

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



**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas
utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque**

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

AUTOR

Ruth Noemi Salvador Reyes

ASESOR

Anibal Teodoro Diaz Orrego

<https://orcid.org/0000-0003-2861-4015>

Chiclayo, 2024

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas
asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de
Lambayeque**

PRESENTADA POR
Ruth Noemi Salvador Reyes

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Angel Alberto Lorren Palomino
PRESIDENTE

Juan Jacobo Sanchez Bautista
SECRETARIO

Anibal Teodoro Diaz Orrego
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por ser mi fortaleza y guía en cada etapa que me ha tocado vivir, enseñándome a valorar cada proceso.

A mi madre por su apoyo incondicional, por enseñarme a ser una persona valiente, perseverante y sobre todo a ser una persona humilde.

A mi padre por sus consejos, valores y apoyo sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi hermana por estar incondicionalmente a mi lado, por su apoyo y preocupación.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por protegerme en todo momento y darme las fuerzas para lograr ser una profesional.

A mi madre por creer en mí, por la confianza y el apoyo incondicional, siempre demostrándome su amor y valentía.

A mi padre por el apoyo en mi carrera, haciendo su mayor esfuerzo por brindarme todo lo necesario.

A mi hermana por ser una gran amiga, que juntas hemos pasado momentos únicos e inolvidables.

A mi querida Universidad por permitirme ser parte de su centro de estudios y a las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida.

TESIS 2 RUTH SALVADOR

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	20 %	1 %	9 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4 %
2	creativecommons.org Fuente de Internet	3 %
3	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	es.scribd.com Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
6	pt.scribd.com Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
9	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Índice

Resumen	13
Abstract	14
Introducción	15
Revisión de literatura	17
Antecedentes internacionales	17
Antecedentes nacionales	18
Antecedentes locales	20
Bases Teóricas	20
Agregados pétreos	20
Tipos de agregados pétreos	21
Consideraciones sobre el empleo de agregados pétreos	21
Características principales de los agregados pétreos para pavimentos	22
Mezclas asfálticas	22
Clasificación de las mezclas asfálticas	23
Mezcla asfáltica en caliente (MAC)	24
RCD como filler	27
Propiedades físicas de las mezclas asfálticas en caliente	29
Propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente	31
ENSAYOS AL RCD	34
ENSAYOS DE AGREGADOS	35
ENSAYOS A LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS	43
Materiales y métodos	46
• Tipo de investigación por el propósito	46
• Tipo de investigación por el nivel	46
• Diseño de investigación	46
Población, muestra y muestreo	47
• Población	47
• Muestra	47
• Muestreo	48

Operacionalización de variables	51
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
• Técnicas de recolección de datos	53
• Instrumentos de recolección de datos	53
Metodología.....	53
• Caracterización del RCD	54
Ubicación de punto crítico de RCD – Salida Ferreñafe	55
Ubicación de punto crítico de RCD – URB. Ciudad del Chofer.....	56
Ubicación de punto crítico de RCD – Carretera a San José	57
• Ensayos al RCD.....	58
Ensayos para los agregados.....	59
• Metodología del diseño de mezcla asfáltica	66
• Diseño de mezcla asfáltica para muestra patrón	67
• Elaboración de briquetas	69
Resultados y discusión	78
Resultados de los ensayos para el agregado grueso	79
• Gravedad específica y absorción de agregados gruesos	79
• Ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles	79
• Determinación de partículas chatas y alargadas.....	80
• Contenido de sales solubles para el agregado grueso	80
• Ensayo de durabilidad	81
• Ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados	81
Resultados de los ensayos para el agregado fino	83
• Ensayo de equivalente de arena	83
• Gravedad específica en agregado fino.....	83
• Contenido de sales solubles en agregado fino.....	84
• Ensayo de durabilidad	84
• Ensayo de plasticidad	85
Elaboración de diseño de mezcla asfáltica patrón.....	85
• Análisis granulométrico de los agregados.....	85

Resultado del diseño de mezcla patrón	87
Presentación gráfica del diseño asfáltico – muestra patrón	88
Resultado del diseño de mezcla con 1%RCD	89
Presentación gráfica del diseño asfáltico con 1%RCD.....	90
Resultado del diseño de mezcla con 3%RCD - %PEN.....	91
Presentación gráfica del diseño asfáltico con 3%RCD.....	92
Resultado del diseño de mezcla con 5%RCD - %PEN.....	93
Presentación gráfica del diseño asfáltico con 5%RCD.....	94
Resultado del diseño de mezcla con 7%RCD - %PEN.....	95
Presentación gráfica del diseño asfáltico con 7%RCD.....	96
Resultado del ensayo Marshall.....	97
Mezcla asfáltica patrón.....	97
Mezcla asfáltica – 1%RCD.....	97
Mezcla asfáltica – 3%RCD.....	98
Mezcla asfáltica – 5%RCD.....	98
Mezcla asfáltica – 7%RCD.....	99
Resultado del peso específico de las mezclas asfálticas	99
Mezcla asfáltica patrón.....	99
Mezcla asfáltica – 1%RCD.....	100
Mezcla asfáltica – 3%RCD.....	100
Mezcla asfáltica – 5%RCD.....	101
Mezcla asfáltica – 7%RCD.....	101
Comparación del diseño asfáltico	102
Conclusiones	103
Recomendaciones	105
Referencias.....	106
Anexos	109

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Forma y Angulosidad.....	22
Ilustración 2: Gravedad específica aparente [21]	30
Ilustración 3: Gravedad específica seca bulk	30
Ilustración 4: Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk	31
Ilustración 5:Diseño de investigación	46
Ilustración 6: Esquema de investigación	47
Ilustración 7: Calculo del programa G*Power.....	48
Ilustración 8: Punto Crítico N° 01	55
Ilustración 9: <i>Residuos de la construcción y demolición en el punto crítico 01</i>	55
Ilustración 10: Punto Crítico N° 02.....	56
Ilustración 11: <i>Residuos de la construcción y demolición en el punto crítico 02</i>	56
Ilustración 12 Punto Crítico N° 03.....	57
Ilustración 13: Residuos de la construcción y demolición en el punto crítico 03	57
Ilustración 14: <i>Reduciendo el tamaño de los bloques con comba</i>	58
Ilustración 15: Residuos de concreto listo para ensayarse	58
Ilustración 16: <i>Agregando el RCD a la fiola del horno después de 24h</i>	59
Ilustración 17: Muestra de RCD sacada.....	59
Ilustración 18: Tamices normalizados para la granulometría	60
Ilustración 19: Realizando el ensayo de granulometría del agregado grueso	60
Ilustración 20: Realizando el ensayo granulométrico para el agregado fino	60
Ilustración 21: <i>Resultado del agregado fino al pasarlo por los tamices correspondientes</i>	60
Ilustración 22: <i>Lavando la muestra para luego ser retenido por la malla N°4</i>	61
Ilustración 23: Muestra sumergida al agua para calcular su peso	61
Ilustración 24: Tomando nota del peso de la muestra + fiola	62
Ilustración 25: <i>Colocando la muestra en una tara</i>	62
Ilustración 26: Agregando la piedra chancada a la máquina de abrasión de los ángeles	62

Ilustración 27: Agregado grueso después del proceso de abrasión, pasando el material por el tamiz N° 10	62
Ilustración 28: Muestra de agregado para ensayo de contenido de sales	63
Ilustración 29: Agregando la solución química al agregado grueso	63
Ilustración 30: Muestra del agregado fino en decantación.....	64
Ilustración 31: Filtrando la muestra con ayuda de un embudo y el papel filtro	64
Ilustración 32: Realizando el ensayo de equivalente de arena	65
Ilustración 33: Materiales para el ensayo de equivalente de arena	65
Ilustración 34: Muestra ensaya con el índice de plasticidad	66
Ilustración 35: Humedeciendo la muestra con ayuda de la espátula.....	66
Ilustración 36: Peso de las muestras.....	69
Ilustración 37: Muestras de agregado grueso y fino	69
Ilustración 38: Mezclando el cemento asfáltico con el agregado fino y filler(cemento)	70
Ilustración 39: Temperatura tomada de la briqueta patrón 180°C	70
Ilustración 40: Briqueta lista para colocarlo al Compactador electrónico	71
Ilustración 41: <i>Elaboración de briquetas</i>	71
Ilustración 42: Compactador electrónico	72
Ilustración 43: Gata hidráulica	72
Ilustración 44: Briquetas	72
Ilustración 45: <i>Medición de las briquetas</i>	73
Ilustración 46: <i>Sacando la briqueta del agua</i>	73
Ilustración 47: Peso de briqueta	73
Ilustración 48: Ensayo de compresión Marshall	74
Ilustración 49: <i>Briquetas dentro de los bowl</i>	75
Ilustración 50: Sacando la briqueta del agua.....	75
Ilustración 51: Peso del frasco volumétrico vacío y con muestra	75
Ilustración 52: Procedimientos para el ensayo del peso específico teórico máximo de las mezclas asfálticas	76

Lista de Tablas

Tabla 1: Requerimiento para el agregado grueso	25
Tabla 2: Requerimientos para los agregados finos	25
Tabla 3: Gradación.....	26
Tabla 4: Granulometría del filler	27
Tabla 5: Causas y efectos de poca durabilidad.....	31
Tabla 6: Causas y efectos de estabilidad baja	32
Tabla 7: Causas y efectos de permeabilidad	32
Tabla 8: Causas y efectos de mala trabajabilidad.....	33
Tabla 9: Causas y efectos de mala resistencia a la fatiga	33
Tabla 10: Causas y efectos de la poca resistencia al deslizamiento.....	34
Tabla 11: Muestro.....	49
Tabla 12: Operacionalización de variables.....	52
Tabla 13: Instrumentos.....	53
Tabla 14: Valores recomendados de espesores Mínimos.....	54
Tabla 15: Coordenadas UTM – Punto Crítico N°01.....	55
Tabla 16: Coordenadas UTM – Punto Crítico N°02.....	56
Tabla 17: Coordenadas UTM – Punto Crítico N°03.....	57
Tabla 18: Características de RCD concreto	58
Tabla 19: Diseño de mezcla asfáltica para muestra patrón.....	67
Tabla 20: Diseño de mezcla asfáltica para 1% RCD	68
Tabla 21: Diseño de mezcla asfáltica para 3% RCD	68
Tabla 22: Diseño de mezcla asfáltica para 5% RCD	68
Tabla 23: Diseño de mezcla asfáltica para 7% RCD	69
Tabla 24: Resultado del ensayo peso específico relativo de sólidos del RCD.....	78
Tabla 25: Resultado del ensayo materia orgánica en suelos.....	78
Tabla 26: Resultado del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.....	79
Tabla 27: Resultado del ensayo abrasión por medio de la Máquina de Los Ángeles.....	79

Tabla 28: Resultado del ensayo de porcentaje de partículas chatas y alargadas	80
Tabla 29: Resultado del ensayo de sales solubles del agregado grueso	80
Tabla 30: Resultado del ensayo de durabilidad.....	81
Tabla 31: Resultado del ensayo de porcentaje con una cara fracturada	82
Tabla 32: Resultado del ensayo de porcentaje con dos caras fracturadas	82
Tabla 33: Resultado del ensayo de equivalente de arena	83
Tabla 34: Resultado del ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino	83
Tabla 35: Resultado del ensayo de sales solubles para el agregado fino	84
Tabla 36: Resultado del ensayo de durabilidad para el agregado fino	84
Tabla 37: Resultado del ensayo de plasticidad (Malla N°40)	85
Tabla 38: Combinación de los agregados para elaborar mezclas asfálticas	86
Tabla 39: Análisis de los resultados del diseño de mezcla patrón.....	87
Tabla 40: Análisis de los resultados del diseño de mezcla con 1% RCD - %PEN	89
Tabla 41: Análisis de los resultados del diseño de mezcla con 3% RCD - %PEN	91
Tabla 42: Análisis de los resultados del diseño de mezcla con 5% RCD - %PEN	93
Tabla 43: Análisis de los resultados del diseño de mezcla con 7% RCD - %PEN	95
Tabla 44: Ensayo Marshall – Mezcla patrón	97
Tabla 45: Ensayo Marshall – Mezcla asfáltica 1% RCD	97
Tabla 46: Ensayo Marshall – Mezcla asfáltica 3% RCD	98
Tabla 47: Ensayo Marshall – Mezcla asfáltica 5% RCD	98
Tabla 48: Ensayo Marshall – Mezcla asfáltica 7% RCD	99
Tabla 49: Resultado del peso específico – Mezcla Patrón.....	99
Tabla 50: Resultado del peso específico – Mezcla asfáltica con 1% RCD	100
Tabla 51: Resultado del peso específico – Mezcla asfáltica con 3% RCD	100
Tabla 52: Resultado del peso específico – Mezcla asfáltica con 5% RCD	101
Tabla 53: Resultado del peso específico – Mezcla asfáltica con 7% RCD	101
Tabla 54: Resultado de comparación del diseño asfáltico con el óptimo porcentaje.....	102

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Curva granulométrica de los agregados.....	86
Gráfico 2: Representación gráfica del diseño asfáltico muestra patrón	88
Gráfico 3: Representación gráfica del diseño asfáltico con 1%RCD.....	90
Gráfico 4: Representación gráfica del diseño asfáltico con 3%RCD.....	92
Gráfico 5: Representación gráfica del diseño asfáltico con 5%RCD.....	94
Gráfico 6: Representación gráfica del diseño asfáltico con 7%RCD.....	96

Índice de Esquemas

Esquema 1: Procedimiento para la hipótesis.....	50
---	----

Resumen

El propósito de este estudio es evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas que incorporan residuos de construcción y demolición (RCD) como material de relleno. Se llevó a cabo la caracterización del RCD procedente de diferentes ubicaciones en Lambayeque, optimizando su finura mediante diversos procesos. Con el objetivo de cumplir con este propósito, se diseñaron mezclas para la muestra estándar y para aquellas con adiciones de 1%, 3%, 5% y 7% de RCD como relleno. A partir de estos diseños, se fabricaron briquetas, a las cuales se les someterá a ensayos físicos y mecánicos.

Palabras clave: Mezcla asfáltica, RCD, filler

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the physical and mechanical properties of asphalt mixtures incorporating construction and demolition waste (CDW) as filler material. The characterization of CDW from different locations in Lambayeque was carried out, optimizing its fineness by means of different processes. In order to fulfill this purpose, mixtures were designed for the standard sample and for those with additions of 1%, 3%, 5% and 7% of RCD as filler. Based on these designs, briquettes were manufactured and subjected to physical and mechanical tests.

Keywords: Asphalt mixture, RCD, filler

Introducción

A nivel mundial el aumento de la población y la industrialización han causado una gran cantidad de desechos alrededor del mundo, dichos desechos generados por el sector construcción al realizarse obras de viviendas u otro tipo de infraestructuras que colaboren con el desarrollo económico y social de la población. De tal manera, en las zonas urbanas se ocasionan residuos de construcción y demolición, generando un grave impacto ambiental por la falta de lugares que cumplan la función de disposición y también por una mala organización en la gestión final. Por ejemplo, en Colombia anualmente se generan 22 millones de toneladas aproximadamente de RCD, según un cuestionario que se realizó en grandes ciudades como Cali, Medellín y Bogotá. [1]

A nivel nacional las autoridades no brindan la atención necesaria a los residuos de construcción, en otras palabras, no existe un plan de gestión y tratamiento de residuos que permitan aprovechar los beneficios que se pueden generar gracias a ello. Además, en varias ocasiones los residuos son descartados mediante vertederos no autorizados, lo cual muestra la falta de controles previos [2].

