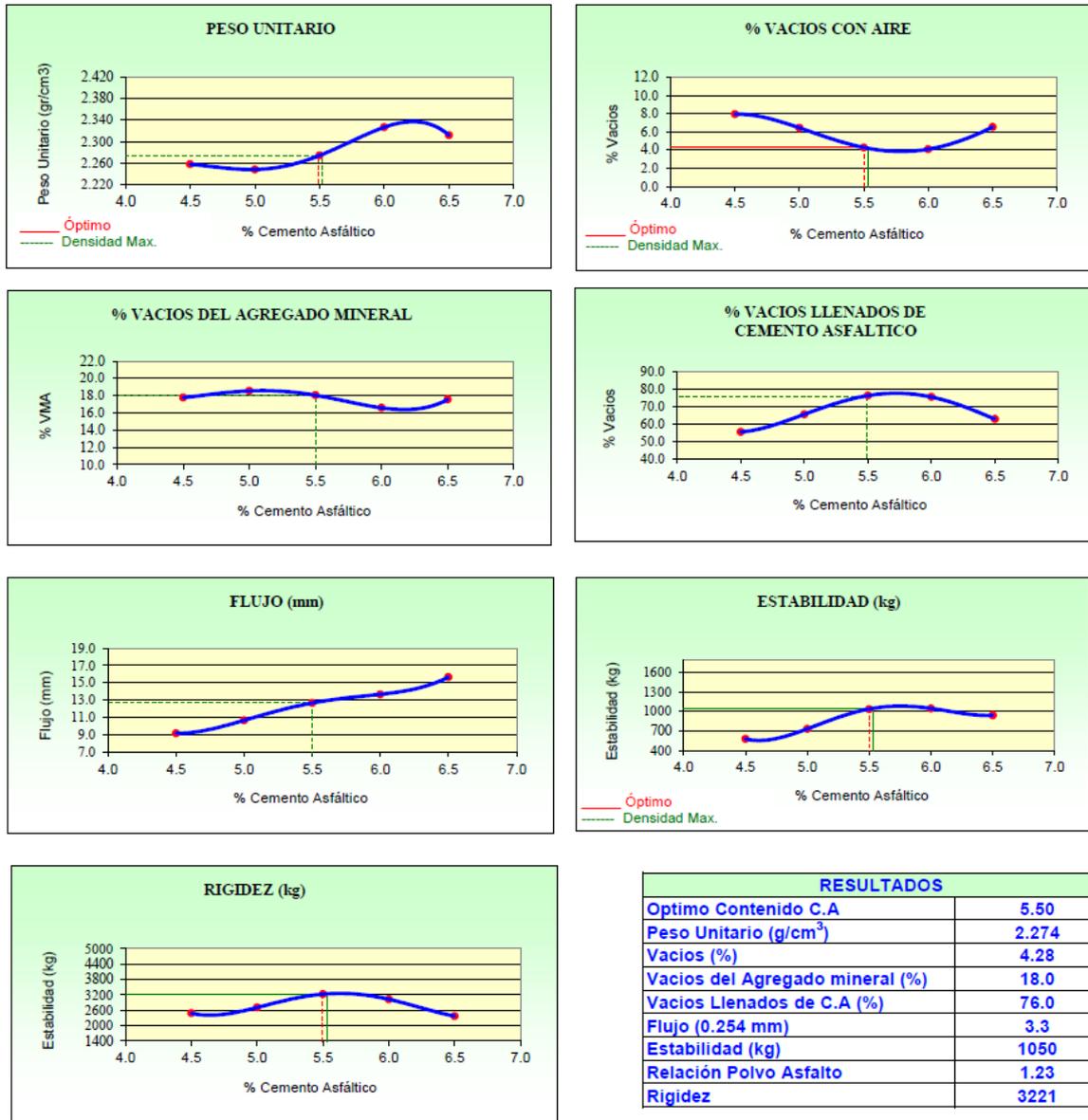
Fuente: Elaborado por los autores

5.3 Resultado de briquetas

5.3.1 Óptimo Convencional

Figura 62

Resultado óptimo convencional 5.5% C.A

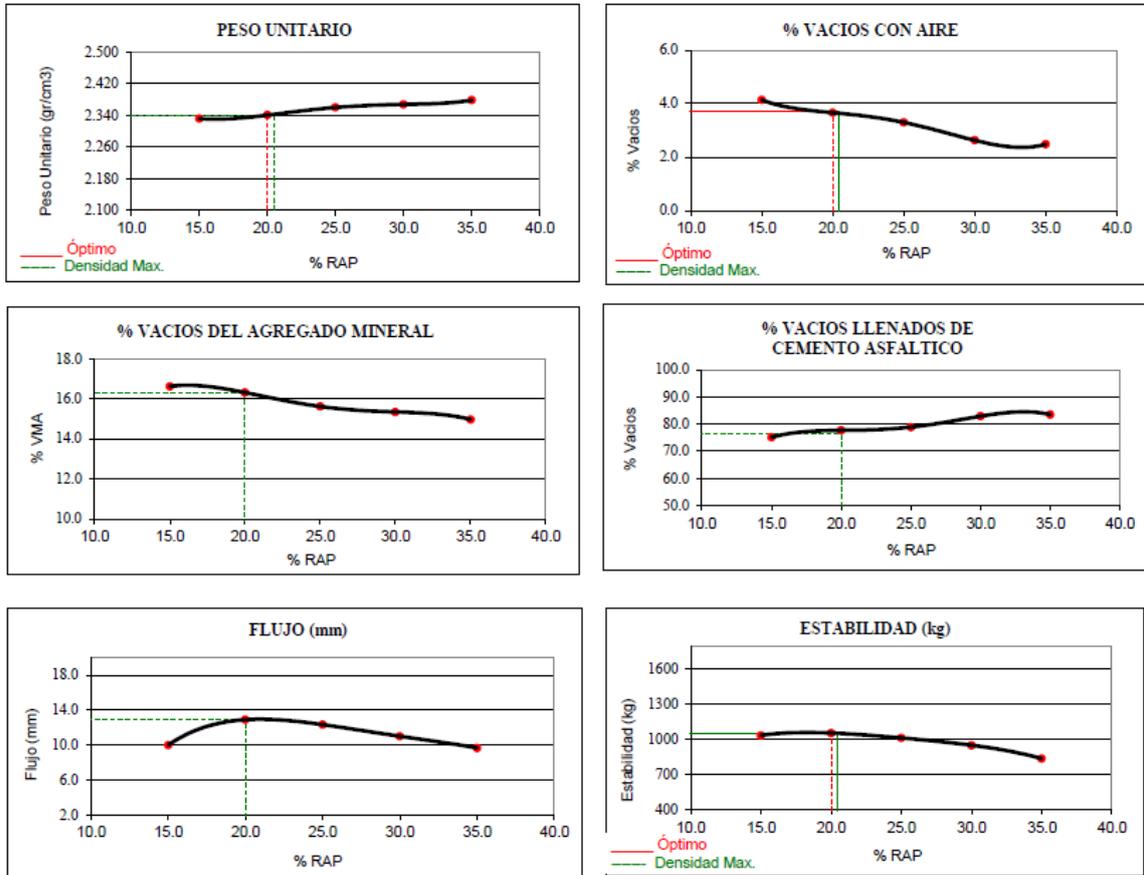


Fuente: Elaborado por los autores

5.3.2 Óptimo de C.A más RAP

Figura 63

Resultado óptimo de C.A más RAP



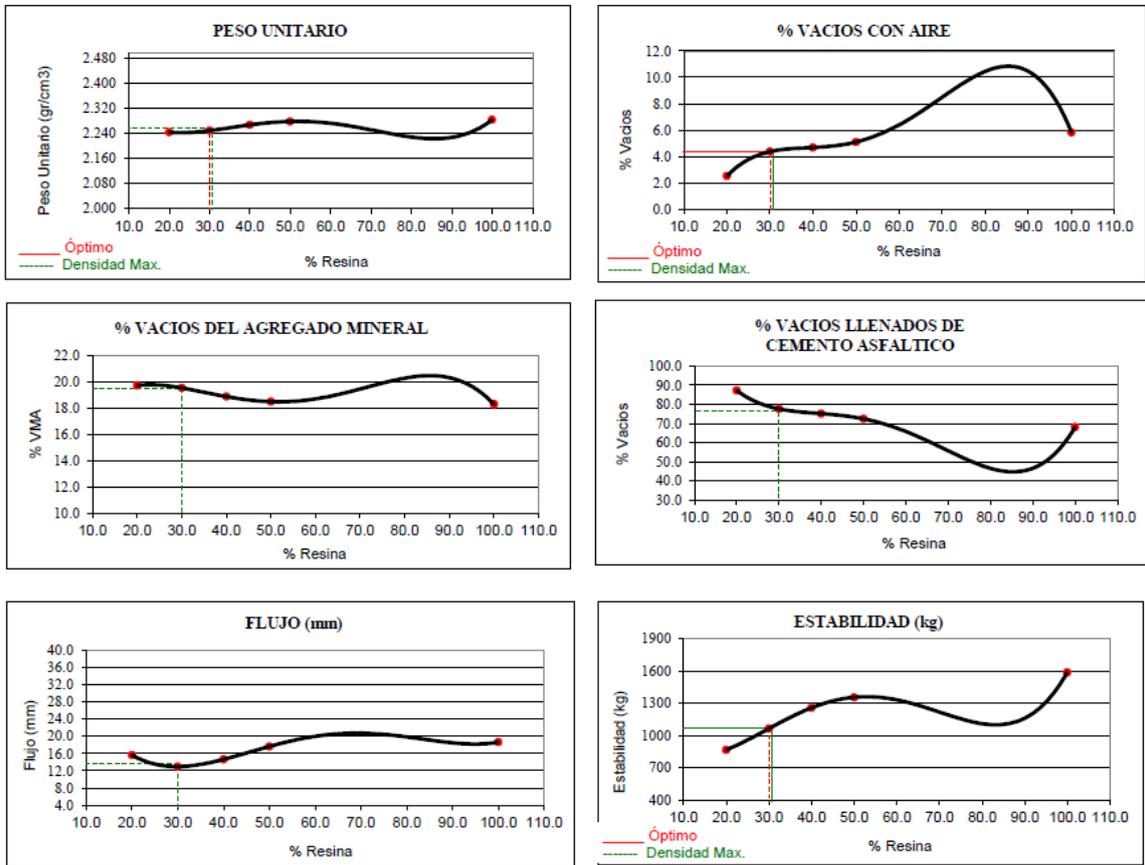
RESULTADOS	
Óptimo % de RAP	20.00
Óptimo Contenido C.A	5.50
Peso Unitario (g/cm ³)	2.340
Vacios (%)	3.70
Vacios del Agregado mineral (%)	16.3
Vacios Llenados de C.A (%)	76.7
Flujo (0.254 mm)	3.3
Estabilidad (kg)	1055
Relación Polvo Asfalto	1.22
Rigidez	3220

Fuente: Elaborado por los autores

5.3.3 Óptimo de RAP más Resina Epoxi Bisfenol-A

Figura 64

Resultado óptimo de RAP más Resina Bisfenol-A



RESULTADOS	
Óptimo % de RAP	20
Óptimo % de C.A.	5.5
Óptimo % Contenido resina respecto al C.A.	30
Peso Unitario (g/cm ³)	2.259
Vacios (%)	4.4
Vacios del Agregado mineral (%)	19.5
Vacios Llenados de C.A (%)	76.7
Flujo (0.254 mm)	3.5
Estabilidad (kg)	1066
Relación Polvo Asfalto	6.67
Rigidez	3227

Fuente: Elaborado por los autores

5.4 Análisis comparativo entre las resistencias del pavimento convencional, reciclado (RAP) y resina epoxi bisfenol-A con RAP

En la tabla de comparación entre el pavimento tradicional, el pavimento reciclado y el pavimento con resina epoxi bisfenol-A y RAP, se pudo observar que los tres tipos de pavimentos satisfacen los requerimientos técnicos establecidos por el (MTC, 2013).

Tabla 2

Análisis comparativo entre las resistencias del pavimento convencional, reciclado (RAP) y resina epoxi bisfenol-A con RAP

Parámetros de diseño	Pavimento convencional	Pavimento Reciclado (RAP)	Pavimento RAP + Resina epoxi bisfenol-A	Especificaciones
Compactación, número de golpes en cada lado	75	75	75	75
Estabilidad (mínimo)	1050 kg	1055 kg	1066 kg	831.07 kg
Flujo 0,01" (0,25 mm)	3.30	3.30	3.5	2 - 3.5
Porcentaje de vacíos con aire	4.28	3.70	4.40	3 - 5
Vacíos en el agregado mineral (mínimo)	18.0%	16.3%	19.5%	14%
Rigidez	3221	3220	3227	1700 - 4000

Fuente: Elaborado por los autores

Al comparar el cuadro que presenta información sobre el pavimento convencional, el pavimento reciclado y el pavimento con resina epoxi bisfenol-A con RAP, se pudo constatar que los tres diseños cumplen con las especificaciones técnicas que se encuentran establecidas en el manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

A partir de los resultados alcanzados en cuanto a la estabilidad y fluidez de los tres diseños, se comprueba que se adhieren a las especificaciones técnicas del MTC (2013). No obstante, se puede inferir que los

dos primeros tipos de pavimento (convencional y reciclado) mostrarán una inclinación leve hacia la fragilidad en comparación con el pavimento de resina epoxi bisfenol-A, el cual tendrá una leve tendencia a deformarse más rápidamente.

En lo que respecta al contenido de vacíos, los tres tipos de pavimento cumplen con las directrices definidas por el MTC (2013).

En relación con el contenido de vacíos en el árido mineral, los tres tipos de pavimento cumplen con las pautas establecidas por el MTC (2013). Se puede inferir que tanto el pavimento convencional como el pavimento con resina epoxi bisfenol-A con RAP tienen una mayor cantidad de cemento asfáltico en los espacios vacíos del árido mineral en comparativo con el pavimento reciclado.

En lo que respecta a la relación entre estabilidad y fluidez, evaluada mediante el índice de rigidez, se constató que los tres tipos de pavimento cumplen con las directrices establecidas por el MTC (2013). Esto implica que los pavimentos serán más capaces de resistir deformaciones.

5.5 Análisis económico de precios unitarios entre el pavimento convencional, reciclado (RAP) y resina epoxi bisfenol-A con RAP

Para calcular la variación en los gastos económicos asociados al uso de pavimento, ya sea convencional, reciclado o con resina epoxi bisfenol-A con RAP, es crucial tener en cuenta varios aspectos. Estos factores abarcan los costos laborales, la utilización de materiales y equipos, así como el gasto de transporte para mover los agregados de un lugar a otro. A pesar de que el proceso general es similar, resulta de suma importancia enfocarse en la

distinción entre los materiales empleados, centrándose en el análisis de cómo se recicla el material antiguo en comparación con la producción del material nuevo y la incorporación de la resina, y determinando las proporciones adecuadas en las que estos materiales deben ser combinados.