A nivel local, todas las empresas en Chiclayo tienen la responsabilidad sobre los RCD por lo tanto deben contar con licencia de construcción y/o demolición, en cambio presentan varios problemas sobre todo en las etapas de recolección, transporte, y de disposición final. Las vías en el centro urbano son muy restringidas en la ciudad, y los residuos no son clasificados, hay un almacenamiento de residuos sólidos en las vías públicas. Los botaderos no cuentan con el debido control de parte de las autoridades (Municipalidades o Minsa), también no existen programas de reciclaje siendo esto un grave problema para la población. [3]

Esta investigación tiene la finalidad de reutilizar los RCD mediante su utilización como filler en los asfaltos.

El filler es un material no arcilloso que está por debajo del tamiz N°50 que fue añadido a la mezcla con el objetivo de equilibrar y reducir el porcentaje de asfalto para lograr un requerido porcentaje de vacíos en la mezcla.

Por consiguiente, el problema de la investigación ha quedado formulado de la siguiente manera: ¿De qué manera influye en el comportamiento físico-mecánico, la utilización del RCD como relleno mineral o filler en las mezclas asfálticas?

En el aspecto ambiental, Chiclayo presenta un gran problema en cuanto al manejo de residuos de construcción y demolición, debido a que estos residuos son arrojados en diversos lugares del distrito aumentando la contaminación del aire y del suelo. Entonces, al reciclar estos

desechos se disminuye el impacto ambiental por el procedimiento de creación del filler y por los RCD.

En el aspecto económico, un mantenimiento a las vías resulta muy costoso, las vías en mal estado pueden presentar causas como: mal diseño del pavimento donde influye el clima, pero sobre todo se puede ver afectados por materiales de mala calidad que no obedezcan a los estándares establecidas en el Manual de Carreteras. La indagación sobre este tema se ha avivado debido al deseo de entender las causas y consecuencias e incluso se ha considerado la posibilidad de crear empleos destinados a llevar a cabo las distintas etapas del proceso de reutilización, como la recolección, triturado y clasificación.

En el ámbito social se reduce el impacto visual que afecta negativamente y el desorden optimizando la imagen de la ciudad, sobre todo las carreteras que se dirigen a Pimentel, Lambayeque y en lugares alejados a esta, se quiere llegar a brindar una buena utilidad a los desechos, con la finalidad de obtener una buena gestión para el manejo de los RCD beneficiando a toda la población de Chiclayo.

En el aspecto científico, en Chiclayo no existen estudios sobre la reutilización de los RCD como filler, por lo tanto, se considera necesario realizar esta investigación a fondo lo cual servirá y motivará a estudiantes y profesionales a la búsqueda de nuevas tecnologías para este tipo de reciclaje.

Finalmente, para el desarrollo de esta investigación, se planteó una serie de objetivos, los que permitirán responder a la interrogante de la formulación del problema. El objetivo principal es, evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler.

Y los objetivos específicos que contribuirán a la realización de la investigación:

- Identificar las características de los RCD para ser utilizado como filler en las mezclas asfálticas.
- Determinar el porcentaje óptimo a utilizar del RCD de concreto.
- Diseñar la mezcla utilizando RCD como filler para el asfalto.
- Comparar según resultados las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica con filler de RCD con las normas establecidas del asfalto con filler de cemento.
- Determinar el porcentaje óptimo a utilizar del RCD para el uso como filler.

Revisión de literatura

Antecedentes internacionales

Cabezas y Sandoval [4] narran la problemática presente en las vías como ahuellamiento, efectos de erosión, baja resistencia, envejecimiento prematuro, etc. Por ello, se busca investigar nuevas alternativas que contribuyan con el mejoramiento de los asfaltos. El propósito fundamental de este estudio es analizar cómo se desenvuelve la resistencia de una combinación asfáltica al integrar un filler elaborado con restos de mampostería, empleando la mezcla MDC-19. La metodología aplicada fue experimental porque se realizaron ensayos para comparar al asfalto tradicional 60/70 en contenidos de asfalto con el 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Los ensayos aplicados ayudan a comprobar la estabilidad y el flujo por medio del método Marshall obteniendo como resultado una estabilidad positiva para el porcentaje de 5.5% para la mezcla con polvo de ladrillo; mientras que para la mezcla convencional fue del 5.6%. Se concluyó que si se puede utilizar el polvo de ladrillo como filler debido a que presentó un comportamiento adecuado y similar al de una mezcla convencional.

Acosta [5] narra la problemática sobre el impacto negativo que generan los RCD al medio ambiente. Por lo tanto, se planteó como objetivo reemplazar el agregado grueso del concreto por una porción de RCD. La metodología empleada fue experimental ya que primero se indaga las características de los áridos gruesos reemplazados, después se diseñó cuatro mezclas asfálticas sustituyendo el 30% y 60% del agregado natural por RCD en la fracción fina y en la gruesa respectivamente; se analizó un ligante asfáltico 50-70 con un porcentaje asfáltico de 4.5% y 5%. Se ensayaron sus propiedades mecánicas, obteniendo como resultado en la estabilidad que reemplazando el 30% y 60% del agregado natural con un porcentaje asfáltico del 4.5% es más favorable en comparación con la mezcla patrón.

Contreras, Forero y Rojas [6] narra la problemática sobre la mala gestión y disposición de los RCD entonces en su proyecto de investigación se planteó el objetivo de agregar diversas porciones de RCA en el asfalto para capas de rodadura en pavimentos flexibles para evaluar su comportamiento mecánico. La metodología aplicada fue experimental, se diseñaron cuatro mezclas con diferentes fracciones de RCA; Mezcla I – patrón; Mezcla II – RCA como sustitución de la fracción gruesa; Mezcla III – RCA como sustitución de la fracción media y finos; Mezcla IV – RCA como sustitución total para un nivel de tráfico tipo 3. En esta investigación se obtuvo como resultado en cuanto a la estabilidad que las mezclas MDC-100AC, MDC-RCAG y MDC-100RCA en su gran mayoría están por encima o muy cerca al parámetro de diseño.

Bastidas, Sánchez y Rondón [7] en su artículo narran la problemática sobre el medio ambiente, buscando la manera de contribuir con su cuidado, plantearon el objetivo de analizar la aplicación de agregados reciclados de concreto (RCA) como reemplazo del agregado grueso. Se utilizó un cemento asfáltico 60-70 con porcentajes de 4.5%, 5.0%, 5.5% y 6.0%. La metodología empleada fue experimental, ya que se realizaron tratamientos químicos a los RCA y posterior a ello, se ejecutaron los ensayos para determinar sus propiedades. Se obtuvo como resultado que el contenido óptimo de asfalto es de 5.5%.

Suched y Thanakorn [8] en su artículo plantea como objetivo general el estudio de los materiales de relleno en el concreto asfáltico. El ligante asfáltico AC 60/70 se incorporó cemento y cenizas volantes como materiales de relleno se mezcló con piedra caliza siguiendo el método de diseño de mezcla Marshall. La metodología fue experimental ya que se varió los contenidos de relleno de cemento y/o cenizas volantes. Las mezclas de hormigón asfáltico sin relleno del AC 60/70 y el asfalto modificado con polímeros se prepararon con fines comparativos. Los ensayos que se realizaron fueron ensayo de tracción indirecta, el ensayo de módulo resiliente y el ensayo de fluencia dinámica. Las pruebas se realizan en ambientes templados húmedos. Luego, todas las pruebas se llevaron a cabo a temperatura estándar (25 C) y alta temperatura (55 C) utilizando una cámara de temperatura controlada a través de la máquina de prueba universal. Se obtuvo como resultado que el cemento y/o las cenizas volantes fueron beneficiosos en términos de resistencia mejorada, rigidez y resistencia al desprendimiento de la mezcla asfáltica. Concluyendo que, el uso combinado de cemento y cenizas volantes puede mejorar la resistencia a la formación de surcos en condiciones húmedas y de alta temperatura porque los resultados indican que los rendimientos de resistencia y rigidez

Jayvant, Brind y Ankit [9] narra la problemática de la contaminación ambiental y el impacto que genera la industria del pavimento, por lo tanto, proponen utilizar los desechos de los sectores industriales, minería y construcción en las mezclas asfálticas. La metodología empleada fue experimental, realizando diversos ensayos para determinar las propiedades llegando a la conclusión que es una mezcla óptima brindando muchos beneficios al medio ambiente y contribuyendo con la huella de carbono.

Antecedentes nacionales

Quispe [10] en su proyecto de investigación se planteó el objetivo de estudiar la influencia que produce la cal hidratada o cemento portland en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente. La metodología aplicada fue experimental porque realizaron ensayos a las muestras del cemento asfáltico con 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% por el método Marshall. El

porcentaje óptimo fue del 4.5% para una dosificación de 19% de piedra de $\frac{3}{4}$ ", 22% de piedra de $\frac{1}{2}$ ", 20% de arena natural y 39% de arena chancada. El resultado de esta investigación indicó que el porcentaje óptimo de cal hidratada como filler fue el del 3% para la relación estabilidad – flujo 2974.48 kg/cm; mientras que para el cemento fue del 4% con una relación estabilidad – flujo de 4051.60 kg/cm.

Chávez y Pezo [11] en su proyecto de investigación plantearon el objetivo de establecer el diseño teórico mezcla asfáltica en caliente aplicando las distintas clases de filler como sílices, cemento y cal, utilizando el manual de carreteras y la metodología Marshall con el fin de ser puestas a temperaturas menores a 6°C y desarrollar los diferentes ensayos, la metodología fue experimental, se utilizaron los porcentajes de cemento asfáltico 5%, 5.5%, 6% y 6.5%. El resultado de esta investigación resultó que el tipo de filler de cemento presenta mayor rigidez con menos contenido %CA, se alcanzó con un 5.9%, logrando una estabilidad de 1125 kg, un flujo de 11.5-0.01", una densidad de 2.338 gr/cm³ y una resistencia a la compresión de 3 Mpa. La sílice exhibe una disminución uniforme en su rigidez a medida que aumenta el %CA, mientras que la cal muestra una mayor rigidez con un %CA de 6.5.

Lazo y Manrique [12] narran la problemática sobre el impacto negativo que genera los RCD, por ello los autores buscaron la manera de aprovechar los RCD. El objetivo principal planteado fue analizar el desempeño de la mezcla asfáltica empleando concretos reciclados como sustitución de un porcentaje del agregado grueso. En esta investigación se recolectó concreto de $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm² de una vivienda en demolición; se utilizó un cemento asfáltico de 60/70. La dosificación para la muestra 1: Concreto reciclado 70%, agregado fino 25.5% y el cemento asfáltico 4.5%; la muestra 2: Concreto reciclado 70%, agregado fino 25% y el cemento asfáltico 5%; la muestra 3: Concreto reciclado 70%, agregado fino 24.5% y el cemento asfáltico 5.5%; la muestra 4: Concreto reciclado 70%, agregado fino 24% y el cemento asfáltico 6%. El resultado por el método Marshall para la muestra 1 se obtuvo una estabilidad de 0.89KN, para la muestra 2 de 2.53KN, para la muestra 3 de 3.43KN y para la muestra 4 de 4.23KN.

Antecedentes locales

Quispe y Saldaña [13] en su proyecto de investigación planteó el objetivo de incorporar fibra plástica para mejorar la propiedad mecánico – físico del pavimento flexible en el Pueblo Joven Santa Rosa - Chiclayo. La metodología aplicada fue experimental porque realizaron ensayos a las muestras del PET con 1%, 1.5%,2%,2.5%,3% de fibra plástica. Los hallazgos de esta investigación revelaron que la combinación MP59.30.20.49.15.31, compuesta por un 30% de piedra, 20% de confitillo, 49% de arena y 1.5% de PET, con un óptimo de 5.9% de cemento asfáltico, demostró propiedades físicas con una diferencia considerable, aproximándose a los resultados del estándar. En cuanto a las propiedades mecánicas, los resultados superaron los valores establecidos por el estándar. Por lo tanto, se sugiere la adopción de esta dosificación.

Valera [14] narra la problemática de la contaminación existente en la provincia de Chiclayo, por lo tanto, planteo como solución la utilización del polvo de ladrillo como componente del relleno o filler en la mezcla asfáltica sustituyendo a la cal hidratada en porcentajes de 20%, 40%, 60%, 80% y 100%. En esta investigación se realizó 5 tipos de diseño de mezclas, variando la dosificación de los agregados y de los cementos asfálticos, el cemento asfáltico utilizado fue PEN 60/70 con porcentajes de 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%. El porcentaje óptimo fue del 5.7% de CA para una dosificación de grava chancada 34%, arena chancada 24%, arena zarandeada 40% y filler 2% se obtuvo una estabilidad de 1350 Kg y flujo de 3.38 mm. Sustituir el polvo de ladrillo como filler no impacta la estabilidad ni el flujo de la mezcla; todos los valores se mantienen dentro de los límites establecidos por el Manual de Carreteras EG-2013. Sin embargo, en términos de adherencia y durabilidad de la mezcla asfáltica, el polvo de ladrillo muestra desventajas en comparación con la cal hidratada. Además, este cambio aumenta los costos en un 77% en comparación con la fórmula convencional.

Bases Teóricas

Agregados pétreos

Se trata de materiales granulares inertes que se utilizan con una granulometría apropiada en la creación de productos artificiales de alta resistencia, como concretos y morteros. Estos materiales se mezclan con aglomerantes de activación hidráulica, como cemento o cal, o con ligantes asfálticos. [15]

Tipos de agregados pétreos

Según [15], los tipos de agregados pétreos está dada de acuerdo con su punto de partida y a la técnica que se utiliza para su uso, teniendo la siguiente clasificación:

- a) Agregados Naturales: Estos agregados son los que se emplean posteriormente de una variación de su tamaño para lograr pasar los parámetros según su disposición final.
- b) Agregado de Trituración: Son obtenidos de la trituración de distintas piedras de canteras o también de granulometrías que han sido rechazadas de los agregados naturales, las cuales mantienen propiedades físicas adecuadas.
- c) Agregados Artificiales: Son aquellos que se consideran subproductos provenientes de procesos industriales, estas son las escorias o materiales de procedencia de demoliciones, reutilizables y reciclables.
- d) Agregados Marginales: Son los áridos que engloban a todos los materiales que no logran cumplir con ciertas especificaciones vigentes de agregados para construcción.

Consideraciones sobre el empleo de agregados pétreos

Al pretender usar agregados pétreos para construir pavimentos, se debe tener en cuenta ciertos aspectos para su adecuada funcionalidad al momento de formar parte de las capas del firme y en su implementación en la elaboración de las mezclas asfálticas. [15]

- a) Naturaleza e identificación: Evaluación petrográfica de los agregados, grado de alteración de sus componentes principales, propiedades químicas y porosidad.
- b) Propiedades geométricas: Se estudia la distribución granular de la forma y angulosidad de las partículas en base a su relación con el conjunto del esqueleto mineral.
- c) Propiedades mecánicas: Se refiere a la resistencia al desgaste y al pulimento.
- d) Ausencia de impurezas: Los agregados deben estar libres de impurezas, pues al usarlos sucios provoca degradación en ellos
- e) Inalterabilidad: Se debe evaluar las posibles degradaciones que pueden ocurrir en los agregados pétreos al usarlos, para determinar con suma precaución la aplicación de los materiales evolutivos y evitar así comportamientos inadecuados que afectan la duración de las capas.
- f) Adhesividad: Los pétreos deben ser compatibles con los ligantes asfálticos que se usarán durante la realización del pavimento, en caso de existir diversos problemas, se deben usar activantes, con el fin de asegurar un buen estado de las mezclas asfálticas.

Características principales de los agregados pétreos para pavimentos

Según [15], las diferentes características de los agregados que se debe priorizar son los siguientes:

Forma y Angulosidad: La configuración de los agregados pétreos juega un papel crucial, especialmente en relación con la estructura mineral. Se clasifican en categorías como redondeadas, irregulares, angulares, lajosas, alargadas y alargadas lajosas, según sus características. Es importante señalar que las lajosas y las alargadas lajosas (agujas) son susceptibles al deterioro durante procesos como la transpirabilidad o la compactación. Además de la forma del agregado grueso, la angulosidad también es un factor a considerar, ya que influye de manera conjunta en la textura y la resistencia del concreto, debido a su contribución al rozamiento interno.

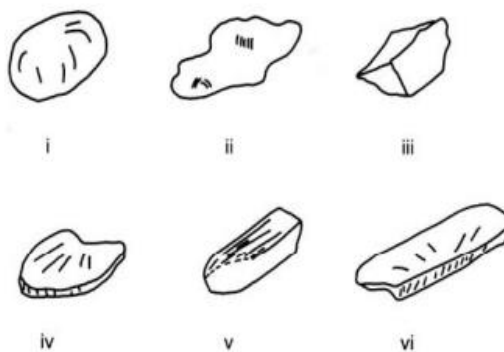


Ilustración 1: Forma y Angulosidad

Resistencia al desgaste: La propiedad mecánica del esqueleto mineral emerge como un elemento clave en la evaluación del rendimiento de una capa de firme después de su puesta en funcionamiento. La evolución de esta resistencia se evalúa a través de diversos ensayos de laboratorio. La determinación indirecta de la resistencia al desgaste se lleva a cabo mediante la ejecución de la Prueba de los Ángeles.

Mezclas asfálticas

Las mezclas asfálticas se componen aproximadamente de un 90% de agregados pétreos, tanto gruesos como finos, un 5% de polvo mineral (filler), y otro 5% de ligante asfáltico. La adecuada funcionalidad del pavimento depende crucialmente de estos componentes, y la falta de calidad en alguno de ellos repercute en el conjunto. Tanto el ligante asfáltico como el polvo mineral son los dos elementos que ejercen una mayor influencia tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total. [16]

Clasificación de las mezclas asfálticas

a) **Por Fracciones de agregado pétreo empleado.** [16]

- Masilla asfáltica: Polvo mineral más ligante.
- Mortero asfáltico: Agregado fino más masilla.
- Concreto asfáltico: Agregado grueso más mortero.
- Macadam asfáltico: Agregado grueso más ligante asfáltico.

b) **Por la temperatura puesta en obra** [16]

- **Mezclas asfálticas en Caliente:** La producción implica el uso de asfaltos a temperaturas elevadas, alrededor de los 150 grados centígrados. Se calientan los agregados en función de la viscosidad del ligante para evitar que el asfalto se enfríe al entrar en contacto con ellos. La aplicación en el sitio se lleva a cabo a temperaturas significativamente superiores a las ambientales, de lo contrario, estos materiales no pueden extenderse ni compactarse de manera adecuada.
- **Mezclas asfálticas en frío:** Por lo general, se emplea una emulsión asfáltica como ligante, ya que en algunos lugares aún se utilizan los asfaltos fluidificados. La aplicación en el sitio se lleva a cabo a temperatura ambiente.

c) **Por la proporción de vacíos en la mezcla asfáltica.** [16]

Este factor suele ser esencial para prevenir deformaciones plásticas causadas por la carga y las fluctuaciones térmicas.

- Mezclas Cerradas o Densas: La proporción de vacíos no supera el 6 %.
- Mezclas Semi-cerradas o Semi-densas: La proporción de vacíos está entre el 6 % y el 10 %.
- Mezclas Abiertas: La proporción de vacíos supera el 12 %.
- Mezclas Porosas o Drenantes: La proporción de vacíos es superior al 20 %

d) **Por el Tamaño máximo del agregado pétreo.** [16]

- Mezclas gruesas: Las dimensiones máximas del agregado pétreo superan los 10 mm.
- Mezclas Finas: Conocidas también como microaglomerados y/o morteros asfálticos, estas son mezclas compuestas principalmente por un árido fino que incluye polvo mineral y un ligante asfáltico. El espesor mínimo con el que se debe extender la mezcla es determinado por el tamaño máximo del agregado pétreo, siendo aproximadamente el doble al triple de ese tamaño máximo.

e) **Por la Estructura del agregado pétreo.** [16]

- Mezclas con Esqueleto mineral: Cuentan con un esqueleto mineral robusto, y su resistencia, derivada del rozamiento interno de los agregados, es significativa. Esto se observa, por ejemplo, en las mezclas abiertas y en aquellas genéricamente llamadas concretos asfálticos. Aunque en estos últimos, una parte de la resistencia también se atribuye a la masilla.
- Mezclas sin Esqueleto mineral: La resistencia de estas mezclas no proviene de un esqueleto mineral fuerte, sino que se debe exclusivamente a la cohesión de la masilla. Ejemplos incluyen los diversos tipos de masillas asfálticas.

f) **Por la Granulometría.** [16]

- Mezclas Continuas: Una distribución amplia de agregados pétreos de varios tamaños dentro del rango granulométrico.
- Mezclas Discontinuas: Una presencia escasa de diversos tamaños de agregado pétreo dentro del rango granulométrico.

Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Podemos describir una mezcla asfáltica en caliente como la fusión de un ligante hidrocarbonado con los agregados, que incluyen el polvo mineral y, en ocasiones, aditivos. En este proceso, todas las partículas deben quedar envueltas por la fina capa de ligante. La fabricación de esta mezcla implica calentar tanto el ligante como los agregados. [17]

Este tipo de mezcla asfáltica encuentra aplicación en la construcción de carreteras, ya sea en vías urbanas o en aeropuertos, siendo utilizada tanto en las capas de rodadura como en las capas inferiores. Además, hay variaciones dentro de las mezclas asfálticas que resultan de la incorporación de asfaltos modificados, los cuales alteran su composición en un rango del 3% al 10% en volumen de asfalto. [17] De acuerdo con las Especificaciones Generales EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, los componentes de una mezcla asfáltica en caliente incluyen:

a) Agregado grueso

Se clasifican como agregados gruesos aquellas partículas que quedan retenidas en la malla N° 4, y estas partículas deben tener propiedades que evitan que la capa de material asfáltico se despegue debido al agua o al tránsito. En caso de que surja esta situación, es necesario emplear aditivos mejoradores de adherencia, y se deben satisfacer los criterios establecidos en la Tabla N° 1.

Tabla 1: Requerimiento para el agregado grueso

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3000
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: Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción [18]

b) Agregado fino

Agregados finos se refiere a materiales cuya granulometría atraviesa la malla N° 4 y queda retenida en la malla N° 200. Este material debe consistir en partículas limpias con superficies rugosas moderadamente angulares, exentas de agrupaciones de arcillas u otros elementos aglutinantes. Los requisitos específicos para este material se encuentran detallados en la Tabla N° 2.

Tabla 2: Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx	8 máx
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín	35 mín
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	4 máx	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Absorción* *	MTC E 205	0.5% máx	0.5% máx

Fuente: Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción [18]

c) Gradación para mezcla asfáltica en caliente

La distribución de tamaños de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica en caliente (MAC) debe ajustarse a uno de los husos granulométricos mencionados en la Tabla N° 3, considerando tanto el tráfico previsto como el tamaño máximo nominal del agregado.

Tabla 3: Gradación

Tamiz	Porcentajes que pasa		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N° 10)	29-45	38-52	43-61
425 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: Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción [18]

d) Relleno mineral o filler

El Sistema de Clasificación de Suelos, o SCUS, puede entenderse como la fracción del agregado pétreo que atraviesa el tamiz #200 y se presenta en forma de polvo mineral.

Su naturaleza es pulverulenta preparado especialmente para usarlo en mástico para mezclas asfálticas. Actúa como un recurso que puede variar su consistencia y propiedades mecánicas como es el caso de la mezcla asfáltica, el cual al encontrarse dentro de él se denomina relleno. [14]

Características filler

- **Finura**

El polvo mineral cumple con el objetivo de rellenar, donde depende del volumen de vacíos existiendo después de completar la compactación de la estructura granular y de su distribución granulométrica y partículas de grandes tamaños.

La aparente densidad del polvo mineral es una medida probable de diferentes finuras de polvo, cualidad de gran importancia para los requerimientos de la mezcla final. En algunas normas aparece comprendida entre 0.5 a 0.8 g/cm³.

- **Modificación reológica**

Su empleo aumenta su capacidad de resistencia a las imperfecciones de la mezcla asfáltica, sin afectar la naturaleza viscosa del ligante, causando así el incremento de la resistencia al corte de dichas mezclas.

- **Procedencia del polvo mineral**

Procede de los agregados al separar por diferentes ciclones del lugar de fabricación, o se elabora como un producto comercial preparado especialmente que se aporta externamente a la mezcla.

El polvo que se adhiere a los agregados tras su paso por el secador de la planta asfáltica, no puede rebasar el 2% de la masa de la mezcla. Si se asegura que los agregados de donde se extrae cumplen con las condiciones mínimas exigidas, se puede rebajar su aportación mínima.

Tipos de filler

Según el Manual EG-2013 del MTC, se usan como filler la cal hidratada, así como el cemento portland, polvo de roca, polvo de escoria, ceniza fina o loes.

- **Cal Hidratada**

Se obtiene al tratar la cal viva con agua necesaria para abastecer su compatibilidad química dando como resultado su hidratación. Considerado como hidróxido de calcio o una mezcla de hidróxido de calcio, óxido de magnesio e hidróxido de magnesio. Por razones ecológicas, se usa como cal apagada y en lechada, excepto cuando se busca reducir el contenido de agua de los suelos.

- **Cemento Portland**

Conglomerante hidráulico que al unirse con agregados, agua y fibras de acero discontinuas y discretas logran realizar una unión pétreo resistente y duradera denominada concreto. Tiene la capacidad de fraguar y endurecer gracias a las propiedades del agua para reaccionar químicamente

RCD como filler

En esta investigación, se busca emplear los residuos del concreto simple como material de relleno mineral en las mezclas asfálticas en caliente, siendo sometidos a un tamizado a través de la malla N° 50. El filler mineral debe cumplir con los requisitos de granulometría establecidos en la norma ASTM D-242, y su proceso de evaluación se lleva a cabo conforme a las normas ASTM C-546 o AASHTO T-37.

Tabla 4: Granulometría del filler

MEDIDA DEL TAMIZ	PORCENTAJE PASANTE
N° 30 (600 µm)	100
N° 50 (330 µm)	95-100
N° 200 (75 µm)	70-100

Fuente: ASTM C-546 o AASHTO T-37

El mineral filler debe estar libre de impurezas y tener un índice de plasticidad no mayor a 4. (ASTM D 242).

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) comprenden diversos materiales de construcción, siendo los de origen pétreo (concretos, morteros, ladrillos, azulejos, losetas, etc.) los más destacados tanto por su composición como por su proporción en la generación de RCD (entre el 65% y el 75%). Esta composición específica los hace susceptibles de ser valorizados y, por ende, apropiados para ser reintegrados al ciclo de vida de la construcción. [19]

La utilización de polvo de concreto reciclado se ha vuelto cada vez más frecuente como método para aprovechar los escombros generados en demoliciones o remodelaciones de estructuras construidas con este material. Anteriormente, la eliminación de bloques de concreto provenientes de demoliciones solía realizarse en áreas inadecuadas, pero el reciclaje se ha convertido en una opción más atractiva en la actualidad, gracias a sus múltiples beneficios. Este proceso implica triturar y tamizar los bloques de concreto para obtener finalmente el polvo de concreto reciclado. [20]

Pavimentos flexibles o Asfálticos

Es una clase de pavimento formada por varias capas como: la sub-rasante, la sub base, la base y la carpeta asfáltica, la cual se colocan de forma descendente, indicando que la capa superior es la que recibe la carga de los vehículos y la transmite al interior del suelo. [28]

Métodos de diseño de pavimentos flexibles

Dentro de los métodos mas utilizados para el diseño de pavimentos flexibles tenemos:

- **MÉTODO DE DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN EL INSTITUTO DEL ASFALTO**

Este método toma al pavimento como un sistema de varias capas, aplicando conceptos teóricos y experimentales a la vez datos de ensayos y programas, que a través de ella obtiene graficas que permiten un método sencillo y rápido. [29]

- **MÉTODO AASHTO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLE**

Método que se baso en procedimientos existentes, teniendo en cuenta diversos factores ambientales como la temperatura y humedad, drenaje, procedimiento de diseño, factor económico, además considero la confiabilidad del diseño los módulos de elasticidad de la subrasante y las capas del pavimento. [29]

- **MÉTODO SHELL PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES**

Método racional, estructura al pavimento como un sistema de multicapas elásticas, donde, los materiales se caracterizan por su módulo de elasticidad de Young (E) y su relación de Poisson (J.I). Para medir el tránsito lo hace por medio de ejes equivalentes. Shell indica que el pavimento puede fallar por dos motivos, el primero, que la deformación horizontal al producirse las cargas, se producirá agrietamiento en la fibra inferior de las capas; el segundo es que se producirá deformación permanente cuando la deformación vertical por compresión de la subrasante supere el límite admitido. [29]

Propiedades físicas de las mezclas asfálticas en caliente

- **Vacíos en el agregado mineral (VMA)**

Se define como el espacio ocupado por el contenido de asfalto y los huecos entre las partículas de agregado recubiertas con asfalto. El VMA se expresa como un porcentaje del volumen o del peso total de la muestra. Se refiere a los vacíos de aire presentes entre las partículas de agregado en una mezcla asfáltica compactada, e incluye los espacios llenados con asfalto. En otras palabras, el VMA representa el espacio disponible para alojar el volumen efectivo de asfalto. [21]

- **Vacíos de aire (VTM)**

El VTM se refiere al volumen de aire que permanece atrapado entre las partículas de agregado cubiertas con asfalto después del proceso de compactación. [21]

Los niveles de VTM en una muestra compactada de mezcla asfáltica deben situarse en el rango de 5.00% a 3.00%. Valores inferiores al 5.00% garantizan la impermeabilidad de la mezcla, mientras que valores superiores al 3.00% aseguran la presencia de suficientes espacios vacíos en la mezcla para la compactación adicional que experimenta durante su vida útil en la obra. [18]

- **Vacíos llenos de asfalto (VFA)**

El VFA se define como el porcentaje de espacios vacíos entre las partículas de agregado en una mezcla asfáltica, los cuales están ocupados por asfalto. La fórmula para calcular el VFA consiste en restar los vacíos de aire del VMA. [21]

Gravedad específica

Hay tres gravedades específicas distintas asociadas al diseño de las mezclas asfálticas en caliente que determinan el volumen de las partículas de agregado: [21]

a) Gravedad específica seca aparente

Comprende únicamente el volumen de las partículas de agregado y los poros internos que no se han llenado de agua tras un período de inmersión de 24 horas.

$$\text{Gravedad específica seca aparente} = \frac{\text{Peso del agregado seco}}{\text{Volumen del agregado}}$$

$$\text{Gravedad específica seca aparente} = G_{sa} = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$$

Ilustración 2: Gravedad específica aparente [21]

Donde:

- W_s : Peso del agregado seco (gr)
- V_s : Volumen del agregado (cm³)
- γ_w : Peso específico del agua (gr/cm³)

b) Gravedad específica seca bulk

Engloba tanto el volumen completo de las partículas de agregado como el volumen de los poros llenos de agua después de un periodo de inmersión de 24 horas:

$$\text{Gravedad específica Seca Bulk} = \frac{\text{Peso del agregado seco}}{\text{Volumen del agregado mas los vacíos permeables}}$$

$$\text{Gravedad específica Seca Bulk} = G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp}) \gamma_w}$$