Tabla 3

Análisis de precios unitarios para el pavimento convencional

Mezcla asfáltica convencional en caliente			Unidad: 1.00m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Arena chancada	m3	0.67	S/ 65.50	S/ 43.95
Piedra chancada	m3	0.27	S/ 48.50	S/ 13.29
Cemento asfáltico	galón	14.53	S/ 14.04	S/ 203.99
TOTAL				S/ 261.23

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4

Análisis de precios unitarios para el pavimento reciclado

Mezcla asfáltica reciclada en caliente			Unidad: 1.00m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Arena chancada	m3	0.54	S/ 65.50	S/ 35.28
Piedra chancada	m3	0.22	S/ 48.50	S/ 10.54
Cemento asfáltico	galón	14.53	S/ 14.04	S/ 203.99
TOTAL				S/ 249.82

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 5

Análisis de precios unitarios para el pavimento de resina bisf.-A con RAP

Mezcla asfáltica reciclada + Resina Bisf.-A			Unidad: 1.00m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Arena chancada	m3	0.54	S/ 65.50	S/ 35.28
Piedra chancada	m3	0.22	S/ 48.50	S/ 10.54
Cemento asfáltico	galón	10.30	S/ 14.04	S/ 144.65
Resina. Bisf.-A	galón	4.23	S/ 2.88	S/ 12.17
TOTAL				S/ 202.64

Fuente: Elaborado por los autores

Según los datos presentados en las tablas, se pueden observar los siguientes puntos:

- La mezcla asfáltica reciclada en caliente ofrece un ahorro del 4.37 % en comparación con la mezcla asfáltica convencional.
 - La mezcla asfáltica caliente que contiene resina epoxi bisfenol-A con RAP presenta un ahorro del 18.88 % en comparación con la mezcla asfáltica reciclada.
 - La mezcla asfáltica caliente que incorpora resina epoxi bisfenol-A con RAP ofrece un ahorro del 22.43 % en comparación con la mezcla asfáltica convencional.
- Para ejemplificar en cuanto se puede ahorrar en materiales, a la vez cuidar el medio ambiente, se procede a realizar un ejemplo

Figura 65

Ejemplo de ahorro en materiales

1 KM DE VÍA			
Ancho de carril		7.20 m	
Espesor		0.075 m	
Longitud		1000.00 m	
CANTIDAD		540.00m3	
Mezcla asfáltica convencional en caliente			
Materiales	Unidad	Cantidad	Total
Arena chancada	m3	362.313	510.30
Piedra chancada	m3	147.987	
Cemento asfáltico	galon	7845.91	7845.91
Mezcla asfáltica reciclada en caliente (20%RAP)			
Materiales	Unidad	Cantidad	Total
Arena chancada	m3	290.871	408.24
Piedra chancada	m3	117.369	
Cemento asfáltico	galon	7845.91	7845.91
Mezcla asfáltica reciclada (20%RAP) + Resina Bisf.-A			
Materiales	Unidad	Cantidad	Total
Arena chancada	m3	290.871	408.24
Piedra chancada	m3	117.369	
Cemento asfáltico	galon	5563.46	5563.46
Res. Bisf.-A	galon	2282.45	2282.45

Fuente: Elaborado por los autores

De acuerdo con la información proporcionada en la Figura 65, se pueden identificar las siguientes observaciones:

- Con el reemplazo del 20% en volumen de los agregados por el RAP, el 30% en galones del cemento asfáltico por resina epoxi bisfenol-A, se ha logrado reducir un 2282.45 galones de cemento asfáltico, a la vez logrando un reciclaje de 102.06 m³, favoreciendo a la reducción de la contaminación ambiental.

5.6 Matriz Leopold

En este cuadro de doble entrada de relación causa – efecto se empleó para la evaluación del impacto ambiental, con relación a las acciones a implementar en la presente investigación y el posible efecto que tendrá en los factores ambientales.

La elaboración de esta matriz comenzó con la colación de los materiales empleados en los tres escenarios en la que se basa la investigación: pavimento convencional, RAP y la resina epoxi bisfenol-A; el cual muestra la diferencia de impacto ambiental de los tres tipos. En las celdas formadas por la intersección entre filas y columnas, se procedió a anotar la magnitud e importancia del impacto.

En las columnas y filas finales se colocaron el total de números de afectaciones positivas, negativas y el impacto ambiental. Por último, en la esquina inferior derecha se colocó el resultado de la suma total de impactos de acciones y el de factores, dando como resultado final: 83 para el pavimento convencional (impacto severo), 45 para el RAP (impacto medio), 19 para la resina epoxi bisfenol-A (impacto bajo). En el anexo 10 se podrá visualizar las matrices analizada para cada tipo de pavimento.

Tabla 6*Resumen matriz Leopold*

RESUMEN MATRIZ LEOPOLD			
	PAVIMENTO CONVENCIONAL	PAVIMENTO RECICLADO (RAP)	PAVIMENTO RAP + RESINA EPOXI BISFENOL-A
FACTOR IMPACTO	83	45	19
VALORACIÓN DE IMPACTOS	Impacto Severo	Impacto Medio	Impacto Bajo

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1 Contrastación de hipótesis

6.1.1 Hipótesis general

El diseño de la mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.

Con los resultados obtenidos se valida lo siguiente, con el reemplazo del 20% en peso de los agregados por RAP, el 30% en peso del cemento asfáltico por resina epoxi bisfenol-A, se ha logrado mejorar el comportamiento mecánico del pavimento, beneficiando el incremento de estabilidad, fluidez y rigidez lo que se refleja en una mayor resistencia y capacidad de carga. En consecuencia es válida la hipótesis.

6.1.2 Hipótesis específicas

La dosificación óptima de RAP influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.

Con los resultados obtenidos se valida lo siguiente, se determinó el óptimo contenido de 5.5% de cemento asfáltico y un óptimo de RAP del 20% en peso de la mezcla asfáltica, determinando una estabilidad de 1055 kg, un flujo de 3.3 mm y una rigidez de 3220 kg/cm influyendo positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento. En consecuencia es válida la hipótesis.

La dosificación óptima de resina epoxi bisfenol-A en el concreto asfáltico adicionado con RAP influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.

Con los resultados obtenidos se valida lo siguiente, se determinó el óptimo contenido de RAP (20%). Luego, se reemplaza en un 30% en peso el cemento asfáltico con la resina epoxi bisfenol-A, determinando una estabilidad de 1066 kg, un flujo de 3.5 mm y una rigidez de 3227 kg/cm influyendo positivamente en su comportamiento mecánico. En consecuencia es válida la hipótesis.

La incorporación de resina epoxi bisfenol-A y reemplazo de agregados con RAP favorece la reducción de la contaminación ambiental al reducir la cantidad de cemento asfáltico y las acumulaciones de los pavimentos asfálticos reciclados.

Con los resultados obtenidos en la matriz de Leopold se valida lo siguiente, con la incorporación de resina epoxi bisfenol-A y el reemplazo de agregados con RAP favorecen la reducción de la contaminación ambiental obteniendo una valoración de impacto bajo (factor de 19), esto al disminuir la cantidad de cemento asfáltico y las acumulaciones en los pavimentos asfálticos reciclados.

6.2 Contrastación de antecedentes

6.2.1 Antecedentes internacionales

En el estudio de investigación de Yang et al (2019) fue evaluar la resistencia al agrietamiento de mezclas recicladas que contienen 100% RAP utilizando la resina epoxi para mejorar el comportamiento mecánico, en que se concluyó que una mezcla graduada con 30% de resina epoxi

puede ser la mejor solución para procesar 100% RAP, en contraste con la tesis propuesta, se obtuvo una dosificación de 30% de resina epoxi bisfenol-A y 20 RAP% para ayudar a mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.

En el trabajo de investigación de Vera (2022) determinó que el contenido de asfalto óptimo es del 5.5% para la mezcla asfáltica en caliente con un 20% de RAP, lo que resulta en una reducción del porcentaje de material en los agregados y, por ende, en un ahorro económico, en contraste con la tesis propuesta, se obtuvo un contenido óptimo de 5.5% en peso de la mezcla, reemplazando en un 30% de cemento asfáltico con resina epoxi bisfenol-A y con 20% de RAP, ahorrando en materiales vírgenes en la reducción de costos y en la contaminación ambiental.

6.2.2 Antecedentes nacionales

En el trabajo de investigación de Balbin & Chochon (2019), fue diseñar una mezcla de asfalto con material reciclado a fin de mejorar las propiedades mecánicas del pavimento, se demostró que se debe agregar 4.1% de adición al 3% obtenido al lavado asfáltico, sumando un total de 7.1% de cemento asfáltico requerido, en contraste con la tesis propuesta, se obtuvo un 3.8% de lavado asfáltico en la que se requirió un 5.5% de adición a la mezcla teniendo una suma de 9.3% de cemento asfáltico requerido.

En el trabajo de investigación de Gargate & Huamaní (2018), se realizó un análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros para optimizar recursos en las propiedades del pavimento flexible, se obtuvo un porcentaje óptimo de la mezcla asfáltica modificada con SBS es de 5.1% en la que demuestra que al adicionar polímeros a la mezcla minimiza la dosificación, en contraste con la tesis propuesta, se reemplaza el cemento asfáltico

en un 30% en peso con la resina epoxi bisfenol-A, siendo requerido en la mezcla un 3.9% de cemento asfáltico, minimizando la dosificación.

CONCLUSIONES

1. Se determinó un diseño asfáltico ecológico con un 23% de grava chancada, 35% de arena chancada, 22% de arena zarandeada y un 20% de RAP, y reemplazando en un 30% de peso en el cemento asfáltico con resina epoxi bisfenol-A ayuda a mejorar el comportamiento mecánico del pavimento, obteniendo beneficios como incremento de estabilidad, fluidez y rigidez lo que se refleja en una mayor resistencia y capacidad de carga.
2. Se determinó con un 20% de RAP en peso de la mezcla ayuda a mejorar el comportamiento mecánico del pavimento, arrojando una estabilidad de 1055 kg, un flujo de 3.3 mm y una rigidez de 3220 kg/cm.
3. Se determinó con un 20% de RAP en peso de la mezcla y reemplazando en un 30% de peso en el cemento asfáltico con resina epoxi bisfenol-A ayuda a mejorar el comportamiento mecánico del pavimento, arrojando una estabilidad de 1066 kg, un flujo de 3.5 mm y una rigidez de 3227 kg/cm.
4. Se demostró con la matriz de Leopold que la aplicación de resina epoxi bisfenol-A y el reemplazo de los agregados de la mezcla asfáltica con RAP impacta de forma positiva en el ambiente ya que se obtuvo una valoración de impacto bajo (factor de 19), ya que se disminuye la cantidad de cemento asfáltico y las acumulaciones en los pavimentos asfálticos reciclados.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una evaluación precisa del material reciclado en el proceso de lavado asfáltico, para determinar el porcentaje de cemento asfáltico y las características del material que se encuentre dentro de los parámetros de las mezclas asfálticas calientes (MAC-2).
2. Llevar a cabo un adecuado control de calidad de los materiales para que satisfaga todos los requisitos establecidos en las regulaciones del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) en concordancia con la norma emitida en el 2013.
3. Fomentar el uso de material reciclado en la renovación de los pavimentos en todas las carreteras del Perú incorporando un material reciclado en un 20% suele reducir los costos en la incorporación de nuevos agregados pétreos.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ávila, J., & Velasco, E. (2021). *Evaluación experimental de diferentes aditivos aplicados en una mezcla mdc – 19* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio académico RIUCaC.
<https://hdl.handle.net/10983/26586>
- Balbin, R., & Chochon, V. (2019). *Diseño de mezcla asfáltica con material reciclado para la mejora del comportamiento mecánico del pavimento en el tramo km 90+000 al km 95+000 de la carretera Canta a Huayllay ubicado en el distrito y provincia de Canta en el departamento de Lima 2019* [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio académico de la USMP. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6001>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (3ª ed.). PEARSON.
<https://cutt.ly/EwT9pQds>
- Borja, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*.
https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- Comexperú. (2020, 28 de febrero). *Infraestructura vial: Gobiernos subnacionales estancados*. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales-estancados>
- Cueto, O., & Rozo, C. (2022). *Análisis Aplicativo Del Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP) en Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Académico de la UCC.
<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/45691>

- De La Cruz, E. (2023). *Incorporación de aditivo adherente en la mezcla asfáltica y su incidencia en las propiedades reológicas del asfalto en caliente* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de los Andes]. Repositorio académico de la UPLA. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/5411>
- Gargate, F., & Huamaní, J. (2018). *Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible - Lima, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Académico de la UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34891>
- Guerrero L., & Prado, F. (2022). *Comparación en laboratorio de las propiedades mecánicas y la resistencia a la humedad de una mezcla asfáltica con caucho y una mezcla asfáltica con aditivo mejorador de adherencia* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio académico de PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/5517>
- Huamán, A., Murga, C., Massa, L., & Olivera, A. (2023). Ciclo de vida del pavimento orientado a su agrietamiento y mantenimiento. *Llamkasun*, 4(1), 33-39. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v4i1.117>
- Jameel, M. S., Khan, A. H., Rehman, Z., & Tarar, M. A. (2023). Evaluation of performance characteristics of asphalt mixtures modified with renewable oils and reclaimed asphalt pavement (RAP). *Construction and Building Materials*, 375. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130925>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Especificas Técnicas Generales para la Construcción*. El Peruano. https://www.academia.edu/18023646/Manual_de_Carreteras_Esp_Tec_Gen_Const_EG_2013_V_Final_Ene13_

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras sección suelos y Pavimentos*. El Peruano.

https://www.academia.edu/39998925/Manual_de_Carreteras_Seccion_Suelos_y_Pavimentos

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. El Peruano.

https://www.academia.edu/36339300/MANUAL_DE_ENSAYO_DE_MATERIALES

Rodríguez, M., Thenoux, G., & González, Á. (2016). Evaluación probabilística del diseño de pavimentos asfálticos. *Revista ingeniería de construcción*, 31(2), 83-90. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732016000200002>

Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. (1ª ed.). MACRO.

Salazar, W. (2020). *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio académico de la UCV.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50498>

Tingal, H. (2021). *Análisis de índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca - Baños del Inca, utilizando el rugosímetro de Merlin* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio académico de la UNC.

<http://hdl.handle.net/20.500.14074/4366>

Vera, I., Thenoux, G., Solminihac, H., & Echaveguren, T. (2010). Modelo de evaluación técnica del desempeño del mantenimiento de pavimentos

- flexibles. *Revista de la construcción*, 9(2), 76-88.
<https://doi.org/10.4067/S0718-915X2010000200008>
- Vera, L. (2022). *Uso del Pavimento asfáltico reciclado (RAP) en mezclas asfálticas en caliente para la construcción de la vía del recinto la Carmela, cantón Santa Lucía* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Académico de la UG.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/63654>
- Villamil , R. (2020). *Evaluación del comportamiento de mezclas elaboradas con RAP proveniente de desechos del instituto de desarrollo urbano y de la unidad de mantenimiento vial que están siendo aplicadas en vías rurales de Bogotá. Estudio de caso* [Tesis de maestría, Universidad Santo Tomas]. Repositorio Académico de la CRAIUSTA. <http://hdl.handle.net/11634/30058>
- Wang, X., Ma, B., Chen, S., Wei, K., & Kang, X. (2021). Properties of epoxy-resin binders and feasibility of their application in pavement mixtures. *Construction and Building Materials*, 295(123531), 123531.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123531>
- Wirtgen Group. (s.f.). Tecnología: Fresadoras en frío. <https://www.wirtgen-group.com/es-do/productos/wirtgen/tecnologias/fresadoras-en-frio/>
- Yang, J., Fan, Y., Chen, H., Yi, X., Xu, G., Cai, X., Zhou, Y., Huang, S., Wu, Y., Wang, H., & Huang, S. (2023). Cracking resistance evaluation of epoxy asphalt mixtures with 100% reclaimed asphalt pavement (RAP). *Construction and Building Materials*, 395(132320), 132320.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132320>
- Yi, X., Wong, Y. D., Chen, H., Fan, Y., Yang, J., Huang, W., & Wang, H. (2023). Influence of epoxy resin polymer on recycled asphalt binder properties.