Ilustración 3: Gravedad específica seca bulk

Donde:

- W_s : Peso del agregado seco (gr)
- V_s : Volumen del agregado (cm³)
- V_{pp} : Volumen de poros permeables al agua (cm³)
- γ_w : Peso específico del agua (gr/cm³)

c) **Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk**

Describe la proporción entre el peso del agregado en su estado saturado superficialmente seco, logrado al secar las partículas con un paño tras la inmersión, y el volumen total del agregado más los espacios permeables.

$$\text{Grav. Esp. Saturada Superficialmente Seca Bulk} = \frac{\text{Peso del agregado saturado superficialmente seco}}{\text{Volumen del agregado mas los vacíos permeables}}$$

$$\text{Gravedad específica Saturada Superficialmente Seca Bulk} = G_{SSS}b = \frac{W_{SSS}}{(V_s + V_{pp})\gamma_w}$$

Ilustración 4: Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk

Donde:

- W_s : Peso del agregado saturado superficialmente seco (gr)
- V_s : Volumen del agregado (cm³)
- V_{pp} : Volumen de poros permeables al agua (cm³)
- γ_w : Peso específico del agua (gr/cm³)

Propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente

• **Durabilidad**

La durabilidad se refiere a la capacidad de un pavimento asfáltico para mantener sus propiedades frente a variaciones en el asfalto, desgaste del agregado y separación de las capas de asfalto. Estos fenómenos son consecuencia del clima y/o del tráfico. [22]

Tabla 5: Causas y efectos de poca durabilidad

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfaltos	Endurecimientos rápido del asfalto y desintegración por pérdida de agregado
Alto contenido de vacíos debido al diseño o a la falta de compactación	Endurecimiento temprano de asfalto seguido por agrietamiento o desintegración
Agregados susceptibles al agua (hidrofilicos)	Películas de asfalto se desprende del agregado dejando un pavimento desgastado o desintegrado

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente [23]

• **Estabilidad**

La capacidad de un asfalto para soportar las cargas del tráfico sin desplazamiento o deformación define su estabilidad. Los criterios de estabilidad de un pavimento se determinan en función del tráfico previsto y se establecen después de un análisis exhaustivo de las condiciones de tránsito. [22]

Tabla 6: Causas y efectos de estabilidad baja

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

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente [23]

- **Impermeabilidad**

Se refiere a la capacidad del pavimento asfáltico para evitar la penetración de aire y agua. La durabilidad de las mezclas asfálticas compactadas destaca la importancia de la impermeabilidad; no obstante, es importante señalar que todas las mezclas asfálticas utilizadas en la construcción de carreteras exhiben algún grado de permeabilidad. [22]

Tabla 7: Causas y efectos de permeabilidad

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

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente [23]

- **Flexibilidad**

La flexibilidad del pavimento asfáltico se refiere a su capacidad para adaptarse a movimientos y asentamientos gradualmente ocurridos en la subrasante. En cualquier pavimento asfáltico, esta característica es deseable ya que todas las subrasantes tienden a asentarse bajo cargas y a expandirse debido a la expansión del suelo. Es fundamental buscar un equilibrio entre los criterios de flexibilidad y los requisitos de estabilidad. [22]

- **Trabajabilidad**

Se refiere a la facilidad con la que se puede colocar y compactar una mezcla de pavimentación.

Tabla 8: Causas y efectos de mala trabajabilidad

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

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente [23]

- **Resistencia a la fatiga**

Esta característica es la resistencia a la flexión repetida de un pavimento bajo las cargas de tránsito. Diversas investigaciones han demostrado que los vacíos relacionados al contenido de asfalto y la viscosidad de este último tienen gran efecto sobre la resistencia a la fatiga. [22]

Tabla 9: Causas y efectos de mala resistencia a la fatiga

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfalto	Agrietamiento por fatiga
Vacíos altos de diseño	Envejecimiento temprano de asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga
Falta de compactación	Envejecimiento temprano de asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga
Espesor inadecuado de pavimento	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente [23]

- **Resistencia al deslizamiento**

Es la capacidad de una superficie de carretera para reducir el deslizamiento de las ruedas de los vehículos en condiciones de humedad. La evaluación de la resistencia al deslizamiento se realiza en el lugar, utilizando una rueda estandarizada, en condiciones específicas de humedad en la superficie de la carretera y a una velocidad de 65 km/h.

Tabla 10: Causas y efectos de la poca resistencia al deslizamiento

CAUSAS	EFFECTOS
Exceso de asfalto	Exudación, poca resistencia al deslizamiento
Agregado mal graduado o con mala textura	Pavimento liso, posibilidad de hidropilano
Agregado pulido en la mezcla	Poca resistencia al deslizamiento

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente [23]

ENSAYOS AL RCD

● PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (ASTM D 854)

Equipos de laboratorio

- Fiola
- Termómetro
- Balanza
- Agua destilada
- Material del suelo pasante por el tamiz N°50

Procedimiento

Tomamos la muestra de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que ha pasado por el tamiz N°50. Luego, saturamos la muestra y la dejamos reposar durante 24 horas, asegurándonos de pesar cada fiola. Introducimos el agregado en cada fiola y la llenamos con agua destilada. Después, movemos la fiola manualmente para eliminar los posibles espacios vacíos, y la dejamos reposar por un día. Pasado ese tiempo, llenamos cada fiola hasta la marca indicada y volvemos a pesar cada una. Transferimos la muestra de las fiolas a recipientes, permitiendo que el material sedimente, y retiramos el exceso de agua con una pipeta. Finalmente, colocamos las muestras en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, retiramos las muestras del horno, las pesamos nuevamente y calculamos el peso específico relativo de los sólidos.

● MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (AASHTO T 267; MTC E 118)

Equipos de laboratorio

- Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Balanza con sensibilidad de 0.01g y con capacidad de 1200g

- Mufla, que pueda mantener una temperatura continua de 445 ± 10 °C
- Desecadores, de tamaño adecuado.

Procedimiento

Ponga la muestra en un recipiente y séquela en el horno a 110 ± 5 °C hasta que alcance un peso constante. Después de retirar la muestra del horno, muévela, colóquela en un desecador y permita que se enfríe.

Seleccione una muestra con un peso aproximado de 10 a 40 g y colóquela en crisoles tarados o platos de evaporación de porcelana, pesándola con una precisión de 0,01 g.

Introduzca el crisol o plato con la muestra en la mufla durante 6 horas a 445 ± 10 °C. Luego, saque la muestra de la mufla, colóquela en el desecador y deje que se enfríe.

Retire la muestra enfriada del desecador y pésele con una precisión de 0,01

$$\text{g.}\% \text{ de materia orgánica} = \frac{A-B}{B-C} \times 100$$

Donde:

- A es el peso inicial del crisol o plato de evaporación junto con el suelo seco antes de la ignición.
- B representa el peso posterior a la ignición del crisol o plato de evaporación con el suelo seco.
- C corresponde al peso del crisol o plato de evaporación, con una precisión de 0,01 gramos.

ENSAYOS DE AGREGADOS

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO (MTC E 204; ASTM C 136; AASHTO T 27)**

Equipos de laboratorio

- Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada,
- Tamices normalizados, seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado
- Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^\circ \pm 5^\circ\text{C}$.

Procedimiento

La prueba de granulometría comenzó con el secado de la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, se pasaron las partículas a través de una serie de tamices con aberturas de malla descendentes, dispuestos de mayor a menor abertura. Durante 5 o 10 minutos, se tamizaron los agregados y, una vez completado el proceso, se pesaron los materiales retenidos en cada tamiz. Estos datos fueron utilizados para generar las curvas granulométricas, que ofrecen una representación visual de la distribución uniforme de los tamaños de los agregados. La masa total del material después del tamizado se comparó con el peso original de la muestra ensayada. Si la diferencia supera el 0.3% con respecto al peso original de la muestra seca, el resultado no es aceptable.

$$M.F = \frac{\% \text{Retenido acumulado}}{100}$$

● **GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C 127; MTC E 206)**

Equipos de laboratorio

- Una balanza con una sensibilidad de 0.5 g para pesos hasta 5000 g, o 0.0001 veces el peso de la muestra en el caso de pesos superiores.
- Canastillas metálicas diseñadas para sumergir el agregado en agua
- Una estufa de tamaño apropiado, con la capacidad de mantener una temperatura constante de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento

La muestra de agregado se sumerge en agua durante aproximadamente 24 horas para saturar los poros de las partículas del agregado. Una vez que el agregado está saturado, se elimina el agua superficial de las partículas para obtener el peso saturado superficialmente seco. Posteriormente, se pesa la muestra mientras está sumergida en agua y, finalmente, se seca en un horno hasta alcanzar un peso constante, registrando su peso seco. Con los datos recopilados, es posible calcular el peso específico saturado superficialmente seco, el peso específico seco y la absorción del agregado.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico saturado superficialmente seco} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

- A es el peso del agregado seco al horno en condiciones de aire.
 - B representa el peso en el aire del agregado saturado superficialmente seco.
 - C es el peso del agregado saturado superficialmente seco cuando está sumergido.
- **ENSAYO DE ABRASIÓN POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (ASTM C 131; MTC E 207)**

Equipos de laboratorio

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Tamices normalizados (3/4", 1/2", 3/8" y #4)
- Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110° +/- 5°C
- Máquina de abrasión de los ángeles
- Carga abrasiva, esferas de acero con un peso entre 390 y 445g

Procedimiento

Optamos por el método B porque la distribución de tamaños del agregado se ajusta a los criterios del método B. En consecuencia, se necesitan 2500±10 gramos de agregado retenido en el tamiz de 1/2" y 2500±10 gramos de agregado retenido en el tamiz de 3/8". Para llevar a cabo la prueba, se utiliza una carga abrasiva de 11 esferas durante 500 revoluciones en un lapso de 15 minutos.

Después de completar el número predeterminado de vueltas, se descarga el contenido del cilindro y se lleva a cabo una separación preliminar utilizando el tamiz #10. La porción fina que pasa a través de este tamiz se somete a un segundo tamizado con el tamiz #10. El material más grueso que no pasa el tamiz #10 se lava, se seca en un horno a una temperatura de entre 105 y 110°C hasta alcanzar un peso constante, y se pesa con una precisión de 1 gramo.

- **DETERMINACIÓN DE LAS PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D 4791; MTC E 221)**

Equipos de laboratorio

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Tamices
- Calibrador de espesor
- Calibrador de longitud

Procedimiento

Para lograr la separación plana del material en cada fracción de prueba, se introduce cada partícula en el calibrador de aplanamiento a través de la ranura cuya abertura coincide con la fracción sometida a ensayo. Se registra el peso total de todas las partículas de cada fracción que atraviesan la ranura correspondiente (P_i).

Para lograr la separación alargada del material en cada fracción de ensayo, se introduce cada partícula en el calibrador de alargamiento a través de la separación entre barras que se ajusta a la fracción específica sometida a ensayo. Se registra el peso total de todas las partículas de cada fracción que quedan retenidas entre las barras correspondientes (P_i).

- **CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS (MTC E 219)**

Equipos de laboratorio

- Balanza con sensibilidad de 0.01 g
- Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^\circ \pm 5^\circ\text{C}$
- Mecheros
- Pipetas
- Tubos de ensayo
- Matraz aforado
- Vaso precipitado
- Solución de nitrato de plata y cloruro de bario

Procedimiento

Primero, debemos secar la muestra en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y registrar su masa como A. Luego, la muestra se coloca en un vaso precipitado, se le agrega agua destilada en cantidad suficiente para cubrirla hasta 3 cm por encima de su

nivel, y se calienta con un mechero hasta que comience a hervir. Se realiza una agitación durante 1 minuto, se repite este proceso cuatro veces en un lapso de 10 minutos.

Se lleva a cabo la decantación durante al menos 10 minutos hasta que el líquido adquiera transparencia. Posteriormente, se procede a identificar, de manera individual en dos tubos de ensayo, las sales solubles mediante la adición de reactivos químicos correspondientes. La presencia de cloruros se revela mediante la adición de unas gotas de Nitrato de Plata, lo cual genera un precipitado blanco de cloruro de Plata. En el caso de sulfatos, se utiliza cloruro de Bario, y la formación de un precipitado blanco indica la presencia de Sulfato de Bario.

Todos los líquidos sobrenadantes acumulados, una vez que se han enfriado, se transfieren a un matraz aforado y se completa el volumen con agua destilada. En caso de que el volumen sea excesivo, se concentra mediante evaporación. Se anota el aforo resultante como B. Se toma una porción medida, de entre 50 y 100 ml, de la muestra que previamente se homogeneizó en el matraz aforado y se registra su volumen como C. La porción medida se cristaliza en un horno a $100 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta alcanzar una masa constante, y se anota dicho peso como D.

$$\% \text{ Sales solubles} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B}} \times 100$$

● ENSAYO DE DURABILIDAD (ASTM C 88)

Equipos de laboratorio

- Tamices normalizados (3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #16, #30 y #50)
- Balanza de precisión 0.1g
- Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^\circ \pm 5^\circ\text{C}$

Procedimiento

Las muestras se sumergen en la solución durante un lapso que no debe ser inferior a 16 horas ni superior a 18 horas, asegurándose de que la solución quede aproximadamente a 13 mm por encima de la muestra. Se cubre el recipiente para prevenir la evaporación y la posible contaminación con sustancias externas, manteniendo una temperatura constante de $21 \pm 1^\circ\text{C}$.

Las muestras se secan, permitiéndoles escurrir durante aproximadamente 15 minutos antes de colocarlas en el horno a una temperatura de 110°C . Después de retirar

las muestras del horno para que se enfríen a temperatura ambiente, se pesan en intervalos que no sean inferiores a 4 horas ni superiores a 18 horas. Durante el lavado de la muestra, se evitan impactos que puedan causar fracturas en las partículas. Este proceso se repite, alternando la inmersión y el secado, hasta alcanzar el número necesario de ciclos.

- **ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (ASTM D 5821; MTC E 210)**

Equipos de laboratorio

- Tamices normalizados (3/4", 1/2", 3/8", #4)
- Balanza de precisión 0.1g
- Espátula
- Bowls metálicos

Procedimiento

Extienda la muestra en una superficie amplia para examinar cada partícula de cerca. En caso de que sea necesario, lave el agregado contaminado, lo cual facilitará la inspección y la identificación de partículas fracturadas.

Se preparó tres contenedores y, con la ayuda de una espátula, clasifique las partículas en aquellas con formas redondeadas y aquellas que presenten una o más de dos caras fracturadas. Cada partícula del agregado fue evaluada individualmente para determinar si tiene caras fracturadas o no, y se separa en función de estos criterios en partículas con una cara fracturada, partículas con dos o más caras fracturadas y partículas sin caras fracturadas.

- **ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419; AASHTO T 176; MTC E 114)**

Equipos de laboratorio

- Probeta graduada
- Tubo irrigador, de acero inoxidable, de cobre o bronce
- Tubo flexible, con una pinza que permite cortar el paso del líquido
- Tampón macizo que ajuste a la probeta
- Dos botellas de 1 galón, El primer recipiente está destinado a contener la solución de trabajo de Cloruro de Calcio. El tapón de este frasco cuenta con

dos aberturas, una diseñada para el tubo del sifón y la otra para permitir la entrada de aire.

- Dispositivo para tomar lecturas
- Reloj o cronómetro, para lecturas de minutos y segundos.

Procedimiento

Vierte la solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro de plástico graduado, utilizando el sifón, hasta alcanzar una altura de $4 \pm 0,1$ ". Añade la muestra de ensayo al cilindro graduado mediante un embudo. Golpea varias veces el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas de aire y asegurar que la muestra se empape por completo. Permite que repose durante 10 ± 1 minutos. Al finalizar este período de humedecimiento, cierra el cilindro con un tapón y libera el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo simultáneamente.

Después de liberar el material del fondo, agita el cilindro manteniéndolo en posición horizontal y realiza movimientos lineales vigorosos de extremo a extremo. Realiza aproximadamente 90 ciclos de agitación en 30 segundos. Inmediatamente después de agitar, coloca el cilindro en posición vertical sobre la mesa y retira el tapón.

Durante el proceso de irrigación, asegura que el cilindro esté en posición vertical y en contacto con la superficie de trabajo. Coloca el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, afloja la pinza de la manguera y lava el material de las paredes del cilindro mientras desciende el irrigador. Este debe llegar hasta el fondo del cilindro, aplicando suavemente una presión y giro mientras la solución de trabajo fluye. Esto eleva el material fino desde el fondo y lo suspende sobre las partículas más gruesas de arena. Regula el flujo justo antes de retirar por completo el tubo irrigador y ajusta el nivel final a la lectura de 15".

Deja reposar el cilindro y su contenido durante 20 minutos \pm 15 segundos, comenzando a medir el tiempo inmediatamente después de retirar el tubo irrigador. Al finalizar los 20 minutos de sedimentación, registra el nivel de la parte superior de la suspensión arcillosa.

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

- **GRAVEDAD ESPECÍFICA EN AGREGADOS FINOS (ASTM C 128)**

Equipos de laboratorio

- Recipiente de aluminio
- Matraz
- Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110° +/- 5°C

Procedimiento

Tomamos una muestra de 1000 gramos de agregado fino y la secamos hasta alcanzar un peso constante. Luego, sumergimos la muestra en agua durante 24 horas. Posteriormente, extendemos la muestra en una superficie plana y la exponemos a una corriente de aire caliente. La condición de saturación superficialmente seca se logra cuando el material cae al invertir el cono en el que la muestra fue suavemente compactada. Aproximadamente, 500 gramos del material en esta condición se colocan en un matraz que se llena con agua. Luego, se retira el agregado del matraz y se seca en el horno hasta alcanzar un peso constante.

La gravedad específica se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad específica seca aparente } Gsa = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Gravedad específica seca bulk } Gsb = \frac{A}{B + D - C}$$

$$\text{Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk } Gssb = \frac{D}{B + D - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{D - A}{A} \times 100$$

Donde:

A peso en el aire del agregado seco al horno, gr.

B peso del matraz (picnómetro) con agua, gr.

C peso del matraz (picnómetro) con el agregado y agua hasta la marca, gr.

D Peso del material saturado superficialmente seco (500+10 gr)

- **ÍNDICE DE PLASTICIDAD (ASTM 4318; MTC E 111)**

Equipos de laboratorio

- Vasija de porcelana
- Cuchara de Casagrande
- Acanalador

- Taras metálicas
- Balanza con precisión de 0.1gr
- Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Espátula de hoja flexible
- Piseta
- Tamiz #40
- Vidrio esmerilado
- Varilla de 3mm de diámetro
- Agua destilada

Procedimiento

Se obtuvo una muestra representativa de alrededor de 200 gramos de agregado que pasa a través de la malla #40. Se humedece el material y, utilizando una espátula, se dispuso en la cuchara de Casagrande formando una superficie horizontal. Con el acanalador, se dividió la muestra en la cuchara de Casagrande, creando una ranura en el material. Luego, giramos la manija de la cuchara de Casagrande a una velocidad de 1.9 - 2.1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de la muestra se unieron en la base de la cuchara a lo largo de 13 mm. Se registró el número de golpes necesarios para cerrar la ranura y se tomó una muestra, la cual fue colocada en una tara para calcular su contenido de humedad.

Además, se extrajo una muestra de aproximadamente 20 gramos del agregado fino que pasa a través del tamiz N°40. Se le añadió agua para amasarla en una esfera y luego se formó un cilindro con un diámetro de 3 mm.

ENSAYOS A LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

- **PESO ESPECÍFICO APARENTE Y PESO UNITARIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EMPLEANDO ESPECÍMENES SATURADOS CON SUPERFICIE SECA (MTC E 514)**

Equipos de laboratorio

- Balanza
- Canastilla
- Franela
- Baño maría

Procedimiento

Se estableció el peso en el aire de los especímenes después de haber sido secados. Posteriormente, los especímenes fueron sumergidos en un baño maría a una temperatura de 25°C durante un intervalo de 3 a 5 minutos, y luego se colocaron en una canastilla para determinar su peso sumergido.

Después de retirar los especímenes del agua, se procedió a secarlos con una franela hasta lograr que la superficie estuviera completamente seca, alcanzando así la condición de saturación superficialmente seca.

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

Equipos de laboratorio

- Vernier
- Máquina de carga a compresión Marshall
- Baño maría
- Horno
- Aceite

Procedimiento

Con la ayuda de un vernier, se registraron las dimensiones de los especímenes, obteniendo 4 diámetros, de los cuales 2 son diámetros superiores y 2 son diámetros inferiores; además, se obtuvieron 4 valores de altura de los especímenes. Los factores de corrección de los especímenes Marshall fueron determinados utilizando la tabla proporcionada.

Posteriormente, se colocaron los especímenes en un horno a una temperatura de 60 ± 1 °C durante un periodo de 120 a 130 minutos. Se lubricaron las caras internas del cabezal de rotura para permitir un deslizamiento libre sobre los especímenes compactados. Después de transcurridos los 120 minutos en el horno, se retiraron y se introdujeron en el cabezal de rotura.

La máquina de carga a compresión se configuró para aplicar una carga de compresión a una velocidad de 50 mm/min hasta que la carga disminuye. Se registraron los valores de carga máxima (estabilidad) y la deformación correspondiente a la carga máxima (flujo).

- **PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS (MTC E 508)**

Equipos de laboratorio

- Recipientes
- Balanza
- Bomba de vacío o aspirador de agua
- Manómetro o medidor de vacío

Procedimiento

Separar las partículas de la muestra con precaución para evitar la fractura de las partículas minerales. Enfriar la muestra hasta alcanzar la temperatura ambiente, colocarla en un recipiente y pesarla. Designar este peso neto como A. Agregar suficiente agua, aproximadamente a 25 °C, para cubrir la muestra.

Utilizar el picnómetro plástico de tamaño grande sin necesidad de enfriar la muestra. Agregar agua a cualquier temperatura conveniente hasta aproximadamente la mitad del domo de la tapa para reducir el tiempo de evacuación. Eliminar el aire atrapado aplicando un vacío parcial de 30 mm de Hg (4 kPa) o menos de presión absoluta durante 5 a 15 minutos. Agitar el recipiente con los contenidos, ya sea de forma continua mediante un dispositivo mecánico o manualmente con agitación vigorosa en intervalos de aproximadamente dos minutos.

Sumergir el recipiente en un baño de agua y determinar su peso después de una inmersión de 10 ± 1 minuto. Medir la temperatura del baño y, si difiere de 25 ± 1 °C, corregir el peso a 25 °C utilizando el ajuste por temperatura de calibración desarrollado en el numeral 6.1.1. Designar el peso neto de la muestra en el agua a 25° C como C.

Llenar el picnómetro con agua a una temperatura similar a la de los contenidos, insertar el tapón con respiradero y secar el exterior utilizando la misma técnica. El tiempo empleado para verter suavemente el agua final y para el secado debe ser igual al tiempo de calibración dentro de ± 1 minuto. Determinar el peso del picnómetro completamente lleno y designar este peso total como G. Retirar el tapón ventilado y registrar la temperatura del agua.

Materiales y métodos

- **Tipo de investigación por el propósito**

Es una forma de investigación aplicada según su propósito, porque indaga las aplicaciones y aprovecha los conocimientos de una o más áreas temáticas con la finalidad de satisfacer necesidades para dar solución a específicos problemas en áreas sociales. Se utilizó teorías y conocimientos obtenidos de las normas ASTM D422 (MTC E 107-2000), ASTM C-131, ASTM C-535 (MTC E 207 – 2000), ASTM C-127, AASHTO T-85 (MTC E 206 – 2000), etc.

La investigación aplicada se enfoca de manera específica en la aplicación o uso práctico de los conocimientos. Durante su progreso, se adquieren nuevos conocimientos para abordar problemas particulares en diversas investigaciones. (Ríos, 2017, p. 88).

- **Tipo de investigación por el nivel**

Esta investigación se clasifica como explicativa en términos de su nivel de estudio, ya que proporciona una idea general y utiliza la investigación como una herramienta orientadora para anticipar posibles problemas en el futuro. Una investigación explicativa, también conocida como de causalidad, identifica la causa de un comportamiento a través de la relación entre variables. (Ríos 2017, p. 88).

- **Diseño de investigación**

El diseño de esta investigación es cuasi-experimental, ya que las muestras o grupos de estudio no han sido elegidos de forma aleatoria. Los diseños cuasi-experimentales más comúnmente empleados siguen una lógica similar e incluyen la comparación entre grupos de tratamiento y control, al igual que en los ensayos aleatorios.

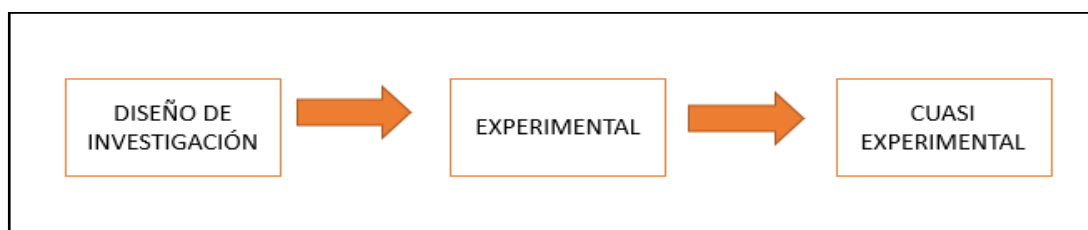


Ilustración 5: Diseño de investigación

La investigación experimental se lleva a cabo cuando el investigador tiene control y manipula el comportamiento de las variables. Su objetivo principal es analizar y describir los efectos de un estímulo, causa o intervención específica. (Ríos Ramírez, 2017, p.90).

El diseño de la presente investigación está conformado por un grupo de control y un post prueba, siendo su esquema el siguiente:

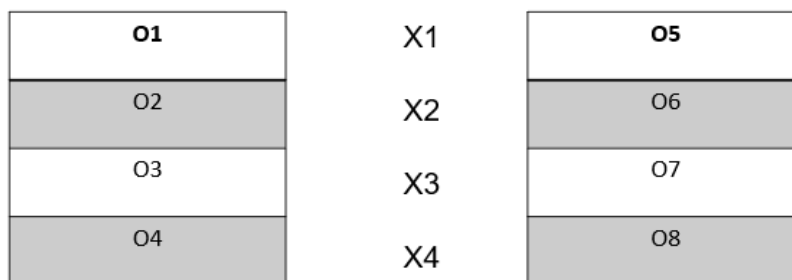


Ilustración 6: Esquema de investigación

Donde:

O1, O2, O3 Y O4: Grupo de sujetos (briquetas de mezcla asfáltica).

X1: Adición del 1% de RCD como filler

X2: Adición del 3% de RCD como filler

X3: Adición del 5% de RCD como filler

X4: Adición del 7% de RCD como filler

O5, O6, O7 y O8: Resultados tras los ensayos de las propiedades físico-mecánicas de las briquetas de mezcla asfáltica con adición de RCD como filler.

Población, muestra y muestreo

● **Población**

La población de esta investigación serán las mezclas asfálticas elaboradas con filler de RDCs con la finalidad de evaluar sus propiedades físicas y mecánicas.

Se considera que la población tendrá una muestra patrón y una muestra alterada haciendo uso de distintos porcentajes de RCD como filler con el fin de poder optimizar la mejora de las mezclas asfálticas.

También se utiliza el término "universo" para describir el conjunto de elementos, ya sean seres, objetos o cosas, que son objeto de estudio en una investigación. Estos elementos comparten características comunes que los distinguen (Hernández et al., 2014, p. 174).

● **Muestra**

Para el cálculo de la muestra lo hemos realizado por medio del programa G*Power 3.1.9.7, que toma en cuenta a las variables independientes. En esta investigación la variable independiente cuenta con 5 grupos que variará el porcentaje de adición.

The screenshot shows the G*Power 3.1.9.7 interface. The main window displays the following information:

Central and noncentral distributions | Protocol of power analyses

[9] -- Saturday, October

F tests – ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way

Analysis: A priori: Compute required sample size

Input:

Effect size f	= 0.42
α err prob	= 0.05
Power (1- β err prob)	= 0.80
Number of groups	= 5

Output:

Noncentrality parameter λ	= 13.2300000
Critical F	= 2.5026565
Numerator df	= 4
Denominator df	= 70
Total sample size	= 75
Actual power	= 0.8156852

Buttons: Clear, Save, Print

Test family: F tests

Statistical test: ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way

Type of power analysis: A priori: Compute required sample size - given α , power, and effect size

Input Parameters:

Determine =>	Effect size f	0.42
	α err prob	0.05
	Power (1- β err prob)	0.80
	Number of groups	5

Output Parameters:

Noncentrality parameter λ	13.2300000
Critical F	2.5026565
Numerator df	4
Denominator df	70
Total sample size	75
Actual power	0.8156852

*Ilustración 7: Cálculo del programa G*Power*

Para el cálculo se ha considerado un cálculo a priori que calcula el tamaño muestral requerido, teniendo en cuenta que se han tomado como datos el efecto de 0.42 por ser un efecto de tamaño largo a partir de 0.40, un error de probabilidad de 0.05, que en nuestro caso se busca un bajo error en la investigación, una potencia 0.80 siendo este un dato estándar en ciencias y se tiene el número de grupos que se van a comparar, que en nuestro caso son 5 grupos, dándonos un resultado de 75 muestras.

- **Muestreo**

El muestreo es no probabilístico por juicio de expertos, porque será de acuerdo con el criterio del investigador, donde la literatura de temas similares y según la metodología Marshall indica que para realizar el diseño de muestras asfálticas se utilizara de 3 a 5 briquetas por cada mezcla asfáltica, entonces a criterio y en base a la mayoría de investigadores se ha tomado 3 muestras por diseño.

El muestreo será de 75 briquetas de mezcla asfáltica las cuales serán compactadas con 50 golpes, que según normativa del Manual de Carreteras la cantidad de golpes corresponde para un tráfico medio, la cual es un tráfico ideal para ser investigado por encontrarse entre el tráfico ligero y pesado, los especímenes una vez elaborados se procederá a tomar las medidas y pesos respectivos para poder realizar el ensayo de peso específico, ensayo Marshall donde se evaluará la estabilidad y el flujo y el ensayo Rice.