Construction and Building Materials, 398(132549), 132549.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132549>

ANEXOS

	Página
Anexo 1: Matriz de Consistencia	132
Anexo 2: Lavado Pavimento Asfaltico Reciclado	134
Anexo 3: Combinación Teórica Diseño Mezclas Asfálticas En Caliente	135
Anexo 4: Ensayos Estándares de Calidad Agregado Grueso	140
Anexo 5: Ensayos Estándares de Calidad Agregado Fino	148
Anexo 6: Ficha Técnica Resina Epoxi Bisfenol-A	157
Anexo 7: Resultados del Ensayo Marshall del Pavimento Convencional	158
Anexo 8: Resultados Ensayo Marshall Pavimento Asfaltico Reciclado (Rap)	165
Anexo 9: Resultados Ensayo Marshall Pavimento RAP + Resina Epoxi Bisfenol-A176	
Anexo 10: Matriz Leopold	182

**ANEXO 1
Matriz de Consistencia**

Tabla 7

Matriz de consistencia

PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES			METODOLOGÍA	
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable independiente	Dimensión	Indicador		
¿Cómo mejorar el comportamiento mecánico de los pavimentos de mezclas asfálticas ecológicas con RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A?	Determinar un diseño de mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.	El diseño de la mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado con resina epoxi bisfenol-A influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.	Mezcla asfáltica ecológica utilizando RAP adicionado resina epoxi bisfenol-A reduciendo el impacto ambiental.	Diseño mezcla asfáltica	Porcentaje Cemento Asfáltico	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	
					Porcentaje Resina epoxi bisfenol-A.		
					Agregado Grueso		Enfoque de investigación aplicada, de datos analizados cuantitativa, nivel descriptivo, diseño experimental – longitudinal, prospecto y transversal.
					Agregado Fino		
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Dimensión	Indicador	POBLACIÓN Y MUESTRA	
¿Cuál es el porcentaje de dosificación de RAP respecto al diseño óptimo convencional para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento?	Determinar el óptimo porcentaje de dosificación de RAP respecto al diseño óptimo convencional para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.	La dosificación óptima de RAP influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.		Densidad	Ensayo de Peso Específico		
				Vacíos con aire	Ensayo Máxima Gravedad Específica	Se tiene como muestras 48 briquetas, dividido en 3 grupos cada una de 18 convencionales, 15 de RAP y	

			Comportamiento mecánico del pavimento.			15 con RAP más Resina Epoxi Bisfenol-A.	
¿Cuál es el porcentaje de dosificación de resina epoxi bisfenol-A en el diseño óptimo del RAP para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento?	Determinar el óptimo porcentaje de dosificación de resina epoxi bisfenol-A en el diseño óptimo de RAP para mejorar el comportamiento mecánico del pavimento.	La dosificación óptima de resina epoxi bisfenol-A en el concreto asfáltico adicionado con RAP influye positivamente en el comportamiento mecánico del pavimento.		Vacíos en Agregado Mineral	Vacíos de Agregado Mineral	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
				Estabilidad	Resistencia a mezclas Bituminosas		Nivel descriptivo ya que los datos deben ser recolectados, analizados y presentados con base en el Manual de Carreteras EG-2013.
¿Cuál es el impacto del uso de resina epoxi bisfenol-A y la sustitución de agregados en la mezcla asfáltica por RAP en la reducción de la contaminación y el impacto ambiental en la industria de la construcción de carreteras?	Demostrar que el uso de resina epoxi bisfenol-A y el reemplazo de los agregados de la mezcla asfáltica con RAP contribuyen efectivamente a la reducción de la contaminación del impacto ambiental.	La incorporación de resina epoxi bisfenol-A y reemplazo de agregados con RAP favorece la reducción de la contaminación ambiental al reducir la cantidad de cemento asfáltico y las acumulaciones de los pavimentos asfálticos reciclados.		Flujo	Deformación de las mezclas bituminosas		

Fuente: Elaborado por los autores

ANEXO 2

Lavado Pavimento Asfáltico Reciclado

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

(MTC E-502, ASTM D-2172, AASHTO T-164, MTC E-503, ASTM D-546, AASHTO T-30)

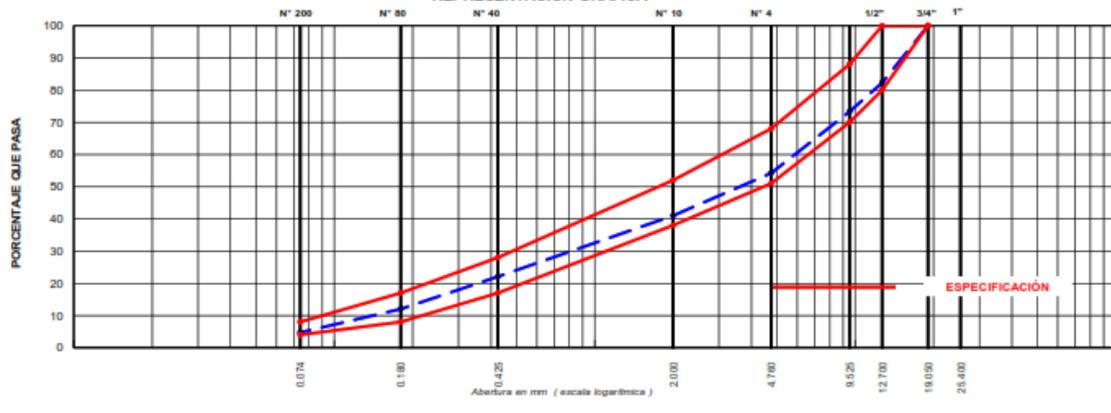
TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLOGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: RAP	TÉC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : 27/09/2023

LAVADO N°01 - PLANTA

DATOS DEL ENSAYO

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr.)	(%) Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	Especificaciones MAC-2	Descripción de la Muestra
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						Peso de material sin lavar : 909.4 gr
3/4"	19.050				100.0	100	Peso de material lavado : 873.8 gr
1/2"	12.700	154.8	17.7	17.7	82.3	80 - 100	P. Mat. Lav.+filtro+extracto : 909.4 gr
3/8"	9.525	78.5	9.0	26.7	73.3	70 - 88	P. Mat. Lav. + Resid. del filtro : 874.8 gr
N°4	4.760	167.3	19.1	45.8	54.2	51 - 68	Peso inicial del filtro : 22.3 gr
N° 10	2.000	115.3	13.2	59.0	41.0	38 - 52	Peso final del filtro : 23.3 gr
N° 40	0.425	165.6	18.9	77.9	22.1	17 - 28	Peso del filler en filtro : 1.0 gr
N° 80	0.180	88.3	10.1	88.0	12.0	8 - 17	Peso del asfalto : 34.6 gr
N° 200	0.074	63.8	7.3	95.3	4.7	4 - 8	Contenido de Asfalto : 3.80 %
< 200	-	41.2	4.7	100.0			

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Basso Fernández
REG. CIP 119278



ANEXO 3

Combinación Teórica Diseño Mezclas Asfálticas En Caliente

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

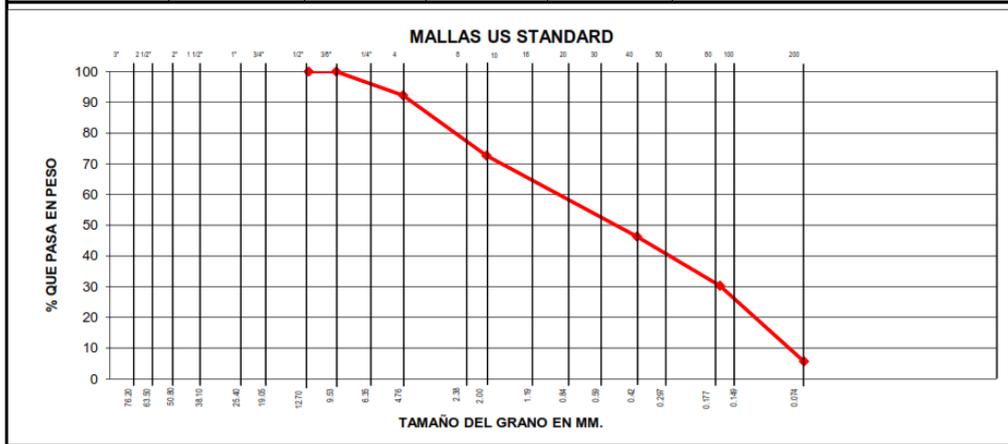
E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(NORMA MTC E 204)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA : EPOXI BISFENOL-A REDUCIENDO EL IMPACTO AMBIENTAL MEJORANDO EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN TEORICA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	27/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO						
Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					PESO TOTAL : 680.7 g
3/8"	9.525				100.0	
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	52.8	7.8	7.8	92.2	
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	133.3	19.6	27.3	72.7	
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	179.4	26.4	53.7	46.3	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	108.8	16.0	69.7	30.3	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	167.9	24.7	94.3	5.7	
PAN		38.5	5.7	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Borgia Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Facebook icon: Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

WhatsApp icon: 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA MTC E 204)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.	: S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN TEORICA	TEC. LAB.	: D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA	: 27/09/2023

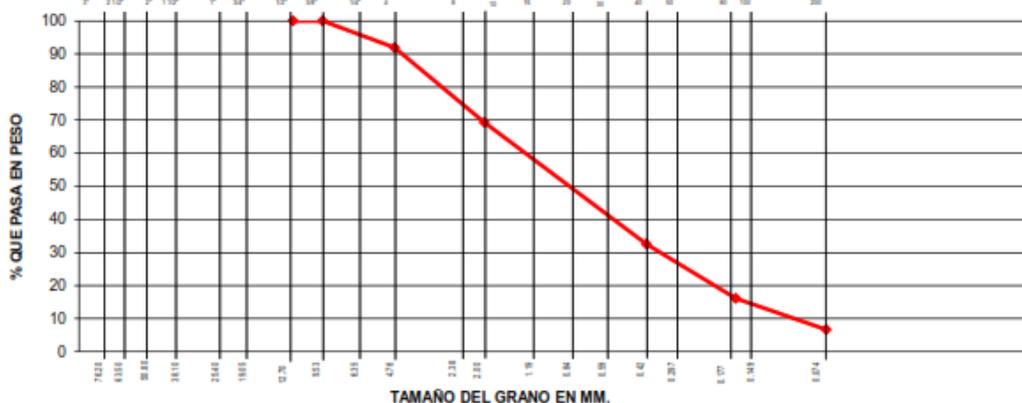
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525				100.0	PESO TOTAL : 686.1 g
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	55.4	8.1	8.1	91.9	
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	155.0	22.6	30.7	69.3	
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420	252.4	36.8	67.5	32.5	
N° 50	0.297					
N° 80	0.177	112.7	16.4	83.9	16.1	
N° 100	0.149					
N° 200	0.074	64.8	9.4	93.3	6.7	
PAN		45.8	6.7	100.0	0.0	
TOTAL						
% PERDIDA						

MALLAS US STANDARD



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Rojas Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA MTC E 204)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN TEORICA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	27/09/2023

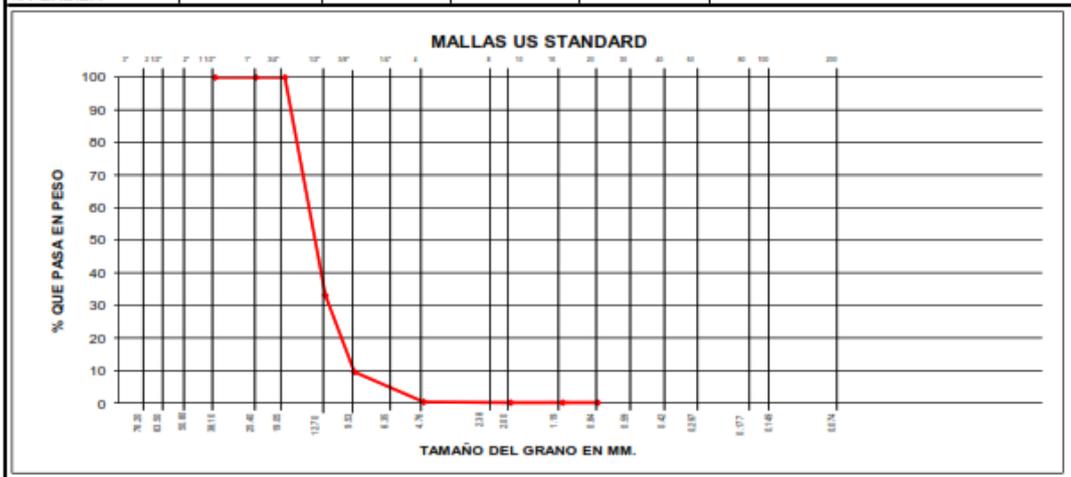
DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400				100.0	
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 3568.6 g
1/2"	12.700	2387	66.9	66.9	33.1	
3/8"	9.525	841	23.6	90.5	9.5	
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	329	9.2	99.7	0.3	
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	6	0.2	99.8	0.2	
N° 16	1.190	6	0.2	100.0		
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.420					
N° 50	0.297					
N° 60	0.250					
N° 100	0.149					
N° 200	0.074					
PAN						
TOTAL		3569				

% PERDIDA



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Sebastián Ezequiel Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

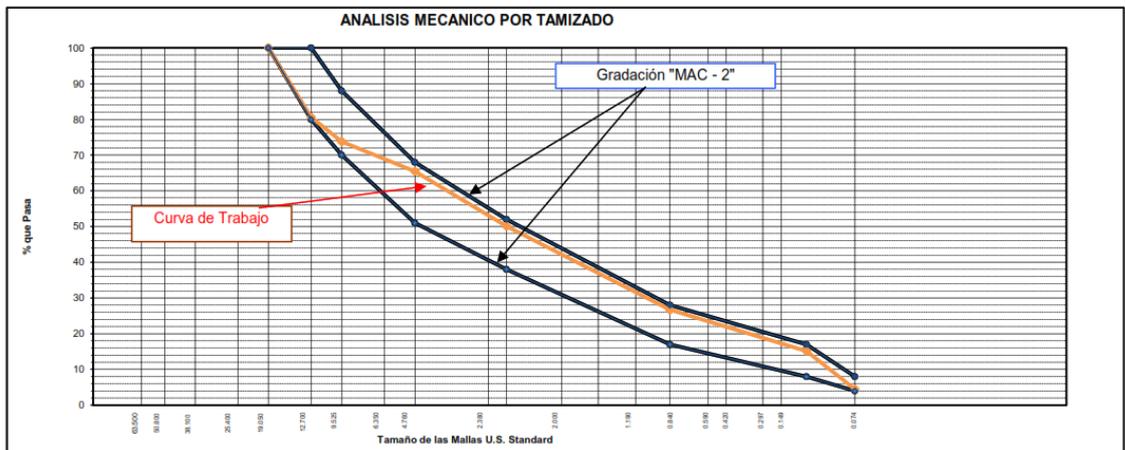
E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

MEZCLA TEORICA

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLOGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA : EPOXI BISFENOL-A REDUCIENDO EL IMPACTO AMBIENTAL DEL PEN MEJORANDO EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
MATERIAL	: COMBINACIÓN TEORICA		RESP.LAB. : S.B.F.
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70		TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO		FECHA : 27-09-23

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: 01

DATOS DEL ENSAYO								
Tamices	Abertura	% Peso que Pasa					Mezcla Teórica	Especificación
ASTM	mm.	Piedra Chancada	Arena Chancada	Arena Zarandeada				
		29.00	45.00	26.00			100.0	
1"	25.400	100.0	100.0	100.0			100.0	
3/4 "	19.050	100.0	100.0	100.0			100.0	100
1/2"	12.700	33.1	100.0	100.0			80.6	80 - 100
3/8"	9.525	9.5	100.0	100.0			73.8	70 - 88
Nº4	4.760	0.3	91.9	92.2			65.4	51 - 68
Nº10	2.000	0.0	69.3	72.7			50.1	38 - 52
Nº40	0.426	0.0	32.5	46.3			26.7	17 - 28
Nº80	0.117	0.0	16.1	30.3			15.1	8 - 17
Nº200	0.074	0.0	6.7	5.7			4.5	4 - 8



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Buzga Fernández
 INSCIVIL
 REG. CIP. 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP
ASFALTOS

Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D-2041

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

PORCENTAJE DE ASFALTO	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
1.- PESO DEL MATERIAL	1206.5	1216.3	1221.4	1209.0	1201.3	
2.- PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	3239.3	3239.3	3239.3	3239.3	3239.3	
3.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AIRE)	4445.8	4457.6	4460.7	4448.3	4440.6	
4.- PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (EN AGUA)	3953.9	3950.6	3946.6	3950.0	3955.0	
5.- VOLUMEN DEL MATERIAL	491.9	507.0	514.1	496.3	485.6	
6.- PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	2.453	2.403	2.376	2.426	2.474	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA	2.453	2.403	2.376	2.426	2.474	

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundo Barrantes Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 189278



ANEXO 4

Ensayos Estándares de Calidad Agregado Grueso

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021, MTC E 206)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	PIEDRA CHANCADA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (g)	1481.4	1623.3		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (g)	918.8	1008.4		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (g)	562.6	614.9		
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(g)	1471.9	1612.9		
E	Vol. de masa = C- (A - D) (g)	553.1	604.5		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.616	2.623		2.620
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.633	2.640		2.637
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.661	2.668		2.665
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.65	0.64		0.65%

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
 DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Barrera Fernández
 INE 14111
 REG. CIR. 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO

(NTP 400.016, MTC E-209)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	PIEDRA CHANCADA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

FRACCIÓN		GRADACION ORIGINAL %		Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Pérdida después del ensayo (gr)	Pérdida después del ensayo (%)	Pérdida corregida
PASA	RETIENE	Peso retenido	% retenido					
			A	B	C	D	E	F
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	2970.0	63.3	675.0	630.8	44.2	6.5	4.15
1/2"	3/8"	1010.0	21.5	300.0	271.4	28.6	9.5	2.05
3/8"	N° 4	710.0	15.1	300.0	269.5	30.5	10.2	1.54
	< N° 4							
TOTALES		4690.0	100.0	1275.0				7.7

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Basso Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP 149278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NTP 400.019, MTC E - 207)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	PIEDRA CHANCADA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ		A	B	C	D
PASA	RETIENE				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"		2500		
1/2"	3/8"		2500		
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				
PESO TOTAL			5000		
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12			3842		
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO			1158		
N° DE ESFERAS			11		
PESO DE LAS ESFERAS			4532		
TIEMPO DE ROTACIONES (m)			15		
% DE DESGASTE			23		

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Bana Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 18927*



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO GRUESO (MTC E214)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	PIEDRA CHANCADA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SEPTIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: M-01
----------------	--------