Tabla 11: Muestro

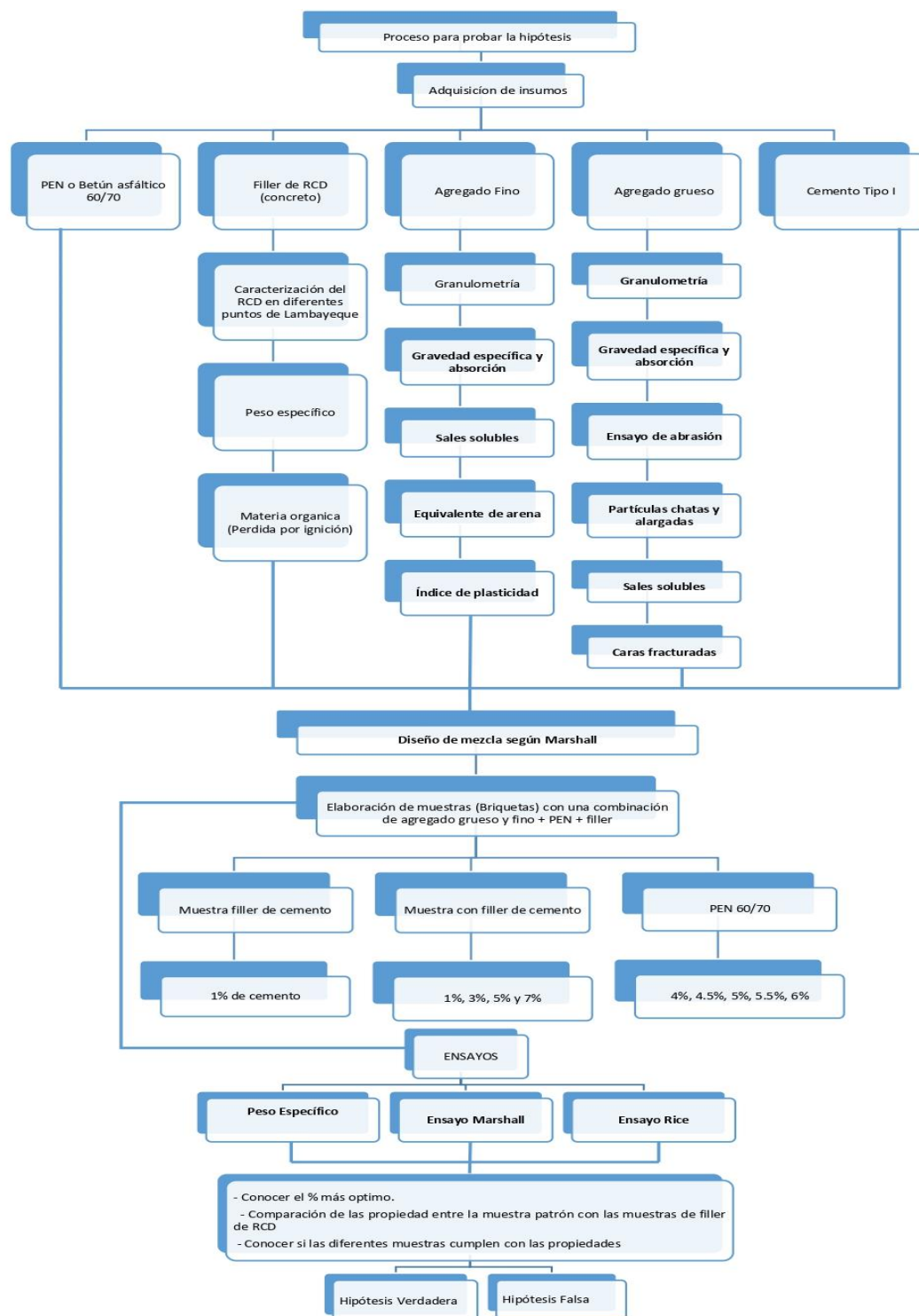
CANTIDAD DE MUESTRAS			
% VARIABLES		BRIQUETAS	
% de Adición	% de PEN	Muestras por cada % de PEN	Total de muestras por cada % de RCD
1% RCD	4.0%	3	15
	4.5%	3	
	5.0%	3	
	5.5%	3	
	6.0%	3	
1% RCD (concreto)	4.0%	3	15
	4.5%	3	
	5.0%	3	
	5.5%	3	
	6.0%	3	
3% RCD (concreto)	4.0%	3	15
	4.5%	3	
	5.0%	3	
	5.5%	3	
	6.0%	3	
5% RCD (concreto)	4.0%	3	15
	4.5%	3	
	5.0%	3	
	5.5%	3	
	6.0%	3	
7% RCD (concreto)	4.0%	3	15
	4.5%	3	
	5.0%	3	
	5.5%	3	
	6.0%	3	
TOTAL DE MUESTRAS			75

Fuente: Propio

- **Hipótesis**

El filler de RCD en diferentes porcentajes lograran cumplir con las propiedades de la mezcla asfáltica según ensayos a realizar.

Esquema 1: Procedimiento para la hipótesis



Fuente: Propio

Operacionalización de variables

- **Variable independiente**
Cemento, Residuos de construcción y demolición de concreto cómo filler
- **Variable dependiente**
Propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas para tránsito ligero (clase de mezcla B)
- **Variable interviniente**
Propiedades físicas y mecánicas de los agregados;

Tabla 12: Operacionalización de variables

Variable		Dimensión	Indicadores	Instrumento	Índice
Tipo	Descripción				
Independiente	Residuos de construcción y demolición como filler	Caracterización de los residuos de construcción y demolición como filler	Finura del RCD	Tamizado	$\geq 0.297\text{mm}$
			Cantidad de RCD	Balanza electrónica	% en peso
			Determinar materia organica	Ensayo de Materia Organica	%
			Determinar la gravedad especifica	Ensayo de Peso Especifico	%
Dependiente	Propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas	Caracterización del relleno mineral filler	Determinar su porcentaje optimo	Balanza electrónica	%
			Caracterización del cemento asfáltico	Determina su porcentaje optimo	Ficha Tecnica
		Caracterización de la mezcla Asfáltica	Determinar su Peso Especifico	Balanza electrónica, canastilla, bernier	gr/cm ³ - %
			Determina el porcentaje optimo de asfalto	Método de Ensayo Marshall	%
			Determinar su Peso Especifico Teorico	Ensayo Rice	%
Intervinientes	Propiedades físicas y mecánicas de los agregados	Caracterización de los agregados	Granulometría	Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)	%
			Degradación de los agregados por acción de la abrasión	Ensayo de abrasión por medio de la Maquina de los Ángeles	%
			Determina la gravedad especifica de bulk y el índice de absorción	Ensayo de gravedad especifica y absorción de agregados gruesos	gr/cm ³ - %
			Determinar caras fracturas del agregado	Ensayo de porcentaje de caras fracturadas	%
			Determinar las partículas chatas y alargadas	Ensayo para determinar las partículas chatas y alargadas	mm
			Determinar contenido de sales en el agregado fino y grueso	Ensayo de contenido de sales solubles en agregados	%
			Determina el índice de plasticidad del agregado fino	Ensayo del índice de plasticidad	-
			Determinar el contenido de humedad en el agregado fino y grueso	Ensayo del contenido de humedad	%
			Determinar el contenido de arcillas y arenas en el agregado fino	Ensayo equivalente de arena	%
			Índice de durabilidad en el agregado fino y grueso	Ensayo Índice de durabilidad	%

Fuente: Propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Técnicas de recolección de datos**

En el desarrollo de este estudio se utilizarán las siguientes metodologías:

- La observación experimental, dado que las variables fueron deliberadamente manipuladas por los encargados del proyecto.
- La revisión de proyectos de investigación y artículos, donde se accederá a fuentes primarias, incluyendo antecedentes y estudios previos, así como a fuentes secundarias como normas, manuales, libros y revistas.
- La aplicación de procedimientos estandarizados en los ensayos y pruebas.

- **Instrumentos de recolección de datos**

Tabla 13: Instrumentos

RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTOS	VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD
Observación	Guía de fotos	Juicio de expertos
Análisis de bibliografía	Tesis, artículos, revistas, etc.	Juicio de expertos
Ensayos de la mezcla asfáltica	Ficha de recolección de datos	Juicios de expertos NTP Calibración de equipos

Fuente: Propia

Metodología

Se ha considerado la normativa ASHTO 93 para elegir el valor de 80 mm de espesor de carpeta asfáltica para pavimentos flexibles [27], cabe resaltar que, esta investigación no se centra en el estudio de tráfico sino en los materiales empleados para los pavimentos, es por eso que se ha buscado un valor más real, teniendo en cuenta el análisis realizado en [26], que se centra en calcular los ejes equivalentes acumulados calculado a través de un estudio de tráfico.

Tabla 14: Valores recomendados de espesores Míminos

Valores recomendados de Espesores Míminos de Capa Superficial y Base Granular

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio:	150 mm
	TP2	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio:	150 mm
	TP3	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	TP4	750,001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	TP5	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	TP6	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	TP7	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	TP8	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	TP9	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	TP10	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	TP11	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	TP12	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	TP13	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	TP14	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

- **Caracterización del RCD**

- **Criterios de Selección**

Residuos de Construcción y Demolición

Para la elección del material de RCD, previamente se optó por identificar puntos críticos para tener un mapeo de las áreas a visitar, se visitaron diferentes botaderos de Lambayeque, posteriormente se optó por utilizar concreto previamente triturado y tamizado por debajo la malla N° 50 debido a que éste reemplazará al filler, por ende, se busca asemejar el tamaño de las partículas de concreto requerido.

Ubicación de punto crítico de RCD – Salida Ferreñafe

Tabla 15: Coordenadas UTM – Punto Crítico N°01

COORDENADAS UTM		
Norte	Este	Elevacion
9253518.3	631471.18	33 msnm

Fuente: Propia



Ilustración 8: Punto Crítico N° 01

En el punto crítico N° 01 visitado que se encuentra a la salida Ferreñafe se pudo observar la presencia de RCD específicamente muros de albañilería en su gran mayoría, teniendo así aproximadamente un volumen de 15m³.

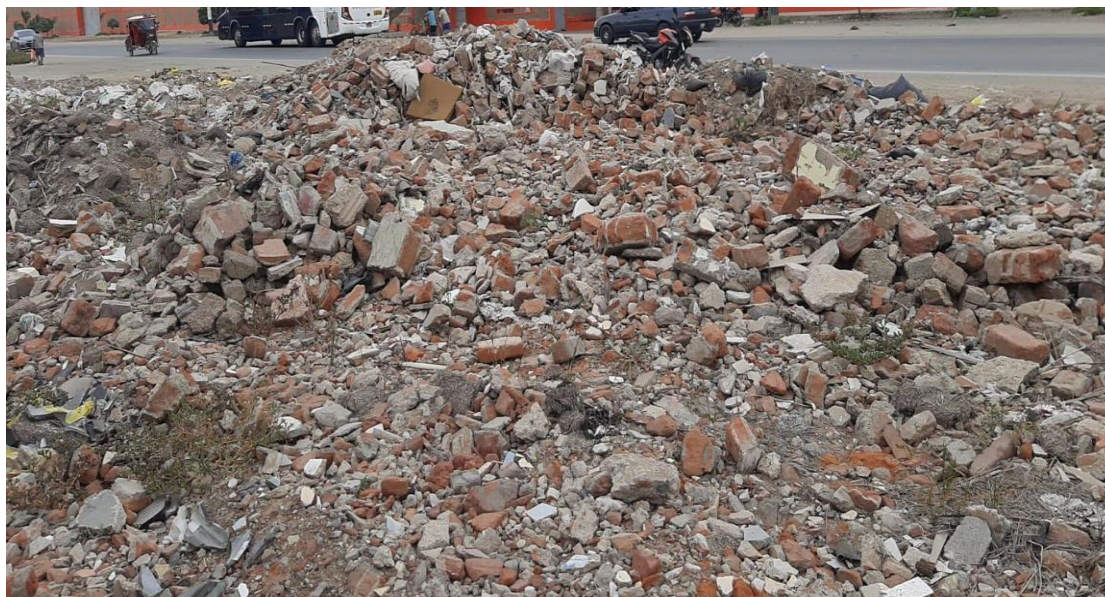


Ilustración 9: Residuos de la construcción y demolición en el punto crítico 01

Ubicación de punto crítico de RCD – URB. Ciudad del Chofer

Tabla 16: Coordenadas UTM – Punto Crítico N°02

COORDENADAS UTM		
Norte	Este	Elevacion
9252575	625122	22 msnm

Fuente: Propia



Ilustración 10: Punto Crítico N° 02

En el punto crítico N° 02 visitado se pudo observar la presencia de RCD específicamente concreto en su gran mayoría teniendo así aproximadamente un volumen de 1.5m³.



Ilustración 11: Residuos de la construcción y demolición en el punto crítico 02

Ubicación de punto crítico de RCD – Carretera a San José

Tabla 17: Coordenadas UTM – Punto Crítico N°03

COORDENADAS UTM		
Norte	Este	Elevacion
9251524.93	623909.48	22 msnm

Fuente: Propia



Ilustración 12 Punto Crítico N° 03

En el punto crítico N° 03 visitado que se encuentra carretera a San José se pudo observar la presencia de RCD como de concreto y muros de albañilería teniendo así aproximadamente un volumen de 10m³.



Ilustración 13: Residuos de la construcción y demolición en el punto crítico 03

- **Proceso**

El proceso de obtención del RCD se obtuvo mediante bloques de concreto provenientes de los botaderos que pertenecen a concreto para falso piso de demolición, se escogió este tipo de residuo de construcción porque según antecedentes es uno de los residuos de calidad alta y con bajos niveles de impurezas, luego se procedió a reducir el tamaño de estos bloques con una comba para poder pasarlo por la máquina de los ángeles para así triturar lo más pequeño posible y llegar al tamaño requerido, finalmente realizamos el tamizado por la malla N° 50 y procedemos a realizarle el contenido de impurezas orgánicas y el peso de gravedad específica al RCD.



Ilustración 14: Reduciendo el tamaño de los bloques con comba



Ilustración 15: Residuos de concreto listo para ensayarse

Fuente: Propia

Tabla 18: Características de RCD concreto

FILLER RCD	
Color	Gris
Malla	≥ N° 50

Fuente: Propia

- **Ensayos al RCD**

Se realizó el ensayo del peso específico relativo de sólidos para el RCD teniendo en cuenta la norma ASTM D 854 para obtener una comparación con el peso específico del filler a utilizar en este caso cemento.

Como primer paso pesamos la tara donde agregaremos la muestra, para luego pesar la fiola de 100ml, donde tomaremos dos pesos sin agua y con agua por debajo de lo indicado, luego de ello pesamos 15gr de RCD que serán colocados dentro de la fiola e introducimos agua hasta la línea superior; procedemos a agitar la fiola hasta eliminar los vacíos de aire, luego dejamos que decante y volvemos a pesar, posterior a ello colocamos toda la muestra que hay dentro de la fiola a la tara ya antes pesada para ser colocada al horno por 24 horas, transcurrido este tiempo retiramos la muestra para dejarla enfriar y finalmente a pesarla.



Ilustración 16: Agregando el RCD a la fiola del horno después de 24h



Ilustración 17: Muestra de RCD sacada

Fuente: Propia

Luego se hizo el ensayo de la materia orgánica en suelos con la pérdida por ignición, esto con la finalidad de poder identificar los materiales de RCD que contengan materia vegetal, permitiendo obtener el porcentaje de materia orgánica en las muestras de RCD como lo establece la norma MTC E 118.

Ensayos para los agregados

- **Granulometría**

Se llevó a cabo el ensayo granulométrico de los agregados, siguiendo las pautas establecidas en la norma MTC E 107. Esta norma especifica que, para los agregados destinados a ensayos de mezclas asfálticas, se realiza una única granulometría que abarca tanto el agregado fino como el grueso. Para realizar este proceso, se extrajo una

muestra de 3.6 kg para el agregado grueso y 2.4 kg para el agregado fino, obteniendo así un total de 6 kg de muestra. Esta muestra fue sometida a tamizado a través de tamices de diferentes aberturas, que incluyen tamaños de 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°80, N°200. La muestra fue colocada en los tamices y agitada, para luego pesar la cantidad de agregado retenido en cada tamiz..