DATOS DEL ENSAYO

TAMAÑOS DE MALLAS				Muestra	Agitación Muestra	Contenido de
PASA	RETENIDO		PESO (g)	Peso (g)	(10 minutos)	Agua Destilada (ml)
3/4"	1/2"		1060	1060	10'	1000.0
1/2"	3/8"		560	560		
3/8"	Nº 4		900	900		

DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACION		
Nº DE ENSAYO	1	2	Promedio
Hora de entrada a decantación	11:23	11:25	
Hora de salida de decantación (mas 20')	11:43	11:45	
Altura máxima de material fino (pulg.0.1")	1.48	1.49	
Índice de Durabilidad (De la tabla)	51.5	51.9	51.7

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Berra Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

ENSAYOS DE AFINIDAD AGREGADO - BITUMEN DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE ADHERENCIA (ASTM D1664)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.: S.B.F.
MATERIAL	PIEDRA CHANCADA	TEC. LAB.: D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA: SETIEMBRE 2023

MATERIAL	METODO DE ENSAYO	ESPECIFICACION	ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA								ASFALTO TEMPERTURA DE ENSAYO °c	ENSAYO SIN ADITIVO	ENSAYO CON ADITIVO
			% 0.30	% 0.40	% 0.50	% 0.60	% 0.70	% 0.80	% 0.90	% 1.00			
Piedra chancada	MTC E 519	+95	-	-	-	-	-	-	-	-	90°	-95	-

Observaciones :

LOS VALORES INDICAN PORCENTAJES DE ADHERENCIA DESPUES DEL ENSAYO
LA ADHERENCIA PASIVA ESTA REFERIDA AL PORCENTAJE DE REVESTIMIENTO OBSERVADO LUEGO DE CULMINADO EL ENSAYO


 SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Enrique Fernández
 INE - CIVIL
 REG. CIP. 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS

(NTP 400.040, MTC 223)

TESIS	*PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA : EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO*		
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.	: S.B.F.
MATERIAL	: PIEDRA CHANCADA	TEC. LAB.	: D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA	: SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

INDICE DE APLANAMIENTO (PARTICULAS CHATAS) :

DATOS DEL ENSAYO

TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL (g)	PARTICULAS CHATAS	PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS	PORCENTAJE PARCIAL	PROMEDIO DE PARTICULAS CHATAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2970.0	102.4	3.45	74.6	257
1/2"	3/8"	1010.0	38.3	3.79	25.4	96
		3980.0			100.0	354
PORCENTAJE PARTICULAS CHATAS (ΣE / ΣD)				= 3.5 %		

INDICE DE ALARGAMIENTO (PARTICULAS ALARGADAS) :

DATOS DEL ENSAYO

TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL (g)	PARTICULAS ALARGADAS	PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS	PORCENTAJE PARCIAL	PROMEDIO DE PARTICULAS ALARGADAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2970.0	115.4	3.89	74.6	290
1/2"	3/8"	1010.0	51.5	5.10	25.4	129
		3980.0			100.0	419
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (ΣE / ΣD)				= 4.2 %		

% PARTICULAS CHATAS + % PARTICULAS ALARGADAS = 7.7

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Baza Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 159278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO (MTC E210-2000)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	PIEDRA CHANCADA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: M-01
----------------	--------

A.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS:

DATOS DEL ENSAYO

TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL (g)	CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE PARCIAL	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2970.0	2970.0	100.00	74.6	7462
1/2"	3/8"	1010.0	1010.0	100.00	25.4	2538
		3980.0			100.0	10000
% DE DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (ΣE / ΣD)				= 100.0 %		

B.- CON UNA CARA FRACTURADA:

DATOS DEL ENSAYO

TAMAÑO DEL AGREGADO		MUESTRA TOTAL (g)	CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	PORCENTAJE PARCIAL	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2970.0	2970.0	100.00	74.6	7462
1/2"	3/8"	1010.0	1010.0	100.00	25.4	2538
		3980.0			100.0	10000
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (ΣE / ΣD)				= 100.0 %		

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Berra Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS

(NTP 339.152, MTC E 219)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	PIEDRA CHANCADA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	91.37	115.45			
(2) Peso Tarro + agua + sal	138.82	152.65			
(3) Peso Tarro Seco + sal	91.39	115.46			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.02	0.01			
(5) Peso de Agua (2-3)	47.45	37.20			
(6) Porcentaje de Sal	0.03 %	0.02 %			0.03 %

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
.....
Secundino Basso Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 15927 B



ANEXO 5

Ensayos Estándares de Calidad Agregado Fino

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021, MTC E 205)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.	S.B.F.
MATERIAL	ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB.	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA	SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

AGREGADO FINO				
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (g)	300.0	300.0	
B	Peso Frasco + agua	683.8	681.7	
C	Peso Frasco + agua + A (g)	983.8	981.7	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (g)	870.3	867.9	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (g)	113.5	113.8	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (g)	299.2	299.1	
G	Vol de masa = E - (A - F) (g)	112.7	112.9	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.636	2.628	2.632
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.643	2.636	2.640
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.655	2.649	2.652
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.27	0.30	0.28%

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Borda Fernández
 REG. CIP 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

EQUIVALENTE DE ARENA (NTP 339.146, MTC E 114)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO						
MUESTRA	01	02	03			
HORA DE ENTRADA	05:34	05:36	05:38			
HORA DE SALIDA	05:44	05:46	05:48			
HORA DE ENTRADA	05:46	05:48	05:50			
HORA DE SALIDA	06:06	06:08	06:10			
ALTURA DE NIVEL MATERIAL FINO (A)	8.0	8.2	8.1			
ALTURA DE NIVEL ARENA (B)	5.2	5.3	5.4			
EQUIVALENTE DE ARENA (B x 100/A)	65.0%	64.6%	66.7%			
PROMEDIO:	65%					

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Barco Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO (MTC E 222)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.	S.B.F.
MATERIAL	ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB.	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA	SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	M-01

DATOS DEL ENSAYO					
ENSAYO	Nº	1	2	3	
PESO DEL AGREGADO FINO + MOLDE	g	245.50	246.30	247.40	
PESO DEL MOLDE	g	102.80	102.80	102.80	
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	142.70	143.50	144.60	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(V)	105.29	105.29	105.29	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G _{sp}	2.652	2.652	2.652	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	48.9	48.6	48.2	
PROMEDIO	%	48.6			

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino B. B. Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CTR. 149278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES. (NORMA ASSHTO TP 57)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.	S.B.F.
MATERIAL	ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB.	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA	SEPTIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO (mg/g)
	:				
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 (g)	(V) :	10.0	10.0	10.0	
AGUA DESTILADA (ml)	:	30.0	30.0	30.0	
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 + AGUA	:	40.0	40.0	40.0	
SOLUCION AZUL DE METILENO	:	5	5	5	
SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION (ml)	:	12.1	12.2	12.3	
VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/g)	:	6.05	6.10	6.15	6.10

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Boggio Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°40

(NTP 339.129, MTC E - 110, MTC E 111)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA : EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.	: S.B.F.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB.	: D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA	: SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO					
N° TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
MASA DEL TARRO					
MASA DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
N° DE GOLPES					
LIMITE PLASTICO					
N° TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
MASA DEL TARRO					
MASA DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
LL :	NP	LP :	NP	IP :	NP

No es posible efectuar el ensayo, por que las dos mitades de la muestra tienden a deslizarse bruscamente.

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Berrío Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 159278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

INDICE DE DURABILIDAD AGREGADO FINO

(MTC E 214)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA : EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.	: S.B.F.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB.	: D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA	: SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

TAMAÑOS DE MALLAS				Agitación Muestra	Contenido de	Muestra Lata
PASA	RETENIDO		PESO (gr.)	(10 minutos)	Agua Destilada (ml)	(ml.)
# 4	N°200		500		1000.0	85

DESCRIPCION	IDENTIFICACION			
	N° DE ENSAYO	1	2	Promedio
Hora de entrada a saturación		09:24	09:26	
Hora de salida de saturación (mas 10')		09:34	09:36	
Hora de entrada a decantación		09:36	09:38	
Hora de salida de decantación (mas 20')		09:56	09:58	
Altura máxima de la arcilla (pulg.0.1")		6.23	6.19	
Altura máxima de la arena (pulg.0.1")		3.45	3.51	
Indice de Durabilidad (Df = L.arena/L.arcilla*100)		55.4	56.7	56.0

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino BARRA Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 16927 B



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

LIMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°200
(NTP 339.129 MTC E - 110, MTC E 111)

TESIS	*PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO*	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-01

DATOS DE ENSAYO			
LIMITE LIQUIDO			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
MASA DEL TARRO			
MASA DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
Nº DE GOLPES			
LIMITE PLASTICO			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HUMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
MASA DEL TARRO			
MASA DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
LL :	NP	LP :	NP
		IP :	NP

No es posible efectuar el ensayo, por que las dos mitades de la muestra tienden a deslizarse bruscamente.

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Borda Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS

(NTP 339.152, MTC E 219)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SEPTIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	57.62	75.48			
(2) Peso Tarro + agua + sal	103.27	125.58			
(3) Peso Tarro Seco + sal	57.65	75.51			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.03	0.03			
(5) Peso de Agua (2-3)	45.65	50.10			
(6) Porcentaje de Sal	0.07 %	0.06 %			0.06 %

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Berra Fernández
 INE-CIVIL
 REG. CIR. 149278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

ARCILLA EN TERRONES Y PARTICULAS DESMENUZABLES

(NORMA NTP 400.015, MTC E 212)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	ARENA CHANCADA Y ARENA ZARANDEADA	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SETIEMBRE 2023

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

Peso Inicial de muestra : Agregado Fino	Pasa (3/8")	Retiene (N°04")	1000.0	g
Peso Final de muestra			999.87	g
Porcentaje de Terrones de arcilla			0.013	%

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Rosas Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



ANEXO 6

Ficha Técnica Resina Epoxi Bisfenol-A

NOMBRE DEL PRODUCTO: RESINA EPOXI

EMBALAJE: 5KG/PC

Especificaciones del embalaje : 26,5*42,5*33 CM

USO RECOMENDADO:DIY

COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

INGREDIENTES DEL PRODUCTO: MEZCLA

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	CONC.(%)	NO CAS
BISFENOL A RESINA EPOXI(E-51)	89.7	25068-38-6
EDAD (12 A 14 APEO)	10	68609-97-2
ANTIESPUMANTE	0.3	87435-55-0

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

ASPECTO Y COLOR	LÍQUIDO TRANSPARENTE
OLOR	BAJO OLOR
INFLAMABILIDAD	INCOMBUSTIBLE
DENSIDAD (G/m ³)	1.15-1.20
PUNTO DE INFLAMACIÓN (ȳ, COPA CERRADA)	ȳ93
PUNTO DE FUSIÓN (ȳ)	180
SOLUBILIDAD	INSOLUBLE EN AGUA

ANEXO 7

Resultados del Ensayo Marshall del Pavimento Convencional

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	29.0%
Arena Chancada	45.0%
Arena Zarandeada	26.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	34.63
B Arena.	65.37

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100.0	100.0	80.6	73.8	65.4	49.9	26.7	15.1	4.5	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

		#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta		4.5	4.5	4.5	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	33.08	33.08	33.08	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	62.42	62.42	62.42	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	0.00	0.00	0.00	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 55% pasa malla #200)	%	1.021	1.021	1.021	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	g/cc.				
11	Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1238.5	1167.1	1203.8	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1241.5	1169.5	1206.6	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	690.5	660.7	667.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	551.0	508.8	539.6	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc.	2.248	2.294	2.231	2.257
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	g/cc.	2.453	2.453	2.453	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/5)+(3/2)(7+8)+(4/2)(9+10))	g/cc.	2.367	2.367	2.367	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	8.36	6.48	9.04	7.96
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc.	2.656	2.656	2.656	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3/8-6)+(4/9-10)	g/cc.	2.626	2.626	2.626	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6((23-21)/(23*21)) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.23	-0.23	-0.23	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	81.24	82.91	80.64	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	10.40	10.61	10.32	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	18.76	17.09	19.36	18.40
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	4.28	4.72	4.72	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	55.44	62.09	53.30	56.94
30	Lectura del aro.	kg	145	150	140	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	613.7	634.7	592.8	
32	Factor de estabilidad		0.89	1.00	0.93	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	546	635	551	577
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	puł.	9	9	9.5	9
34	Fluencia	m.m.	2.29	2.29	2.41	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2389	2776	2285	2483

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Borgia Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN DE AGREGADOS	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	29.0%
Arena Chancada	45.0%
Arena Zarandeada	26.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	34.63
B Arena.	65.37

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100.0	100.0	89.6	73.8	65.4	49.9	26.7	15.1	4.5	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

	#	1	2	3	Prom.
1 Numero de probeta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	32.90	32.90	32.90	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	62.10	62.10	62.10	
5 % de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa maila #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9 Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
10 Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
11 Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12 Altura promedio de la probeta	cm.				
13 Peso de la probeta en el aire	g	1218.3	1220.3	1224.6	
14 Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1221.4	1223.6	1227.8	
15 Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	689.2	671.7	681.9	
16 Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	532.2	551.9	545.9	
17 Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc.	2.289	2.211	2.243	2.248
18 Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc.	2.403	2.403	2.403	
19 Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3/2)(7+8)+(4/2)(9+10))$	g/cc.	2.339	2.339	2.339	
20 % de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.74	7.98	6.65	6.46
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	g/cc.	2.656	2.656	2.656	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/(3/P-8)+(4/P-10)$	g/cc.	2.587	2.587	2.587	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100-6((23-21)/(23*21))$ (ASTM D 4409, MTC E 511)	%	0.82	0.82	0.82	
25 % del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	82.31	79.50	80.66	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	12.96	12.52	12.70	
27 % vacios del agregado mineral 100-25	%	17.69	20.50	19.34	19.18
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	4.22	4.22	4.22	
29 Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	73.24	61.05	65.64	66.64
30 Lectura del aro.	kg	187	195	180	
31 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	790	823	760	
32 Factor de estabilidad		0.96	0.89	0.93	
33 Estabilidad corregida 31*32	kg	758	733	707	733
34 Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	mil.	11	10	11	11
34 Fluencia	m.m.	2.79	2.54	2.79	
35 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2713	2884	2531	2709

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Bernal Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 149278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	29.0%
Arena Chancada	45.0%
Arena Zarandeada	26.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	34.63
B Arena.	65.37

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100.0	100.0	80.6	73.8	65.4	49.9	26.7	15.1	4.5	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

#	Descripción	#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	32.73	32.73	32.73	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	61.77	61.77	61.77	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1212.4	1215.3	1216.7	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1216.1	1219.5	1220.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	684.6	685.7	683.4	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	531.5	533.8	537.4	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc.	2.281	2.277	2.264	2.274
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc.	2.376	2.376	2.376	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/6)+(3/2)+(7/8)+(4/2)(9+10))	g/cc.	2.313	2.313	2.313	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.99	4.17	4.70	4.29
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc.	2.656	2.656	2.656	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P- 8)+(4/P-10))	g/cc.	2.575	2.575	2.575	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6((23-21)/(23*21)) (ASTM D 4409, MTC E 511)	%	1.01	1.01	1.01	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	81.59	81.43	80.98	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	14.43	14.40	14.32	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	18.41	18.57	19.02	18.67
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	4.54	4.54	4.54	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	78.35	77.54	75.27	77.05
30	Lectura del aro.	kg	264	254	260	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1112	1070	1095	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.93	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1068	1027	1019	1038
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	mil.	13	12	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.05	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3234	3371	3085	3230

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Barrera Fernández
REG. SUP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

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

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAEQUE	
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN DE AGREGADOS	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	29.0%
Arena Chancada	45.0%
Arena Zarandeada	26.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	34.63
B Arena.	65.37

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100	100.0	80.6	73.8	65.4	49.9	26.7	15.1	4.5	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#				
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	32.56	32.56	32.56	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	61.44	61.44	61.44	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 200)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 200)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1221.4	1217.4	1183.1	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1224.0	1220.4	1185.0	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	699.4	690.7	682.3	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	524.6	529.7	502.7	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc.	2.328	2.298	2.353	2.327
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc.	2.426	2.426	2.426	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/6)+(3^2/(7+8))+4^2/(9+10))	g/cc.	2.287	2.287	2.287	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.04	5.27	3.00	4.10
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc.	2.656	2.656	2.656	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3/8+8)+(4/9+10)	g/cc.	2.660	2.660	2.660	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6((23-21)/(23*21)) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.26	0.26	0.26	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	82.83	81.77	83.73	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25*20)	%	13.13	12.96	13.27	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	17.17	18.23	16.27	17.22
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.76	5.76	5.76	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	76.47	71.08	81.57	76.37
30	Lectura del ano.	kg	245	250	260	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1033	1054	1095	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	1.04	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	991	1011	1139	1047
34	Lectura del flexmetro (0.01") (35/0.254)	put.	14	14	13	14
34	Fluencia	m.m.	3.56	3.56	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/tm	2788	2844	3450	3027