Ilustración 18: Tamices normalizados para la granulometría



Ilustración 19: Realizando el ensayo de granulometría al agregado grueso

Fuente: Propia



Ilustración 20: Realizando el ensayo granulométrico para el agregado fino



Ilustración 21: Resultado del agregado fino al pasarlo por los tamices correspondientes

Fuente: Propia

- **Gravedad específica y absorción**

Posteriormente, se llevó a cabo la prueba de gravedad específica y absorción con el objetivo de calcular los pesos específicos aparentes y nominal, además de la absorción después de un periodo de 24 horas de inmersión en agua, tal como lo indica la norma MTC E 206.

Agregado Grueso

Comenzamos lavando la muestra a ensayar para eliminar impurezas y finos, luego la colocamos al horno por 24 horas, posterior a ellos retiramos la muestra la dejamos enfriar y tomamos el peso seco del agregado para después introducir la muestra a una canastilla dentro del agua y tomamos su peso, retiramos la muestra y la llevamos al horno por 24 horas para finalizar pesamos el agregado después de transcurrido el tiempo.



Ilustración 22: Lavando la muestra para luego ser retenido por la malla N°4



Ilustración 23: Muestra sumergida al agua para calcular su peso

Fuente: Propia

Agregado Fino

Empezamos colocando la muestra al horno por 24 horas una vez seca pesamos 500 gr de muestra y una fiola de 500 ml donde se tomarán dos pesos sin agua y con agua hasta donde indica la línea superior de esta, colocamos la muestra en la fiola con la ayuda de un embudo para luego colocarle agua, agitamos la fiola para eliminar los vacíos de aire y dejamos que decante por 24 horas, pasado este tiempo pesamos la muestra dentro de la fiola y la colocamos en un recipiente tarado para así pesar la muestra propia y sea llevada al horno por 24 horas, finalmente retiramos la muestra del horno y la pesamos.



Ilustración 24: Tomando nota del peso de la muestra + fiola



Ilustración 25: Colocando la muestra en una tara

Fuente: Propia

- **Ensayo de abrasión**

Después se realizó el ensayo de abrasión donde se utilizó la máquina de los Ángeles, que se busca determinar la resistencia a la degradación mediante la abrasión, desgaste y trituración del agregado grueso, el ensayo se realizará siguiendo la Norma de la MTC E 207.

Iniciamos pesando 5 kg de agregados los cuales toda esta cantidad la colocamos a la máquina de los Ángeles conjuntamente con 11 esferas a 200 y 500 revoluciones, luego lo pasamos por el Tamiz N°10 y el material pasante lo pesamos el cual será la cantidad de desgaste.



Ilustración 26: Agregando la piedra chancada a la máquina de abrasión de los ángeles



Ilustración 27: Agregado grueso después del proceso de abrasión, pasando el material por el tamiz N° 10

Fuente: Propia

- **Partículas chatas y alargadas**

Se procedió a la clasificación de partículas planas y alargadas siguiendo las directrices establecidas en la norma MTC E 221. Las partículas del agregado grueso fueron sometidas al calibrador de partículas alargadas y de ancho, y posteriormente fueron pesadas.

- **Sales solubles**

Luego de ello se realizó el ensayo de contenido de sales solubles bajo la normativa MTC E 219 y el ensayo de durabilidad con la norma ASTM C 88 para los agregados, con la finalidad de que el material no presente sulfatos y cloruros para su posterior elaboración de las mezclas bituminosas.

Iniciamos pesando 15gr de agregado grueso y fino que posteriormente haya sido tamizado por la malla N°4, con el objetivo de analizar los finos, procedemos a colocar la muestras por separado en un recipiente de vidrio para agregarle 250ml de agua destilada, tapamos ambos recipientes, agitamos por aproximadamente 45 min y dejamos que decante por 24 horas, transcurrido este tiempo con la ayuda de una cocina eléctrica colocaremos cada una de las muestras en una tara de acero, al cual también agregaremos una solución química con la finalidad que las sales se desprenda de los agregados, realizamos este procedimiento hasta que las muestras lleguen al punto de ebullición, luego filtramos las muestras a través de un papel filtro para que retengan las sales que se liberaron en el procedimiento anterior, finalmente colocamos las muestras por separado en el horno en un beaker por 24 horas, transcurrido este tiempo pesamos cada una de las muestras.



Ilustración 28: Muestra de agregado para ensayo de contenido de sales



Ilustración 29: Agregando la solución química al agregado grueso

Fuente: Propia



Ilustración 30: Muestra del agregado fino en decantación



Ilustración 31: Filtrando la muestra con ayuda de un embudo y el papel filtro

Fuente: Propia

- **Caras fracturadas**

Como última etapa del ensayo de agregado grueso, se llevó a cabo la prueba de porcentaje de caras fracturadas, conforme a lo especificado en la norma MTC E 210. Esto permitió calcular el porcentaje de partículas que presentan una o más de dos caras fracturadas en el agregado grueso.

- **Equivalente de arena**

Se llevó a cabo la prueba de equivalente de arena para el agregado fino de acuerdo con la norma (ASTM D 2419), con el propósito de determinar si el agregado cumple con los requisitos establecidos en la norma técnica.

Para la realización de dicho ensayo tamizando la muestra por la malla N°4, con la finalidad de poder cortar los finos con los gruesos, posteriormente humedecemos superficialmente la muestra con la finalidad que los finos no se pierdan y así poder controlar la cantidad de fino que se tuvo en el ensayo, para luego con la ayuda de un medidor metálico de aproximadamente 2 1/4" (57mm) de diámetro con capacidad de 85 ± 5ml, obtenemos la cantidad de muestra a ensayar. Temiendo las muestras listas preparamos 1 galón (3.78 litros) de agua destilada conjuntamente con 577 ml de solución de Stock, preparamos el equipo para la realización del ensayo siguiendo las medidas establecidas en la norma, en las probetas graduadas se coloca el material

humedecido con la ayuda de un embudo, teniendo mucho cuidado que el material no se pueda derramar por los costados, así no alterar los resultados del ensayo, una vez puesta las muestras en las probetas graduadas se procede a colocar el agua por medio de una manguera y tubo de sumersión, se dejó decantar por dos minutos para proceder a realizar la agitación manual de ambas probetas hasta llegar a las 100 revoluciones con la finalidad de poder homogeneizar entre la arena y el líquido, en este proceso se pudo visualizar la ley de stock, que según este, las partículas más grandes se asentarán más rápido por su peso de su densidad y las pequeñas tomarían un poco más de tiempo en asentarse, por lo cual dejamos decante y procedemos a sumergir el indicador de lectura de área para medir la diferencia de arenas y arcillas.



Ilustración 33: Materiales para el ensayo de equivalente de arena



Ilustración 32: Realizando el ensayo de equivalente de arena

Fuente: Propia

- **Índice de plasticidad**

La prueba de índice de plasticidad se realiza para determinar la naturaleza plástica de la arena utilizada. Para llevar a cabo este ensayo, se sigue el protocolo establecido en la norma MTC E 111.

Comenzamos tamizando la muestra por la malla N° 40, luego le agregamos agua y con la ayuda de una espátula integramos la muestra junto con el agua hasta obtener una masa homogénea, tomamos una porción de esta y sobre una superficie lisa hacemos rollitos con la masa, si esta se llega a integrar y dar la forma que se quiere, se dice que

la muestra tiene plasticidad, en este caso, la masa no logró integrarse a la forma que se quería dar, lo cual nos indica que no tiene plasticidad.



Ilustración 35: Humedeciendo la muestra con ayuda de la espátula



Ilustración 34: Muestra ensaya con el índice de plasticidad

Fuente: Propia

- **Metodología del diseño de mezcla asfáltica**

Para la elaboración del diseño de mezcla asfáltica se empleó la metodología Marshall, que consiste en la dosificación en porcentajes del material pétreo y filler que será embebido con el cemento asfáltico o PEN, el cual deberá llegar a una temperatura de 150 a 180 °C.

Se realizaron 5 tipos de diseño de mezcla, donde se varió la dosificación del filler y el cemento asfáltico.

Agregados: Los agregados serán obtenidos de una cantera, debidamente ensayados, cumpliendo con los parámetros establecidos EG 2013, las proporciones a utilizar serán de acuerdo a los resultados de la granulometría MAC, lo que nos indica tres tipos de husos granulométricos, en este caso el agregado se acomodó más al MAC -2 según la Tabla 423-03 del Manual de Carreteras, lo que indica que el agregado grueso deberá pasar el 100% la malla 3/4.

Filler: En cuanto al filler se usarán dos tipos, cemento hidráulico para la muestra patrón que se usará el 1% siendo este un porcentaje que se usa en obra; y el RCD de concreto

como filler en lo cual se ha tomado en cuenta los siguientes porcentajes: 1%, que es un porcentaje que se usa en obra, 3% y 5% que son porcentajes que se utilizan para fines investigativos y por dar resultados favorables en adiciones de RDC de albañilería como filler, y se decidió estudiar el comportamiento del RCD como filler al 7%.

PEN: Según normativa del EG- 2013 indica que el cemento asfáltico puede variar del 3% al 6% sus proporciones, graduando cada 0.5 su porcentaje. En este proyecto de investigación se utilizó el PEN 60/70 siendo un betún óptimo para lugares con temperaturas altas que es el caso del departamento de Lambayeque, las dosificaciones a utilizar son las siguientes: 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%.

Cada diseño de mezcla pesara 1500gr entre todos los componentes (agregado grueso y fino, PEN y filler), cada uno con su respectivo porcentaje de cada material a utilizar, se elaborarán 3 briquetas por cada diseño de mezcla que serán compactadas por medio de un compactador hidráulico programado para 50 golpes, que según normativa del Manual de Carreteras la cantidad de golpes corresponde para un tráfico medio, la cual es un tráfico ideal para ser investigado por encontrarse entre el tráfico ligero y pesado.

- **Diseño de mezcla asfáltica para muestra patrón**

Tabla 19: Diseño de mezcla asfáltica para muestra patrón

MEZCLA ASFALTICA PATRON			
Cemento Asfáltico	Agregado Grueso	Agregado Fino	Filler (cemento)
4%	60%	39%	1%
4.50%	60%	39%	1%
5%	60%	39%	1%
5.50%	60%	39%	1%
6%	60%	39%	1%

Fuente: Propia

El mismo procedimiento se realizó para las mezclas asfálticas modificadas con RDC como filler en porcentajes de 1%, 3%, 5%, 7%.

Se mostrará a continuación las tablas con sus respectivas dosificaciones:

Tabla 20: Diseño de mezcla asfáltica para 1% RCD

MEZCLA ASFALTICA PARA 1% RCD			
Cemento Asfáltico	Agregado Grueso	Agregado Fino	Filler (RCD)
4%	60%	39%	1%
4.50%	60%	39%	1%
5%	60%	39%	1%
5.50%	60%	39%	1%
6%	60%	39%	1%

Fuente: Propia

Tabla 21: Diseño de mezcla asfáltica para 3% RCD

MEZCLA ASFALTICA PARA 3% RCD			
Cemento Asfáltico	Agregado Grueso	Agregado Fino	Filler (RCD)
4%	58%	39%	3%
4.50%	58%	39%	3%
5%	58%	39%	3%
5.50%	58%	39%	3%
6%	58%	39%	3%

Fuente: Propia

Tabla 22: Diseño de mezcla asfáltica para 5% RCD

MEZCLA ASFALTICA PARA 5% RCD			
Cemento Asfáltico	Agregado Grueso	Agregado Fino	Filler (RCD)
4%	57%	38%	5%
4.50%	57%	38%	5%
5%	57%	38%	5%
5.50%	57%	38%	5%
6%	57%	38%	5%

Fuente: Propia

Tabla 23: Diseño de mezcla asfáltica para 7% RCD

MEZCLA ASFALTICA PARA 7% RCD			
Cemento Asfáltico	Agregado Grueso	Agregado Fino	Filler (RCD)
4%	56%	37%	7%
4.50%	56%	37%	7%
5%	56%	37%	7%
5.50%	56%	37%	7%
6%	56%	37%	7%

Fuente: Propia

- **Elaboración de briquetas**

1. Elaboramos las muestras (agregado fino, agregado grueso) que servirán para realizar las mezclas asfálticas, para ellos alistamos 75 muestras con los pesos de los agregados. Es importante tener las muestras de los agregados listos para ahorrar tiempo.
2. Una vez lista las muestras con los agregados procedemos a colocarlos en una tara de acero inoxidable con capacidad de 1500 gr para agregar el filler de acuerdo a su porcentaje (RCD o cemento).



Ilustración 36: Peso de las muestras



Ilustración 37: Muestras de agregado grueso y fino

Fuente: Propia

3. Seguidamente calentamos el cemento asfáltico para que este se vuelva líquido y podamos agregar el porcentaje requerido para cada diseño de mezcla a realizar.
4. Cuando se tiene todos los materiales listos en la tara (agregado fino, agregado grueso y filler) agregamos el PEN y la llevamos a la cocina eléctrica para que este se caliente y llegue a la temperatura requerida.
5. A medida que la mezcla va cogiendo calor, con la ayuda de una cuchara de acero empezamos a homogeneizar todos los materiales de la tara, para que toda la mezcla se vaya integrando por igual.
6. Una vez que el cemento asfáltico se halla integrado por completo con los demás materiales y se ve que la mezcla empieza a descender por sí sola cuando se mueve con el cucharón nos indica que está lista para compactarse.
7. Antes de realizar la compactación verificamos que llegue a la temperatura que requiere la norma, la cual nos indica que debe estar entre los 150 a 180 °C.

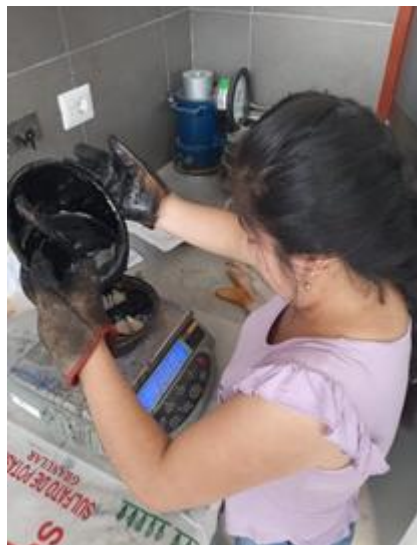


Ilustración 38: Mezclando el cemento asfáltico con el agregado fino y filler(cemento)



Ilustración 39: Temperatura tomada de la briqueta patrón 180°C

Fuente: Propia

8. Seguidamente procedemos a colocar la muestra en el molde de acero hasta la mitad y se dan 25 chuceadas con una varilla de acero, para dar uniformidad a la muestra dentro del molde, luego se termina de llenar con la mezcla hasta el ras

del molde y se vuelve a chucear 25 veces, con la ayuda de una espátula emparejamos la mezcla hasta el ras del molde.

9. Ya la mezcla lista en el molde, lo colocamos al compactador electrónico y la programamos para 50 golpes, que es lo requerido por la norma para las mezclas asfálticas de tránsito mediano.



Ilustración 40: Briqueta lista para colocarlo al Compactador electrónico



Ilustración 41: Elaboración de briquetas

Fuente: Propia

10. Terminada la compactación dejamos enfriar la briqueta entre un periodo de 15 a 20 min para poder desencofrar, dejamos pasar este tiempo para que no se desintegren sus partículas de la briqueta al retirarla del molde.
11. Con la ayuda de una gata hidráulica procedemos a desencofrar la briqueta y queda lista para ensayarse.
12. Realizamos el mismo procedimiento para la elaboración de las 75 briquetas de las cuales están incluidas 15 de muestra patrón y 60 briquetas con adición de RCD



Ilustración 42: Compactador electrónico

Fuente: Propia



Ilustración 43: Gata hidráulica



Ilustración 44: Briquetas

Fuente: Propia

Ensayos a las mezclas asfálticas

- **Peso Específico**

1. Para este ensayo empezamos midiendo la altura y diámetro de cada briqueta realizada, que serían 75 en total.
2. Una vez tomadas las medidas, empezamos a pesar cada briqueta en una balanza, la cual este sería su peso en el aire.