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Balleza Fernández
 REG. CIP. 119278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

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

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	29.0%
Arena Chancada	45.0%
Arena Zarandeada	26.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Que Pasa el Tamiz												
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200			
A Grava Triturada	34.63													
B Arena.	65.37													
Mezcla		100.0	100.0	80.6	73.8	65.4	49.9	26.7	15.1	4.5				
Especificaciones		100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8				

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	32.38	32.38	32.38	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	61.12	61.12	61.12	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 206)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1230.2	1231.4	1230.5	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1233.4	1234.1	1233.6	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	702.3	701.3	700.6	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	531.1	532.8	533.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	g/cc.	2.316	2.311	2.309	2.312
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209 ,MTC E 508)	g/cc.	2.474	2.474	2.474	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100[(2/4)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10)]	g/cc.	2.262	2.262	2.262	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	6.37	6.58	6.68	6.54
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/(3/7)+(4/8)+(5/11)	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11)	g/cc.	2.656	2.656	2.656	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4) /((3P- 8)+(4P-10))	g/cc.	2.745	2.745	2.745	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4489 , MTC E 511)	%	1.45	1.45	1.45	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	81.97	81.79	81.70	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+30)	%	11.66	11.64	11.62	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	18.03	18.21	18.30	18.18
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*3+4	%	5.14	5.14	5.14	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	64.69	63.90	63.51	64.03
30	Lectura del aro.	kg	223	230	245	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	940	970	1033	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	903	931	991	942
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	16	16	15	16
35	Fluencia	m.m.	4.06	4.06	3.81	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2222	2291	2602	2371

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Bernal Fernández
 INE 104711
 REG. STA. 142278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

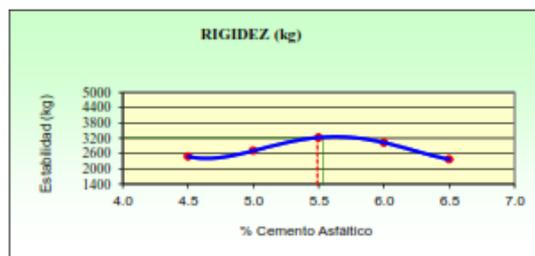
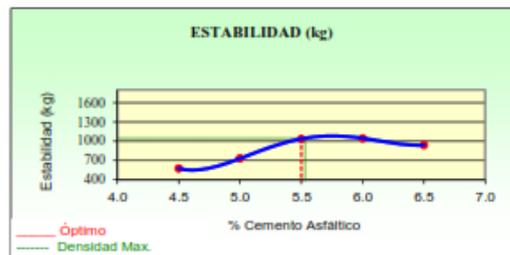
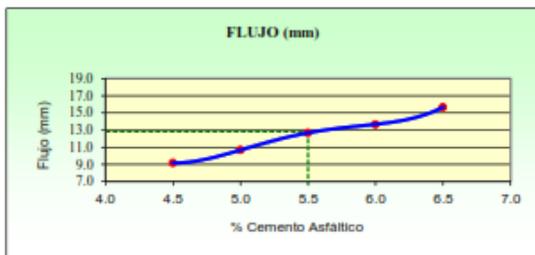
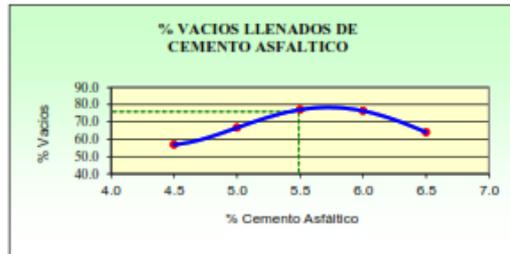
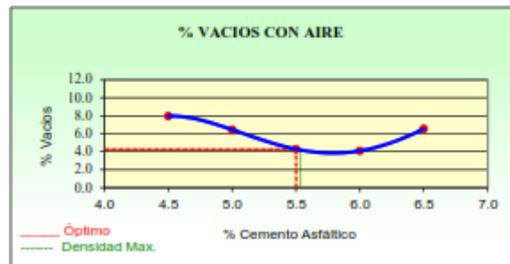
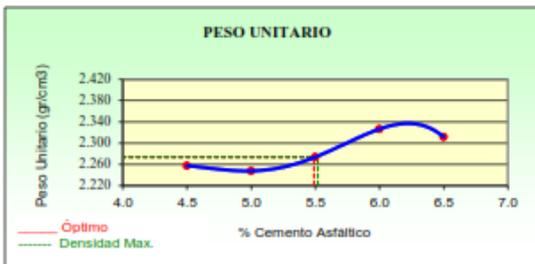


Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

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

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLOGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI : BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECANICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.50
Peso Unitario (g/cm ³)	2.274
Vacios (%)	4.28
Vacios del Agregado mineral (%)	18.5
Vacios Llenados de C.A (%)	76.0
Flujo (0.254 mm)	3.3
Estabilidad (kg)	1050
Relación Polvo Asfalto	1.23
Rigidez	3221

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Borja Fernández
 INEG. CIVIL
 REG. CIP. 14278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	29.0%
Arena Chancada	45.0%
Arena Zarandeada	26.0%
PEN 60/70	

OPTIMO DE ASFALTO	
Optimo Contenido C.A	5.50
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.274
Vacios (%)	4.28
Vacios del Agregado mineral (%)	18.7
Vacios Llenados de C.A (%)	77
Flujo (0.254 mm)	3.3
Estabilidad (Kg)	1050
Indice de Rigidez (kg/cm)	3221
Relación Polvo Asfalto	1.23

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	34.63
B Arena.	65.37

		% Que Pasa el Tamiz									
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	< N° 200
Mezcla	100.0	100.0	80.6	73.8	65.4	49.9	26.7	15.1	4.5		
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8		

#	Descripción	#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.50	5.50	5.50	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	32.73	32.73	32.73	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	61.77	61.77	61.77	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 55% pesa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/cc	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/cc	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc				
12	Altura promedio de la probeta	cm				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1213.6	1214.8	1216.4	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1214.3	1218.1	1220.4	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	683.5	684.3	682.4	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	530.8	533.8	538.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc	2.286	2.276	2.261	2.274
18	Peso específico teórico máximo (Rfice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc	2.376	2.376	2.376	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100[(2/6)+(3^2/(7+8)+(4^2/(9+10))]$	g/cc	2.313	2.313	2.313	
20	% de vacíos con aire $100(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 509)	%	3.77	4.22	4.84	4.28
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $100-2/[(3/7)+(4/9)+(5/11)]$	g/cc	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total $100-2/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$	g/cc	2.656	2.656	2.656	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$	g/cc	2.575	2.575	2.575	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-5(23-21)/(23^2-21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	1.01	1.01	1.01	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	81.78	81.40	80.87	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	14.45	14.38	14.29	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.22	18.60	19.13	18.7
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	%	4.54	4.54	4.54	
29	Relación betun vacíos $(26/27)*100$	%	79.30	77.33	74.70	77
30	Lectura del aro.	kg	262	260	265	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1104	1095	1116	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.93	
33	Estabilidad corregida 31^*32	kg	1060	1052	1038	1050
34	Lectura del Resómetro (0.01") (35/0.254)	pué	13	13	12.5	13
34	Fluencia	m.m	3.30	3.30	3.18	3.26
35	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3209	3185	3270	3221

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Bernal Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 149278



ANEXO 8

Resultados Ensayo Marshall Pavimento Asfáltico Reciclado (Rap)



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

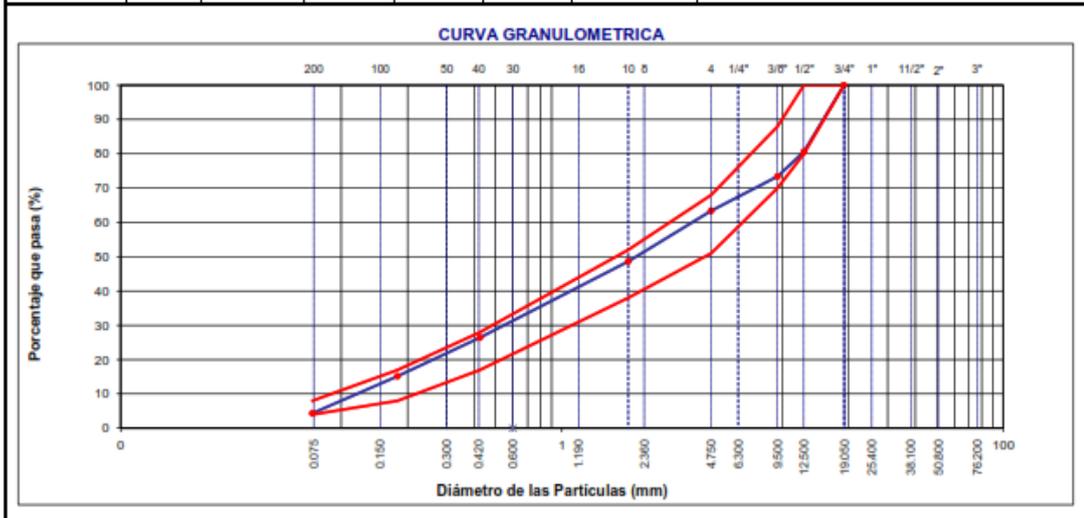
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. :	S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 15% DE RAP	TEC. LAB. :	D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA :	SEPTIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	25.0%
Arena Chancada	34.0%
Arena Zarandeada	26.0%
RAP	15.0%
PEN 60/70	

DATOS ENSAYO								
TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION MAC - 2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)					RETENIDO	RETENIDO	
1"	25.000							TAMAÑO MÁXIMO 3/4" Peso inicial seco : 5000.0 g Peso fracción fino : 521.3 g Peso húmedo : 1200.0 g Peso seco : 1194.6 g Humedad : 0.45 %
3/4"	19.000				100.0	100	100	
1/2"	12.500	970.1	19.4	19.4	80.6	80	100	
3/8"	9.500	356.4	7.2	26.6	73.4	70	85	
Nº 4	4.750	501.2	10.0	36.6	63.4	51	65	
Nº 10	2.000	121.6	14.5	51.4	48.6	35	52	
Nº 40	0.425	182.4	22.2	73.6	26.4	17	25	
Nº 60	0.180	92.4	11.2	84.8	15.2	5	17	
Nº 200	0.074	89.1	10.8	95.6	4.4	4	5	
< Nº 200	FONDO	4.6	0.6	96.2				



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Rojas Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.: S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 15% DE RAP	TEC. LAB.: D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA: SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	25.0%
Arena Chancada	34.0%
Arena Zarandeada	26.0%
RAP	15.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	36.59
B Arena.	63.41

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100.0	100.0	80.6	73.4	63.4	48.6	26.4	15.2	4.4	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

	#	1	2	3	Prom.
1 Numero de probeta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	34.58	34.58	34.58	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	59.92	59.92	59.92	
5 % de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9 Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
10 Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
11 Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12 Altura promedio de la probeta	cm.				
13 Peso de la probeta en el aire	g	1215.5	1224.5	1208.3	
14 Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1217.3	1227.5	1210.3	
15 Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	695.4	702.5	692.3	
16 Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	521.9	525.0	518.6	
17 Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	g/cc.	2.329	2.332	2.333	2.331
18 Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 , MTC E 508)	g/cc.	2.432	2.432	2.432	
19 Maxima densidad teorica de los agregados $100[(2/6)+(3^2/7^2)+(4^2/8^2)+(5^2/9^2)+10]$	g/cc.	2.313	2.313	2.313	
20 % de vacios con aire $100[(1-17/18)]$ (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	4.24	4.10	4.09	4.14
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/[(3/7)+(4/8)+(5/11)]$	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$	g/cc.	2.657	2.657	2.657	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/(3P_3 + 4P_4 + 5P_5)$	g/cc.	2.645	2.645	2.645	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^2-21^2)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.04	0.04	0.04	
25 % del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^2/17^2$	%	83.30	83.42	83.43	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	12.47	12.48	12.49	
27 % vacios del agregado mineral 100-25	%	16.70	16.58	16.57	16.62
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^2(3+4)$	%	5.46	5.46	5.46	
29 Relacion betun vacios $(26/27)*100$	%	74.64	75.29	75.34	75.09
30 Lectura del aro.	kg	246	253	248	
31 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1037	1066	1045	
32 Factor de estabilidad	1.00	0.96	1.00		
33 Estabilidad corregida 31*32	kg	1037	1023	1045	1035
34 Lectura del flexmetro (0.01") (35 / 0.254)	mil.	10	10	10	10
34 Fluencia	m.m.	2.54	2.54	2.54	
35 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	4082	4020	4115	4075

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Berra Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

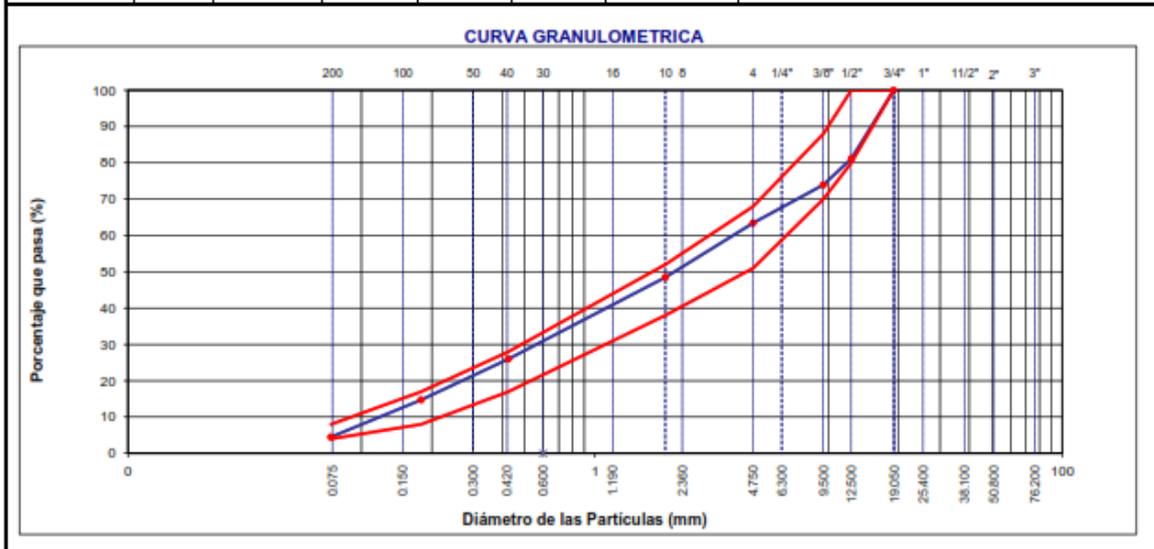
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 20% DE RAP	TEC. LAB. : D.A.C.C.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	35.0%
Arena Zarandeada	22.0%
RAP	20.0%
PEN 60/70	

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE		RETENIDO		PORCENTAJE		ESPECIFICACION MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)		RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	QUE PASA			
1"	25.000									TAMAÑO MÁXIMO 3/4" Peso inicial seco : 5000.0 g Peso fracción fino : 521.3 g Peso húmedo : 1200.0 g Peso seco : 1194.6 g Humedad : 0.45 %
3/4"	19.000					100.0	100	100		
1/2"	12.500	943.1	10.9	10.9	81.1	80	100			
3/8"	9.500	300.1	7.2	26.1	73.9	70	88			
Nº 4	4.750	525.6	10.5	36.6	63.4	51	66			
Nº 10	2.000	122.8	14.9	51.5	48.5	38	52			
Nº 40	0.425	185.0	22.5	74.0	26.0	17	26			
Nº 60	0.180	92.4	11.2	85.3	14.7	8	17			
Nº 200	0.074	84.1	10.2	95.5	4.5	4	8			
< Nº 200	FONDO	4.6	0.6	96.1						



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Barga Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 20% DE RAP	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	35.0%
Arena Zarandeada	22.0%
RAP	20.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Que Pasa el Tamiz										
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200	
A Grava Triturada	36.58											
B Arena.	63.42											
Mezcla		100.0	100.0	81.1	73.9	63.4	48.5	26.0	14.7	4.5		
Especificaciones		100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8		

#	Descripción	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta				
2	C.A. en peso de la mezcla	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	34.56	34.56	34.56	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	59.94	59.94	59.94	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pesa malla #200)	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 205)	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASTHO T 85 , MTC E 205)	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASTHO T 84 , MTC E 205)	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler				
12	Altura promedio de la probeta	cm.			
13	Peso de la probeta en el aire	g	1211.6	1215.0	1210.4
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1213.6	1216.3	1214.9
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	696.5	701.0	698.6
16	Volumen de la Probeta 14-15	C.C.	51.71	51.53	521.9
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	g/cc.	2.343	2.358	2.319
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASTHO T 209 , MTC E 308)	g/cc.	2.429	2.420	2.429
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/6)+(3^2/7^2)+(4^2/9^2)+(5^2/10^2))	g/cc.	2.313	2.313	2.313
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	3.54	2.95	4.52
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	g/cc.	2.642	2.642	2.642
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc.	2.657	2.657	2.657
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3P-8)+(4P-10)	g/cc.	2.641	2.641	2.641
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(23-21)/(23^2*21) (ASTM D 4489 , MTC E 511)	%	0.02	0.02	0.02
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)^1/2/21	%	83.80	84.33	82.95
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	12.66	12.74	12.53
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	16.20	15.67	17.05
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.48	5.48	5.48
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	78.16	81.31	73.49
30	Lectura del aro.	kg	2.90	2.53	2.48
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1054	1066	1045
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1054	1066	1045
34	Lectura del fleximetro (0.01") (35/0.254)	mil.	12.8	12.9	13
34	Fluencia	m.m.	3.25	3.29	3.30
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3240	3254	3165

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Burgos Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP. 14927#



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

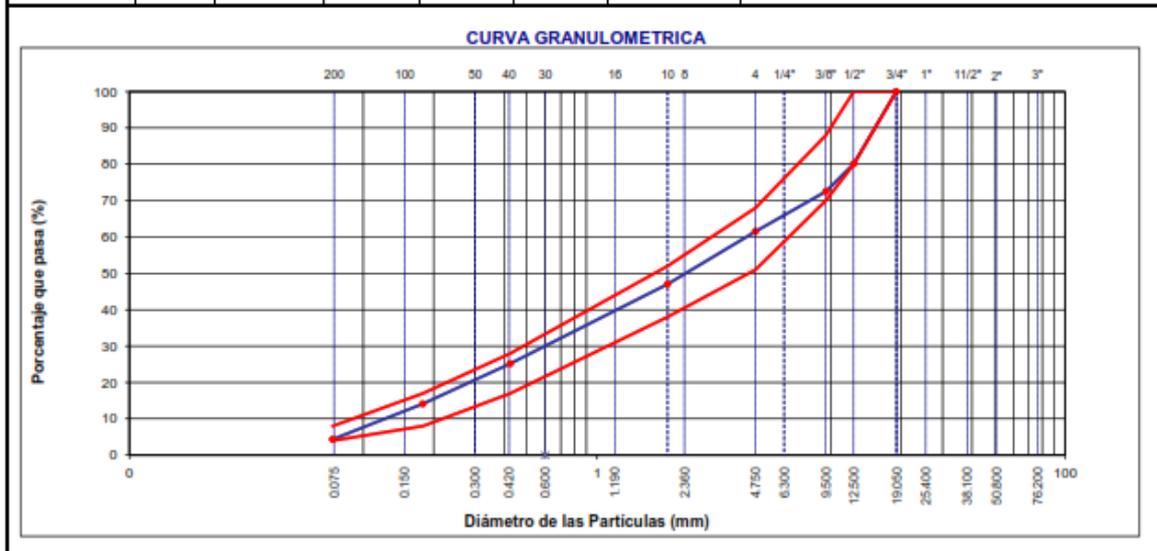
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.: S.S.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 25% DE RAP	TEC. LAB.: D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA: SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	32.0%
Arena Zarandeada	20.0%
RAP	25.0%
PEN 60/70	

DATOS ENSAYO								
TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION MAC - 2		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA			
1"	25.000							TAMAÑO MAXIMO 3/4" Peso inicial seco : 5000.0 g Peso fraccion fino : 521.3 g Peso humedo : 1200.0 g Peso seco : 1194.6 g Humedad : 0.45 %
3/4"	19.000				100.0	100	100	
1/2"	12.500	992.0	19.8	19.8	80.2	80	100	
3/8"	9.500	381.0	7.6	27.5	72.5	70	88	
Nº 4	4.750	550.0	11.0	38.5	61.5	51	66	
Nº 10	2.000	122.8	14.5	53.0	47.0	38	52	
Nº 40	0.425	185.0	21.8	74.8	25.2	17	28	
Nº 60	0.180	93.6	11.0	85.8	14.2	8	17	
Nº 200	0.074	83.0	9.8	95.6	4.4	4	8	
< Nº 200	FONDO	4.6	0.5	96.2				



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Bórja Fernández
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

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

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 25% DE RAP	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESTISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	32.0%
Arena Zarandeada	20.0%
RAP	25.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Que Pasa el Tamiz										
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200	
A Grava Triturada	38.46											
B Arena	61.54											
Mezcla		100.0	100.0	80.2	72.5	61.5	47.0	25.2	14.2	4.4		
Especificaciones		100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8		

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#				
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	36.34	36.34	36.34	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	58.16	58.16	58.16	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/cc	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/cc	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc				
12	Altura promedio de la probeta	cm				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1207.4	1207.5	1216.1	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1209.8	1210.6	1217.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	698.9	697.1	703.0	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	516.9	513.5	514.5	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc	2.363	2.352	2.364	2.359
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc	2.440	2.440	2.440	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	g/cc	2.313	2.313	2.313	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.14	3.67	3.13	3.30
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/6)+(5/11))	g/cc	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc	2.657	2.657	2.657	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3*P. 8)/(4*P.10))	g/cc	2.655	2.655	2.655	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.18	0.18	0.18	
25	% del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	84.52	84.10	84.54	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	12.33	12.27	12.33	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	15.48	15.90	15.46	15.61
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.33	5.33	5.33	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	79.66	77.19	79.76	78.88
30	Lectura del aro	kg	228	265	228	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	961	1116	961	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	961	1116	961	1013
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	12	12	13	12
34	Fluencia	m.m.	3.05	3.05	3.30	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3154	3663	2912	3243

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Bonilla Fernández
 ING CIVIL
 REG. CTR. 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

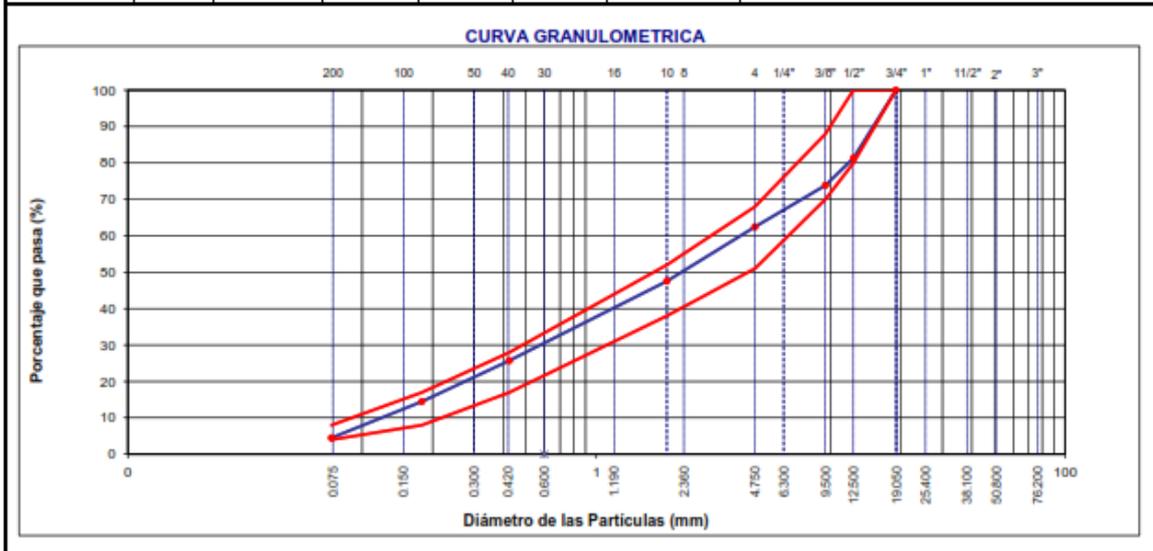
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 30% DE RAP	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	20.0%
Arena Chancada	30.0%
Arena Zarandeada	20.0%
RAP	30.0%
PEN 60/70	

DATOS ENSAYO								
TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE		RETENIDO		ESPECIFICACION MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)		RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
1"	25.000							TAMAÑO MÁXIMO 3/4" Peso inicial seco : 5000.0 g Peso fracción fino : 521.3 g Peso húmedo : 1200.0 g Peso seco : 1194.6 g Humedad : 0.45 %
3/4"	19.000					100.0	100	
1/2"	12.500	933.0	18.7	18.7	81.3	80	100	
3/8"	9.500	374.0	7.5	26.1	73.9	70	86	
Nº 4	4.750	571.0	11.4	37.6	62.4	51	66	
Nº 10	2.000	124.3	14.9	52.4	47.6	38	52	
Nº 40	0.425	182.3	21.8	74.3	25.7	17	28	
Nº 60	0.150	93.6	11.2	85.5	14.5	8	17	
Nº 200	0.074	83.5	10.0	95.5	4.5	4	8	
< Nº 200	FONDO	4.6	0.6	96.0				



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Bernal Fernández
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.: S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 30% DE RAP	TEC. LAB.: D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA: SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	20.0%
Arena Chancada	30.0%
Arena Zarandeada	20.0%
RAP	30.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	37.56
B Arena	62.44

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100	100.0	81.3	73.9	62.4	47.6	25.7	14.5	4.5	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#				
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	35.49	35.49	35.49	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	59.01	59.01	59.01	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malta #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc				
12	Altura promedio de la probeta	cm				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1209.7	1211.1	1208.9	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1211.5	1212.4	1210.4	
15	Peso de la Probeta en el Agua 25 °C	g	699.1	700.6	701.2	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	512.4	511.8	509.2	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc	2.361	2.366	2.374	2.367
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc	2.431	2.431	2.431	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/6)+(3^2/7+8)+(4^2/9+10))	g/cc	2.313	2.313	2.313	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.89	2.66	2.34	2.63
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/(3/7)+(4/9)+(5/11))	g/cc	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc	2.657	2.657	2.657	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3/8-8)+(4/10-10))	g/cc	2.643	2.643	2.643	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(23-21)/(23^2*1) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.02	0.02	0.02	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	84.44	84.63	84.91	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	12.68	12.71	12.75	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	15.56	15.37	15.09	15.34
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.48	5.48	5.48	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	81.46	82.69	84.49	82.88
30	Lectura del anillo	kg	320	324	322	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	926	987	936	
32	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	928	987	936	950
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	mil.	11	11	11	11
34	Fluencia	m.m.	2.79	2.79	2.79	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3321	3531	3351	3401

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Bernal Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 16278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP ASFALTOS
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

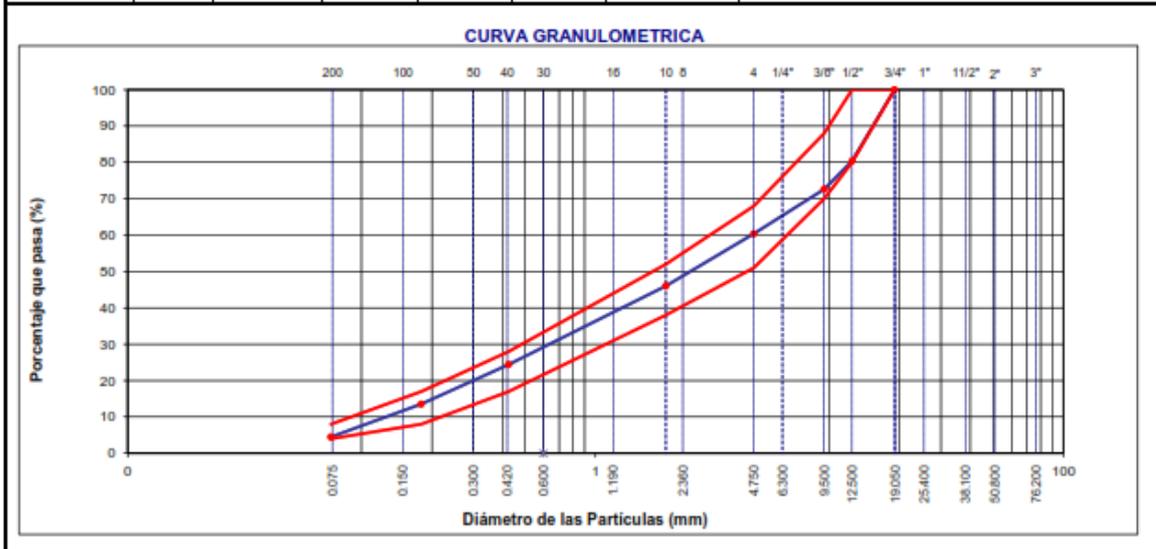
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

(MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27)

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 35% DE RAP	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	20.0%
Arena Chancada	30.0%
Arena Zarandeada	15.0%
RAP	35.0%
PEN 60/70	

DATOS ENSAYO								
TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	MAC - 2		
1"	25.000							TAMAÑO MÁXIMO 3/4" Peso Inicial seco : 5000.0 g Peso fracción fino : 521.3 g Peso húmedo : 1200.0 g Peso seco : 1194.6 g Humedad : 0.45 %
3/4"	19.000				100.0	100	100	
1/2"	12.500	980.0	19.6	19.6	80.4	80	100	
3/8"	9.500	389.0	7.6	27.4	72.6	70	88	
Nº 4	4.750	611.0	12.2	39.6	60.4	51	68	
Nº 10	2.000	124.3	14.4	54.0	46.0	38	52	
Nº 40	0.425	186.3	21.6	75.6	24.4	17	26	
Nº 80	0.150	93.6	10.8	86.4	13.6	8	17	
Nº 200	0.074	78.3	9.1	95.5	4.5	4	8	
< Nº 200	FONDO	4.6	0.5	96.0				



Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Barria Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 35% DE RAP	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	20.0%
Arena Chancada	30.0%
Arena Zarandeada	15.0%
RAP	35.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Que Pasa el Tamiz												
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200			
A Grava Triturada	39.60													
B Arena.	60.40													
Mezcla	100.0	100.0	100.0	80.4	72.6	60.4	46.0	24.4	13.6	4.5				
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8					

#	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5%	5.5	5.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	5%	37.42	37.42
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	5%	57.08	57.08
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	5%	0.00	0.00
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc	1.021	1.021
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205)	g/cc	2.620	2.620
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205)	g/cc	2.665	2.665
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.632	2.632
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.652	2.652
11	Peso específico aparente del filler	g/cc		
12	Altura promedio de la probeta	cm		
13	Peso de la probeta en el aire	g	1213.7	1213.9
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1213.5	1214.4
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	703.1	706.9
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	512.4	507.5
17	Peso Unitario de la Probeta 13/15 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc	2.369	2.390
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc	2.438	2.438
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3/2)+(7+8)+(4*2)+(9+10))	g/cc	2.313	2.313
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.84	1.97
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/8)+(5/11))	g/cc	2.642	2.642
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc	2.657	2.657
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3P-8)+(4P-10)	g/cc	2.652	2.652
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(23-21)/(23*2) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.15	0.15
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)/17/21	%	84.72	85.48
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	12.44	12.55
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	15.28	14.52
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.36	5.36
29	Relacion betun vacíos (26/27)*100	%	81.39	83.49
30	Lectura del aro.	kg	190	192
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	802	811
32	Factor de estabilidad		1.00	1.04
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	802	843
34	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	mil.	10	9
34	Fluencia	m.m.	2.54	2.29
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3158	3688

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Barrantes Fernández
ING. CIVIL
REG. CIP 189278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



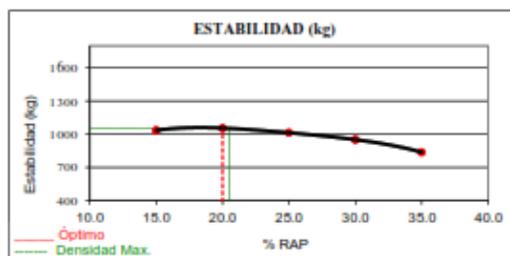
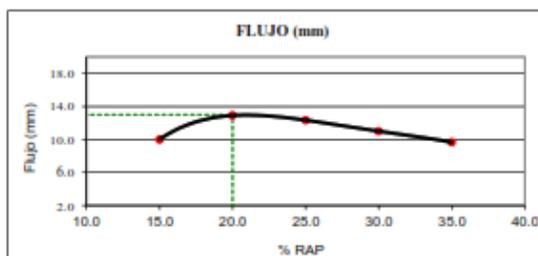
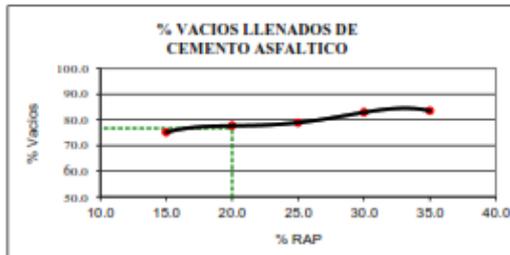
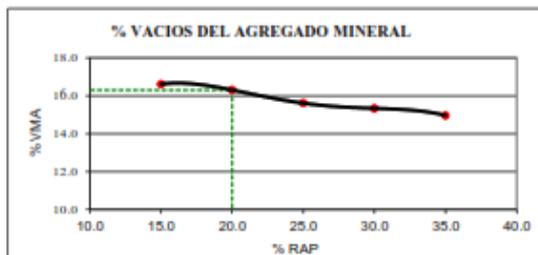
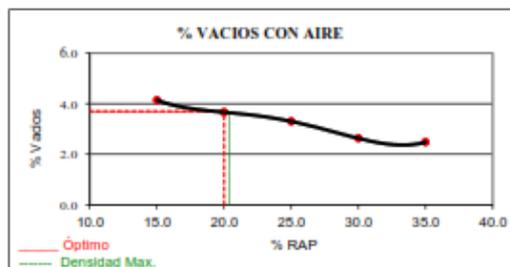
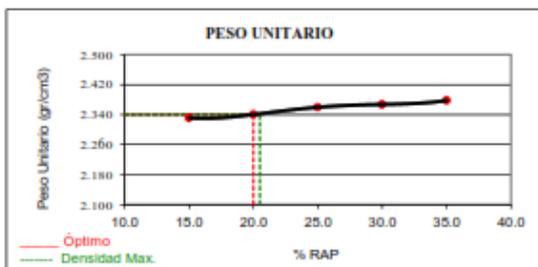
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLOGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECANICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACION	CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN DE AGREGADOS CON 15%, 20%, 25%, 30% Y 35% DE RAP	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023



RESULTADOS	
Óptimo % de RAP	20.00
Óptimo Contenido C.A	5.50
Peso Unitario (g/cm³)	2.340
Vacios (%)	3.70
Vacios del Agregado mineral (%)	16.3
Vacios Llenados de C.A (%)	76.7
Flujo (0.254 mm)	3.3
Estabilidad (kg)	1055
Relación Polvo Asfalto	1.22
Rigidez	3220

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
Secundino Barriga Fernández
ING. CIVIL
REG. C.R. 189278



ANEXO 9

Resultados Ensayo Marshall Pavimento RAP + Resina Epoxi Bisfenol-A

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

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

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70 COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 20% DE RAP + 20% DE RESINA	RESP. LAB. : S.B.F.	
MATERIAL	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA	TEC. LAB. : D.A.C.Q.	
TESISTAS	HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023	

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	35.0%
Arena Zarandeada	22.0%
RAP	20.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	36.58
B Arena	63.42

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100.0	100.0	81.1	73.9	63.4	48.5	26.0	14.7	4.5	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	Resina Epoxi Bisfenol - A	%	1.1	1.1	1.1	
2	Cemento asfáltico	%	4.4	4.4	4.4	
2	Cemento asfáltico + Resina Epoxi Bisfenol - A	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	34.56	34.56	34.56	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	59.94	59.94	59.94	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de resina epoxi	g/cc.	1.20	1.2	1.2	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1212.2	1210.3	1215.6	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1216.4	1214.4	1217.7	
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	674.2	678.4	676.3	
16	Volumen de la Probeta	C.C.	542.2	536.0	541.4	
17	Peso Unitario de la Probeta	g/cc.	2.236	2.258	2.242	2.248
18	Peso específico teorico maximo (Rice)	g/cc.	2.303	2.303	2.303	
19	Maxima densidad teorica de los agregados	g/cc.	2.132	2.132	2.132	
20	% de vacios con aire	%	2.92	1.95	2.67	2.51
21	Peso específico Bulk del Agregado Total	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total	g/cc.	2.657	2.657	2.657	
23	Peso específico efectivo del agregado total	g/cc.	2.750	2.750	2.750	
24	Asfalto absorbido por el agregado total	%	1.81	1.81	1.81	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.96	80.76	80.17	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta	%	17.12	17.29	17.16	
27	% vacios del agregado mineral	%	20.04	19.24	19.83	19.70
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla	%	3.79	3.79	3.79	
29	Relacion betun vacios	%	85.42	89.85	86.55	87.27
30	Lectura del are.	kg	220	221	222	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	928	932	936	
32	Factor de estabilidad		0.93	0.93	0.93	
33	Estabilidad corregida	kg	863	867	871	867
34	Lectura del flexímetro	mil.	16	15	16	16
34	Fluencia	m.m.	4.06	3.81	4.06	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2123	2275	2143	2180

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Seguridad Peña Fernández
 INC. 13117
 REG. CTR. 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465



Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos



948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 20% DE RAP + 30% RESINA	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	35.0%
Arena Zarandeada	22.0%
RAP	20.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	36.58
B Arena.	63.42

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100.0	100.0	81.1	73.9	63.4	48.5	26.0	14.7	4.5	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	Resina Epox Bisfenol - A	%	1.0	1.0	1.0	
2	Cemento asfáltico	%	3.9	3.9	3.9	
2	Cemento asfáltico + Resina Epox Bisfenol - A	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	34.56	34.56	34.56	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	59.94	59.94	59.94	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de resina epoxi	g/cc.	1.20	1.2	1.2	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 200)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 200)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1220.0	1224.2	1221.5	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1223.5	1227.5	1224.4	
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	680.8	683.2	682.4	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	542.7	544.3	542.0	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc.	2.248	2.249	2.254	2.250
18	Peso específico teórico máximo (Ricc) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc.	2.353	2.353	2.353	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100[(2/6)+(3^2/7^2)+(4^2/9^2)+(5^2/10^2)]$	g/cc.	2.151	2.151	2.151	
20	% de vacíos con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.46	4.41	4.22	4.37
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)]$	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-2)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$	g/cc.	2.657	2.657	2.657	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/[(3P-8)+(4P-10)]$	g/cc.	2.791	2.791	2.791	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^2-21^2)$ (ASTM D 4409, MTC E 511)	%	2.47	2.47	2.47	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$	%	80.40	80.44	80.61	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$	%	15.14	15.14	15.17	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	19.60	19.56	19.39	19.52
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	3.17	3.17	3.17	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	77.23	77.43	78.24	77.63
30	Lectura del aro.	kg	279	270	267	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1175	1137	1125	
32	Factor de estabilidad		0.93	0.93	0.93	
33	Estabilidad corregida 31^*32	kg	1093	1056	1046	1066
34	Lectura del flexímetro $(0.01^*) (35 / 0.254)$	pu.	13	13	13	13
34	Fluencia	m.m.	3.30	3.30	3.30	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3109	3205	3168	3227

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Segundo Riego Fernández
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 119278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

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

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.: S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 20% DE RAP + 40% DE RESINA	TEC. LAB.: D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA: SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	35.0%
Arena Zarandeada	22.0%
RAP	20.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Que Pasa el Tamiz										
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200	
A Grava Triturada	36.58											
B Arena.	63.42											
Mezcla		100.0	100.0	81.1	73.9	63.4	48.5	26.0	14.7	4.5		
Especificaciones		100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8		

#	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
1	Resina Epox Bisfenol - A	%	2.2	2.2	2.2	
2	Cemento asfáltico	%	3.3	3.3	3.3	
	Cemento asfáltico + Resina Epox Bisfenol - A	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	34.56	34.56	34.56	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	59.94	59.94	59.94	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de resina epoxi	g/cc	1.20	1.20	1.20	
	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/cc	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	g/cc	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	g/cc	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1208.8	1205.6	1210.6	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1210.3	1207.4	1212.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	677.8	676.4	676.4	
			25 °C			
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	532.5	531.0	534.4	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	g/cc	2.270	2.270	2.265	2.269
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	g/cc	2.380	2.380	2.380	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100((2/6)+(3*2(7+8)+(4*2(9+10)))	g/cc	2.175	2.175	2.175	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	4.62	4.60	4.82	4.68
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/8)+(5/11))	g/cc	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc	2.657	2.657	2.657	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3*P-8)+(4*P-10))	g/cc	2.789	2.789	2.789	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4489, MTC E 511)	%	2.45	2.45	2.45	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	81.19	81.20	81.02	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	14.19	14.19	14.16	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	18.81	18.80	18.98	18.86
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	3.19	3.19	3.19	
29	Relacion betun vacíos (26/27)*100	%	75.44	75.51	74.62	75.19
30	Lectura del aro.	kg	311	310	313	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1309	1305	1317	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1257	1253	1265	1256
34	Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254)	psi	15	15	14	15
34	Fluencia	m.m.	3.81	3.81	3.56	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3296	3288	3557	3361

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Seguridad Blanca Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP. 149278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com.

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

TESIS	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 20% DE RAP + 50% DE RESINA ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	: HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	35.0%
Arena Zarandeada	22.0%
RAP	20.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla	% Que Pasa el Tamiz										
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200	
A Grava Triturada	36.58											
B Arena.	63.42											
Mezcla		100.0	100.0	81.1	73.9	63.4	48.5	26.0	14.7	4.5		
Especificaciones		100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8		

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
2	Resina Epox Bisfenol - A	%	2.75	2.75	2.75	2.75
2	Cemento asfáltico	%	2.75	2.75	2.75	2.75
3	Cemento asfáltico + Resina Epox Bisfenol - A	%	5.5	5.5	5.5	5.5
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	34.56	34.56	34.56	34.56
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	59.94	59.94	59.94	59.94
5	% de filler en peso de mezcla/mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Peso específico aparente de resina epox	g/cc	1.20	1.20	1.20	1.20
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	g/cc	1.021	1.021	1.021	1.021
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 200)	g/cc	2.620	2.620	2.620	2.620
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 200)	g/cc	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 200)	g/cc	2.632	2.632	2.632	2.632
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 200)	g/cc	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1210.5	1214.8	1213.4	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1212.8	1216.3	1215.2	
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	684.2	684.7	679.5	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	828.6	832.0	838.7	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	g/cc	2.290	2.283	2.265	2.280
18	Peso específico teorico máximo (Rfice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 ,MTC E 508)	g/cc	2.402	2.402	2.402	
19	Máxima densidad teorica de los agregados 100(1/25)+(3*2/7+8)+(4*2/9+10)	g/cc	2.197	2.197	2.197	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203 , MTC E 509)	%	4.66	4.94	5.70	5.10
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	g/cc	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc	2.657	2.657	2.657	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	g/cc	2.783	2.783	2.783	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	2.35	2.35	2.35	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	81.90	81.07	81.01	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	13.43	13.39	13.29	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	18.10	18.33	18.99	18.47
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	3.28	3.28	3.28	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	74.24	73.08	69.98	72.43
30	Lectura del aro.	kg	334	336	348	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibracion del anillo)	kg	1405	1414	1464	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.93	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1349	1357	1362	1356
34	Lectura del flexometro (0.01") (35 / 0.254)	pu.	18	18	17	18
34	Fluencia	m.m.	4.57	4.57	4.32	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	2951	2969	3153	3024

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Bernal Fernández
 ING. CIVIL
 REC. S.A. 169278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

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

TESIS	"PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO"	
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
DESCRIPCION	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB. : S.B.F.
MATERIAL	COMBINACIÓN DE AGREGADOS + 20% DE RAP + 100% DE RESINA	TEC. LAB. : D.A.C.Q.
TESISTAS	ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA : SETIEMBRE 2023

DATOS DE DISEÑO	
Grava Chancada	23.0%
Arena Chancada	35.0%
Arena Zarandeada	22.0%
RAP	20.0%
PEN 60/70	

Material	% Mezcla
A Grava Triturada	36.58
B Arena.	63.42

	% Que Pasa el Tamiz									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	< Nº 200
Mezcla	100.0	100.0	81.1	73.9	63.4	48.5	26.0	14.7	4.5	
Especificaciones	100	100	80-100	70-88	51-68	38 - 52	17 - 28	8-17	4-8	

#	Numero de probeta	#	1	2	3	Prom.
1	Resina Epox Bisfenol - A	%	5.50	5.50	5.50	
2	Cemento asfaltico	%	0.00	0.00	0.00	
	Cemento asfaltico + Resina Epox Bisfenol - A	%	5.5	5.5	5.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4)	%	34.56	34.56	34.56	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4)	%	59.94	59.94	59.94	
5	% de filler en peso de mezcla(mínimo 65% pasa malla #200)	%	0.00	0.00	0.00	
6	Peso específico aparente de resina epoxi	g/cc.	1.20	1.20	1.20	
	Peso específico aparente de cemento asfaltico	g/cc.	1.021	1.021	1.021	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	g/cc.	2.620	2.620	2.620	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206)	g/cc.	2.665	2.665	2.665	2.643
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	g/cc.	2.632	2.632	2.632	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205)	g/cc.	2.652	2.652	2.652	2.642
11	Peso específico aparente del filler	g/cc.				
12	Altura promedio de la probeta	cm.				
13	Peso de la probeta en el aire	g	1208.8	1211.4	1212.4	
14	Peso de la probeta saturada superficialmente seca	g	1211.6	1214.8	1215.2	
15	Peso de la Probeta en el Agua	g	683.2	682.9	685.6	
16	Volumen de la Probeta 14-15	c.c.	528.4	531.9	529.6	
17	Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514)	g/cc.	2.288	2.277	2.289	2.285
18	Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 , MTC E 508)	g/cc.	2.426	2.426	2.426	
19	Maxima densidad teorica de los agregados 100((2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10)))	g/cc.	2.313	2.313	2.313	
20	% de vacios con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203 , MTC E 505)	%	5.70	6.12	5.64	5.82
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/8)+(5/11))	g/cc.	2.642	2.642	2.642	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	g/cc.	2.657	2.657	2.657	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3*P- 8)+(4*P-10))	g/cc.	2.637	2.637	2.637	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469 , MTC E 511)	%	0.09	0.09	0.09	
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta (3+4)*17/21	%	81.82	81.46	81.88	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta 100-(25+20)	%	12.48	12.42	12.49	
27	% vacios del agregado mineral 100-25	%	18.18	18.54	18.12	18.28
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	5.42	5.42	5.42	
29	Relacion betun vacios (26/27)*100	%	68.63	66.99	68.00	68.17
30	Lectura del aro.	kg	393	395	392	
31	Estabilidad sin corregir (tabla de calibracion del anillo)	kg	1653	1661	1648	
32	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
33	Estabilidad corregida 31*32	kg	1586	1595	1582	1588
34	Lectura del flexmetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	19	19	18	19
34	Fluencia	m.m.	4.83	4.83	4.57	
35	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3287	3304	3461	3351

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Bargas Fernández
 INGENIERO CIVIL
 REG. S.N. 149278



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

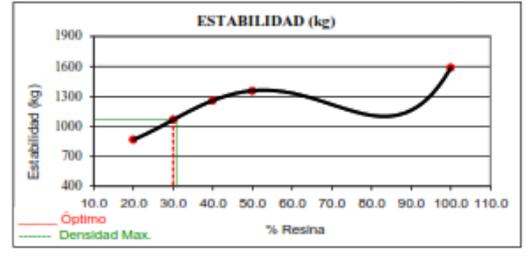
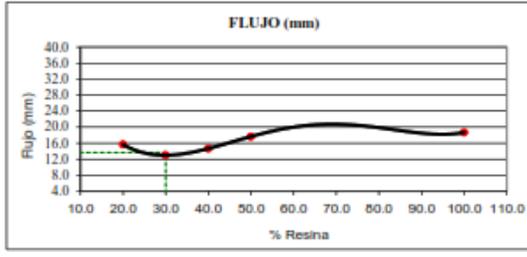
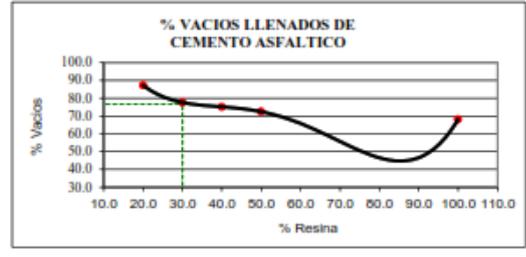
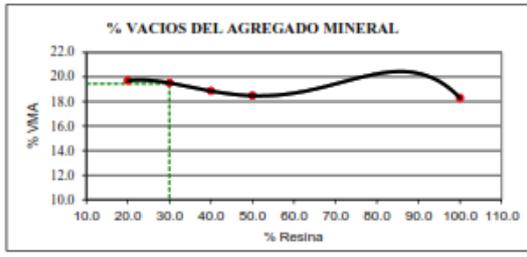
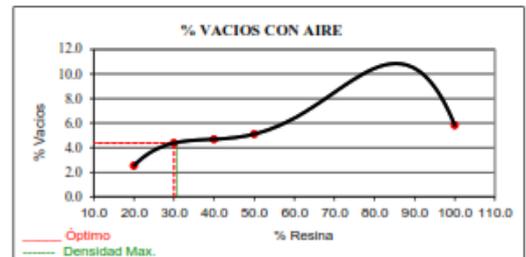
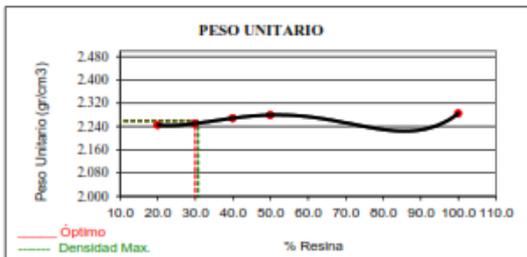


Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465

SERVICIOS DE LABORATORIOS CHICLAYO - EMP ASFALTOS
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250
 E-mail: servicios.lab20@gmail.com

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

TESIS	*PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLOGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI : BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECANICO DEL PAVIMENTO*		
UBICACIÓN	: CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
DESCRIPCION	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON PEN 60/70	RESP. LAB.	: S.B.F.
MATERIAL	: COMBINACIÓN DE AGREGADOS CON 20%, 30%, 40%, 50% Y 100% DE Resina	TEC. LAB.	: D.A.C.Q.
TESISTAS	: ARLEX PASCUAL BARRANTES TICLLA : HERRY MARCIAL BONILLA LEZCANO	FECHA	: SETIEMBRE 2023



RESULTADOS	
Optimo % de RAP	20
Optimo % de C.A.	5.5
Optimo % Contenido resina respecto al C.A.	30
Peso Unitario (g/cm ³)	2.259
Vacios (%)	4.4
Vacios del Agregado mineral (%)	19.5
Vacios Llenados de C.A (%)	76.7
Flujo (0.254 mm)	3.5
Estabilidad (kg)	1066
Relación Polvo Asfalto	6.67
Rigidez	3227

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.
 Secundino Berra Fernández
 ING. CIVIL
 REG. CIP 159278



ANEXO 10

Matriz Leopold

PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO

ETAPAS / ACTIVIDADES (ASPECTOS AMBIENTALES)			TIPO DE PAVIMENTO			
			PAVIMENTO CONVENCIONAL			
			AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	CEMENTO ASFÁLTICO	
MEDIO / COMPONENTE / FACTOR AMBIENTAL						
FÍSICO	AGUA	CALIDAD DE AGUA	-4 2	-4 2	-4 2	
		CALIDAD DE SEDIMENTOS	-4 2	-4 2	-4 2	
	SUELO	ESTABILIDAD DEL TERRENO	-4 3	-4 3	-4 3	
		CALIDAD DEL SUELO	-4 3	-4 3	-4 3	
	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-3 3	-3 3	-3 3	
		NIVELES DE RUIDO	-4 3	-4 3	-4 3	
BIOLÓGICO	FLORA ACUÁTICA Y TERRESTRE	HÁBITAT	-4 3	-4 3	-4 3	
	FAUNA ACUÁTICA Y TERRESTRE	HÁBITAT	-4 3	-4 3	-4 3	
	PAISAJE	DISTRIBUCIÓN	4 3	4 3	4 3	
SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	POBLACIÓN	CALIDAD DE VIDA	6 3	6 3	6 3
			CONFLICTOS SOCIALES	-3 3	-3 3	-3 3
		SALUD	INFRAESTRUCTURA DE SALUD	5 3	5 3	5 3
		EDUCACIÓN	INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN	5 3	5 3	5 3
		SERVICIO BÁSICOS	AGUA Y DESAGUE	-2 3	-2 3	-2 3
		TRANSPORTE	CALIDAD DEL TRANSPORTE	4 5	4 5	4 5
	ECONÓMICA	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	EMPLEO LOCAL	5 3	5 3	5 3
			INDUSTRIA	5 3	5 3	5 3
			NIVEL ECONÓMICA	5 3	5 3	5 3
	CULTURAL	ÍNDOLE CULTURAL	SITIOS ARQUEOLÓGICOS	-2 3	-2 3	-2 3

PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO									
ETAPAS / ACTIVIDADES (ASPECTOS AMBIENTALES)			TIPO DE PAVIMENTO			AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AGREGADO DE IMPACTO	
			PAVIMENTO CONVENCIONAL						
MEDIO / COMPONENTE / FACTOR AMBIENTAL			AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	CEMENTO ASFÁLTICO				
FÍSICO	AGUA	CALIDAD DE AGUA	-8	-8	-8	0	3	-24	
		CALIDAD DE SEDIMENTOS	-8	-8	-8	0	3	-24	
	SUELO	ESTABILIDAD DEL TERRENO	-12	-12	-12	0	3	-36	
		CALIDAD DEL SUELO	-12	-12	-12	0	3	-36	
	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-9	-9	-9	0	3	-27	
		NIVELES DE RUIDO	-12	-12	-12	0	3	-36	
BIOLÓGICO	FLORA ACUÁTICA Y TERRESTRE		HÁBITAT	-12	-12	-12	0	3	-36
	FAUNA ACUÁTICA Y TERRESTRE		HÁBITAT	-12	-12	-12	0	3	-36
	PAISAJE		DISTRIBUCIÓN	12	12	12	3	0	36
S O C I O E C O N Ó M I C O	S O C I A L	POBLACIÓN	CALIDAD DE VIDA	18	18	18	3	0	54
			CONFLICTOS SOCIALES	-9	-9	-9	0	3	-27
		SALUD	INFRAESTRUCTURA DE SALUD	15	15	15	3	0	45
		EDUCACIÓN	INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN	15	15	15	3	0	45
		SERVICIO BÁSICOS	AGUA Y DESAGUE	-6	-6	20	1	2	8
		TRANSPORTE	CALIDAD DEL TRANSPORTE	20	20	20	3	0	60
	ECONÓMICA	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	EMPLEO LOCAL	15	15	15	3	0	45
			INDUSTRIA	15	15	15	3	0	45
			NIVEL ECONÓMICA	15	15	15	3	0	45
	CULTURAL	ÍNDOLE CULTURAL	SITIOS ARQUEOLÓGICOS	-6	-6	-6	0	3	-18
AFECTACIONES POSITIVAS			8	8	9				
AFECTACIONES NEGATIVAS			11	11	10			83	
AGREGADO DE IMPACTO			19	19	45		83	83	

PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO

ETAPAS / ACTIVIDADES (ASPECTOS AMBIENTALES)			TIPO DE PAVIMENTO				
			PAVIMENTO RECICLADO				
			AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	RAP	CEMENTO ASFÁLTICO	
MEDIO / COMPONENTE / FACTOR AMBIENTAL							
FÍSICO	AGUA	CALIDAD DE AGUA	-3 / 4	-3 / 4	-2 / 4	-4 / 2	
		CALIDAD DE SEDIMENTOS	-3 / 4	-3 / 4	-3 / 4	-4 / 2	
	SUELO	ESTABILIDAD DEL TERRENO	-3 / 4	-3 / 4	-3 / 4	-4 / 3	
		CALIDAD DEL SUELO	-4 / 4	-4 / 4	-5 / 4	-4 / 3	
	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-3 / 3	-3 / 3	-4 / 3	-3 / 3	
		NIVELES DE RUIDO	-3 / 4	-3 / 4	-3 / 4	-4 / 3	
BIOLÓGICO	FLORA ACUÁTICA Y TERRESTRE	HÁBITAT	-3 / 7	-3 / 7	-3 / 7	-4 / 3	
	FAUNA ACUÁTICA Y TERRESTRE	HÁBITAT	-4 / 4	-4 / 4	-5 / 4	-4 / 3	
	PAISAJE	DISTRIBUCIÓN	4 / 3	4 / 3	-5 / 6	4 / 3	
SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	POBLACIÓN	CALIDAD DE VIDA	6 / 3	6 / 3	6 / 3	6 / 3
			CONFLICTOS SOCIALES	-2 / 3	-2 / 3	-2 / 3	-3 / 3
		SALUD	INFRAESTRUCTURA DE SALUD	5 / 3	5 / 3	5 / 5	5 / 3
		EDUCACIÓN	INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN	5 / 3	5 / 3	5 / 5	5 / 3
		SERVICIO BÁSICOS	AGUA Y DESAGUE	-2 / 3	-2 / 3	-2 / 5	-2 / 3
		TRANSPORTE	CALIDAD DEL TRANSPORTE	4 / 5	4 / 5	4 / 5	4 / 5
	ECONÓMICA	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	EMPLEO LOCAL	5 / 3	5 / 3	5 / 3	5 / 3
			INDUSTRIA	5 / 3	5 / 3	5 / 6	5 / 3
			NIVEL ECONÓMICA	5 / 6	5 / 6	6 / 6	5 / 3
	CULTURAL	ÍNDOLE CULTURAL	SITIOS ARQUEOLÓGICOS	-2 / 3	-2 / 3	-6 / 5	-2 / 3

PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO										
ETAPAS / ACTIVIDADES (ASPECTOS AMBIENTALES)			TIPO DE PAVIMENTO				AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AGREGADO DE IMPACTO	
			PAVIMENTO RECICLADO							
MEDIO / COMPONENTE / FACTOR AMBIENTAL			AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	RAP	CEMENTO ASFÁLTICO				
FÍSICO	AGUA	CALIDAD DE AGUA	-12	-12	-8	-8	0	4	-40	
		CALIDAD DE SEDIMENTOS	-12	-12	-12	-8	0	4	-44	
	SUELO	ESTABILIDAD DEL TERRENO	-12	-12	-12	-12	0	4	-48	
		CALIDAD DEL SUELO	-16	-16	-20	-12	0	4	-64	
	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-9	-9	-12	-9	0	4	-39	
		NIVELES DE RUIDO	-12	-12	-12	-12	0	4	-48	
BIOLÓGICO	FLORA ACUÁTICA Y TERRESTRE	HÁBITAT	-21	-21	-21	-12	0	4	-75	
	FAUNA ACUÁTICA Y TERRESTRE	HÁBITAT	-16	-16	-20	-12	0	4	-64	
	PAISAJE	DISTRIBUCIÓN	12	12	-30	12	3	1	6	
S O C I O E C O N Ó M I C O	S O C I A L	POBLACIÓN	CALIDAD DE VIDA	18	18	18	18	4	0	72
			CONFLICTOS SOCIALES	-6	-6	-6	-9	0	4	-27
		SALUD	INFRAESTRUCTURA DE SALUD	15	15	25	15	4	0	70
		EDUCACIÓN	INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN	15	15	25	15	4	0	70
		SERVICIO BÁSICOS	AGUA Y DESAGUE	-6	-6	-10	20	1	3	-2
	TRANSPORTE	CALIDAD DEL TRANSPORTE	20	20	20	20	4	0	80	
	ECONÓMICA	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	EMPLEO LOCAL	15	15	15	15	4	0	60
			INDUSTRIA	15	15	30	15	4	0	75
			NIVEL ECONÓMICA	30	30	36	15	4	0	111
	CULTURAL	ÍNDOLE CULTURAL	SITIOS ARQUEOLÓGICOS	-6	-6	-30	-6	0	4	-48
AFECTACIONES POSITIVAS			8	8	7	9				
AFECTACIONES NEGATIVAS			11	11	12	10			45	
AGREGADO DE IMPACTO			12	12	-24	45		45	45	

PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO

ETAPAS / ACTIVIDADES (ASPECTOS AMBIENTALES)			TIPO DE PAVIMENTO					
			PAVIMENTO RAP + RESINA EPOXI BISFENOL-A					
			AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	RAP	CEMENTO ASFÁLTICO	Resina Epoxi bisfenol-A	
MEDIO / COMPONENTE / FACTOR AMBIENTAL								
FÍSICO	AGUA	CALIDAD DE AGUA	-3/4	-3/4	-2/4	-3/3	-3/5	
		CALIDAD DE SEDIMENTOS	-3/4	-3/4	-3/4	-3/3	-4/4	
	SUELO	ESTABILIDAD DEL TERRENO	-3/4	-3/4	-3/4	-3/5	-4/5	
		CALIDAD DEL SUELO	-4/4	-4/4	-5/4	-3/3	-4/5	
	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-3/5	-3/5	-4/5	-2/6	-3/6	
		NIVELES DE RUIDO	-3/4	-3/4	-3/4	-3/5	-4/5	
BIOLÓGICO	FLORA ACUÁTICA Y TERRESTRE	HÁBITAT	-3/6	-3/6	-3/7	-3/7	-3/7	
	FAUNA ACUÁTICA Y TERRESTRE	HÁBITAT	-4/4	-4/4	-5/4	-3/3	-4/3	
	PAISAJE	DISTRIBUCIÓN	4/3	4/3	-5/6	3/3	3/3	
SOCIOECONÓMICO	SOCIAL	POBLACIÓN	6/3	6/3	6/3	5/3	6/3	
		CONFLICTOS SOCIALES	-2/3	-2/3	-2/3	-2/3	-3/3	
		SALUD	5/3	5/3	5/5	5/6	6/6	
		EDUCACIÓN	5/3	5/3	5/5	5/3	5/5	
	SERVICIO BÁSICOS	AGUA Y DESAGUE	-2/3	-2/3	-2/5	-2/3	-2/3	
	TRANSPORTE	CALIDAD DEL TRANSPORTE	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
	ECONÓMICA	EMPLEO LOCAL	5/3	5/3	5/3	5/3	5/3	
		INDUSTRIA	5/3	5/3	5/6	5/3	5/3	
		NIVEL ECONÓMICA	5/6	5/6	6/6	5/3	5/3	
	CULTURAL	ÍNDOLE CULTURAL	SITIOS ARQUEOLÓGICOS	-2/3	-2/3	-6/5	-2/3	-2/3

PROPUESTA DE DISEÑO DE ASFALTO ECOLÓGICO UTILIZANDO RAP ADICIONADO CON RESINA EPOXI BISFENOL-A PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL PAVIMENTO											
ETAPAS / ACTIVIDADES (ASPECTOS AMBIENTALES)			TIPO DE PAVIMENTO					AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AGREGADO DE IMPACTO	
			PAVIMENTO RAP + RESINA EPOXI BISFENOL-A								
MEDIO / COMPONENTE / FACTOR AMBIENTAL			AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	RAP	CEMENTO ASFÁLTICO	Resina Epoxi bisfenol-A				
			FÍSICO	AGUA	CALIDAD DE AGUA	-12	-12	-8	-9	-15	0
CALIDAD DE SEDIMENTOS	-12	-12			-12	-9	-16	0	5	-61	
SUELO	ESTABILIDAD DEL TERRENO	-12		-12	-12	-15	-20	0	5	-71	
	CALIDAD DEL SUELO	-16		-16	-20	-9	-20	0	5	-81	
AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-15		-15	-20	-12	-18	0	5	-80	
	NIVELES DE RUIDO	-12		-12	-12	-15	-20	0	5	-71	
BIOLÓGICO	FLORA ACUÁTICA Y TERRESTRE		HÁBITAT	-18	-18	-21	-21	-21	0	0	-99
	FAUNA ACUÁTICA Y TERRESTRE		HÁBITAT	-16	-16	-20	-9	-12	0	5	-73
	PAISAJE		DISTRIBUCIÓN	12	12	-30	9	9	4	1	12
S O C I O E C O N Ó M I C O	S O C I A L	POBLACIÓN	CALIDAD DE VIDA	18	18	18	15	18	5	0	87
			CONFLICTOS SOCIALES	-6	-6	-6	-6	-9	0	5	-33
		SALUD	INFRAESTRUCTURA DE SALUD	15	15	25	30	36	5	0	121
		EDUCACIÓN	INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN	15	15	25	15	25	5	0	95
		SERVICIO BÁSICOS	AGUA Y DESAGUE	-6	-6	-10	20	-6	1	4	-8
	TRANSPORTE	CALIDAD DEL TRANSPORTE	20	20	20	20	20	5	0	100	
	ECONÓMICA	ACTIVIDADES ECONÓMICAS	EMPLEO LOCAL	15	15	15	15	15	5	0	75
			INDUSTRIA	15	15	30	15	15	5	0	90
			NIVEL ECONÓMICA	30	30	36	15	15	5	0	126
	CULTURAL	ÍNDOLE CULTURAL	SITIOS ARQUEOLÓGICOS	-6	-6	-30	-6	-6	0	5	-54
AFECTACIONES POSITIVAS			8	8	7	9	8				
AFECTACIONES NEGATIVAS			11	11	12	10	11			19	
AGREGADO DE IMPACTO			9	9	-32	43	-10		19	19	