Fuente: Propia

3. Luego con la ayuda de una canastilla sumergimos la briqueta en el agua por un periodo de 2 a 3 minutos, pasado este tiempo tomamos su peso de la muestra dentro del agua, que sería el peso saturado.
4. Retiramos la briqueta del agua, con una franela secamos superficialmente la muestra y la pesamos, este sería el peso superficialmente seco.
5. Realizamos cada uno de estos pasos para las 75 muestras de briquetas que se tienen.



Fuente: Propia

- **Ensayo Marshall.**

1. Una vez obtenido los diferentes pesos y medidas de las briquetas, las llevamos para ser ensayadas mediante la prensa de compresión Marshall, la cual consiste en que a través de la rotura de cada briketa obtengamos los datos de estabilidad y flujo.



Fuente: Propia

- **Ensayo Rice**

Se llevó a cabo el ensayo siguiente siguiendo las pautas de la norma ASTM D 2071 y AASHTO T 209, con el objetivo de calcular la gravedad específica y la densidad teórica de las mezclas asfálticas.

1. Para poder realizar este ensayo hemos tenido que escoger 25 briquetas de las 75 muestras elaboradas y ensayadas a través de la prensa Marshall, se selecciona una por cada diseño de mezcla.
2. En un bowl de acero colocamos una briketa para ser llevada al horno eléctrico de laboratorio para que la muestra pueda ser calentada.
3. Una vez que la briketa se calentó, retiramos la muestra del horno, con la ayuda de unos guantes de cuero desmenuzamos la briketa y en una fuente amplia esparcimos la muestra para ser enfriada a temperatura ambiente, a medida que va enfriando vamos moviendo para que la muestra no se seque con grumos grandes.



Ilustración 49: Briquetas dentro de los bowl



Ilustración 50: Sacando la briqueta del agua

Fuente: Propia

4. Pesamos un frasco volumétrico de capacidad de 1000ml, le introducimos agua hasta la primera línea y volvemos a pesarlo.
5. Ya seca la muestra en un bowl pesamos 1000gr de esta, lo introducimos en el frasco volumétrico vacío y pesamos, le colocamos agua hasta la primera línea superior y se pesa.



Ilustración 51: Peso del frasco volumétrico vacío y con muestra

Fuente: Propia

6. La muestra ya lista para ser ensayada le instalamos la manguera que conecta a la bomba de vacío (respirador de agua) y le colocamos sobre el vibrador de ensayo Rice, prendemos el equipo.
7. A medida que el vibrador va haciendo su trabajo, vamos agitando el frasco volumétrico para ayudar que los vacíos de aire se eliminen por completo, dejamos que el equipo realice el ensayo por un tiempo de 15 min aproximadamente o hasta que elimine por completo los vacíos de aire.



Fuente: Propia

Consideraciones éticas

En esta investigación, se destacó la originalidad y honestidad como principios fundamentales en términos éticos y morales. El estudio se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas por expertos, asegurándose de cumplir con la normativa para obtener resultados distintivos. La estructura de la investigación se ajustó a las normas de la universidad correspondiente, y las citas y referencias bibliográficas se realizaron utilizando el estilo IEE, con el fin de evitar cualquier forma de falsificación o plagio. Este proyecto se comprometió con la sociedad y el medio ambiente, presentando la investigación como una alternativa para mejorar la calidad de vida de la sociedad.

Resultados y discusión

- **Peso específico relativo de sólidos**

Muestra: RCD

Tamaño: Pasante la malla N°50

Tabla 24: Resultado del ensayo peso específico relativo de sólidos del RCD

		Filler
1. N° de fiola		F-2
2. Peso de la fiola	g.	63.19
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g.	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola: (2+3)	g.	113.2
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g.	192.6
6. Peso de la fiola + peso de agua	g.	162.8
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	$(3)/((3+6)-5) \text{ g/cm}^3$	2.479

Fuente: Propia

Tras la ejecución del ensayo de laboratorio, se obtuvo el valor del peso específico relativo de sólidos, el cual fue registrado como 2.479 g/cm³.

- **Materia orgánica en suelos (pérdida por ignición)**

Muestra: RCD

Tamaño: Pasante la malla N°50

Tabla 25: Resultado del ensayo materia orgánica en suelos

DATOS DEL ENSAYO	N° 1	N° 1
(A) Peso del crisol + suelo seco antes de la ignición.	69.95 g.	72.12 g.
(B) Peso del crisol + suelo seco después de la ignición.	69.45 g.	71.68 g.
(C) Peso del crisol.	44.26 g.	51.54 g.
(D) Pérdida por ignición. (A-B)	0.50 g.	0.44 g.
(E) Peso suelo seco después de la ignición. (B-C)	25.19 g.	20.14 g.
Materia Orgánica (D/E*100)	2.0 %	2.2 %

MATERIA ORGÁNICA = 2.1 %

Fuente: Propia

Luego de realizar la prueba de laboratorio se determinó la materia orgánica para la muestra de RCD por pérdida de ignición. El valor del ensayo fue del 2.1%

Resultados de los ensayos para el agregado grueso

- **Gravedad específica y absorción de agregados gruesos**

Muestra: Piedra chancada

Cantera: Tres tomas

Tabla 26: Resultado del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

I. - Datos.			
1. - Peso de la muestra secada al horno	(g)	2704	2704
2. - Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2730	2730
3. - Peso de la muestra dentro del agua + peso del c	(g)	2530	2530
4. - Peso de la canastilla	(g)	880	880
5. - Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1650	1650
II. - Resultados			
A. - PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.504	
B. - PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.528	
C. - PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.565	
D. - PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.96	

Fuente: Propia

Después de llevar a cabo el ensayo de laboratorio, se calcularon el peso específico aparente (Pea), el peso específico de masa (Pem), el peso específico saturado superficialmente seco (Pesss) y el porcentaje de absorción. El valor calculado para la absorción del agregado grueso se ajusta a los parámetros establecidos en la norma E.G. 2013, que especifica un valor máximo del 1%. Por ende, el agregado grueso cumple con los requisitos normativos.

- **Ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles**

Muestra: Piedra chancada

Cantera: Tres tomas

Tabla 27: Resultado del ensayo abrasión por medio de la Máquina de Los Ángeles

% de desgaste por abrasión	%	16.4
% de uniformidad	%	0.4

Fuente: Propia

Se evaluó la resistencia a la abrasión del agregado grueso después de someterlo a la carga abrasiva generada por 11 billas durante 500 revoluciones. El porcentaje de desgaste obtenido fue del 16.4%, cumpliendo con los estándares establecidos en la norma E.G. 2013. Esta normativa establece un máximo del 40% de desgaste,

confirmando así que el agregado grueso es adecuado para su utilización en la elaboración de mezclas asfálticas.

- **Determinación de partículas chatas y alargadas**

Muestra: Piedra chancada

Cantera: Tres tomas

Tabla 28: Resultado del ensayo de porcentaje de partículas chatas y alargadas

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	922.0	63.94	36.06	15.3	1.06		2.5	0.17	
3/8"	9.50	400.0	27.74	8.32	44	3.05		22.6	1.57	
1/4"	6.30	120.0	8.32	-	23.9	1.66		14.6	1.01	
			TOTAL		83.2	5.77		39.7	2.75	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	1442.0	
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	8.5	ESPECIFICACIÓN 12% Max.

Fuente: Propia

Después de analizar los datos derivados del ensayo, se concluyó que el índice de alargamiento del agregado es del 2.75%, mientras que el índice de aplanamiento del agregado es del 5.77%, sumando un total del 8.52%. Este porcentaje se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma E.G. 2013, la cual especifica un máximo del 10%. Por lo tanto, se confirma que el agregado grueso cumple con los requisitos establecidos por la normativa.

- **Contenido de sales solubles para el agregado grueso**

Muestra: Piedra chancada

Cantera: Tres tomas

Tabla 29: Resultado del ensayo de sales solubles del agregado grueso

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	300
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.03

Fuente: Propia

Después de agregar los reactivos químicos correspondientes a la muestra, se determinó el contenido de sales solubles. El porcentaje obtenido fue de 0.03%, cumpliendo con los estándares establecidos en la norma E.G. 2013. Esta normativa establece un máximo del 0.5% para el contenido de sales solubles, confirmando así que el agregado grueso es adecuado para su utilización en la elaboración de mezclas asfálticas.

- **Ensayo de durabilidad**

Muestra: Piedra chancada

Cantera: Tres tomas

Tabla 30: Resultado del ensayo de durabilidad

DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	3.0
37.5 mm	19 mm	1.4
3/4"	1/2"	
19 mm	12.5 mm	1.1
1/2"	3/8"	
12.5 mm	9.5 mm	1.4
3/8"	Nº 4	
9.5 mm	4.75 mm	

RESULTADO :

DESGASTE TOTAL	(%)	6.8
----------------	-----	-----

Fuente: Propia

La durabilidad del agregado grueso frente al sulfato de magnesio se evaluó y se obtuvo un resultado del 6.8%, cumpliendo con los estándares establecidos en la norma E.G. 2013. Esta normativa especifica un límite máximo del 18%, lo que confirma que el agregado grueso es adecuado para su uso en la elaboración de mezclas asfálticas.

- **Ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados**

Muestra: Piedra chancada

Cantera: Tres tomas

CON UNA CARA FRACTURADA

Tabla 31: Resultado del ensayo de porcentaje con una cara fracturada

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	15124.0	11758.0	77.7 %	15124.0 %	11758.0 %
2"	1 1/2"	7500.0 g.	7335.0	7367.0	97.8 %	7335.0 %	7367.0 %
1 1/2"	1"	3000.0 g.	3134.0	2165.2	69.1 %	3134.0 %	2165.2 %
1"	3/4"	1500.0 g.	1535.0	996.1	64.9 %	1535.0 %	996.1 %
3/4"	1/2"	500.0 g.	576.0	387.7	67.3 %	576.0 %	387.7 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	334.0	256.3	76.7 %	334.0 %	256.3 %
TOTAL		57800.0 g.	28238.0 g.	22930.3 g.		28238.0 %	22930.3 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 81.2%

Fuente: Propia

Tabla 32: Resultado del ensayo de porcentaje con dos caras fracturadas

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	15124.0	11875.0	78.5 %	15124.0 %	11875.0 %
2"	1 1/2"	7500.0 g.	7335.0	7283.0	96.7 %	7335.0 %	7283.0 %
1 1/2"	1"	3000.0 g.	3134.0	2900.0	92.5 %	3134.0 %	2900.0 %
1"	3/4"	1500.0 g.	1535.0	929.8	60.6 %	1535.0 %	929.8 %
3/4"	1/2"	500.0 g.	576.0	383.7	66.6 %	576.0 %	383.7 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	334.0	258.8	77.5 %	334.0 %	258.8 %
TOTAL		57800.0 g.	28238.0 g.	23630.3 g.		28238.0 %	23630.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 83.7%

Fuente: Propia

El análisis de las fracturas en el agregado grueso reveló que el 81.2% de las partículas presentan una cara fracturada, mientras que el 83.7% muestra dos o más caras fracturadas. Estos resultados cumplen con los requisitos de la norma E.G. 2013, que establece un mínimo del 85% de partículas con una cara fracturada y un mínimo del 50% de partículas con dos o más caras fracturadas.

Resultados de los ensayos para el agregado fino

- **Ensayo de equivalente de arena**

Muestra: Arena amarilla

Cantera: La Victoria – Pátapo

Tabla 33: Resultado del ensayo de equivalente de arena

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	5.80	6.00	5.80
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.50	3.60	3.50
EQUIVALENTE DE ARENA	60.34 %	60.00 %	60.34 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	61 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):			
Minimo : 60 % Minimo			

Fuente: Propia

Después de realizar el ensayo de equivalente de arena para el agregado fino, se obtuvo un porcentaje de 61%, cumpliendo así con los estándares establecidos por la norma E.G. 2013, que exige un mínimo del 60%. Esto confirma que el agregado fino es adecuado para su uso en la fabricación de mezclas asfálticas.

- **Gravedad específica en agregado fino**

Muestra: Arena amarilla

Cantera: La Victoria – Pátapo

Tabla 34: Resultado del ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino

I.- Datos.			
1. - Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco +	(g)	947.0	947.0
2. - Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	640.2	640.2
3. - Peso del Agua	(g)	306.82	306.82
4. - Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	639.27	639.27
5. - Peso del Frasco	(g)	140.2	140.2
6. - Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	499	499
7. - Volumen del frasco	(g)	500	500
II.- Resultados			
A. - PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.583	
B. - PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.588	
C. - PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.596	
D. - PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.19	

Fuente: Propia

En el caso de la arena amarilla, la absorción calculada fue de 0.19%, lo cual se encuentra dentro del límite establecido por la norma E.G. 2013, que fija un máximo de 0.50%. De esta manera, la arena amarilla es adecuada para su utilización en la mezcla asfáltica.

- **Contenido de sales solubles en agregado fino**

Muestra: Arena amarilla

Cantera: La Victoria – Pátapo

Tabla 35: Resultado del ensayo de sales solubles para el agregado fino

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	200
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.02

Fuente: Propia

Después de agregar los reactivos químicos correspondientes a la muestra, se determinó que el porcentaje de sales solubles fue de 0.02%. Este valor se encuentra en conformidad con los estándares establecidos en las normas E.G. 2013, que establecen un límite máximo del 0.5%. Por lo tanto, el agregado fino es adecuado para ser utilizado en la producción de mezclas asfálticas.

- **Ensayo de durabilidad**

Muestra: Arena amarilla

Cantera: La Victoria – Pátapo

Tabla 36: Resultado del ensayo de durabilidad para el agregado fino

DATOS		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8"	Nº 4	0.8
9.5 mm	4.75 mm	
Nº 4	Nº 8	0.9
4.75 mm	2.36 mm	
Nº 8	Nº 16	0.9
2.36 mm	1.18 mm	
Nº 16	Nº 30	0.7
1.18 mm	600 µm	
Nº 30	Nº 50	1.9
600 µm	300 µm	
Nº 50	Nº 100	1.8
300 µm	150 µm	

RESULTADO		
DESGASTE TOTAL	(%)	7.0

Fuente: Propia

La arena natural fue sometida a la prueba de durabilidad al sulfato de magnesio, y se obtuvo un valor del 7.0%. Este resultado se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma E.G. 2013, que especifica un máximo del 18%.

- **Ensayo de plasticidad**

Muestra: Arena amarilla

Cantera: La Victoria – Pátapo

Malla N°40

Tabla 37: Resultado del ensayo de plasticidad (Malla N°40)

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico		
	12	15	16		20		
N° de tarro	12	15	16		20		
N° de golpes	35	23	14				
Tarro + suelo húmedo	41.2	46.5	47.6		13.5		
Tarro + suelo seco	41.2	46.5	47.6		13.5		
Agua	0	0	0		0		
Peso del tarro	25.6	21.4	23.4		9.80		
Peso del suelo seco	15.6	25.1	24.2		3.7		
Porcentaje de humedad	0.00	0.00	0.00		0.00		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	0.00
Límite Plástico	0.00
Índice de Plasticidad	0.00

Fuente: Propia

Después de analizar los resultados del ensayo, se determinó que la arena amarilla no muestra límite líquido ni límite plástico, y por consiguiente, no presenta índice de plasticidad, confirmando su condición no plástica. Esta característica está en conformidad con los requisitos establecidos por las normas E.G. 2013 y CE.010, las cuales especifican que el agregado fino debe ser no plástico.

Elaboración de diseño de mezcla asfáltica patrón

- **Análisis granulométrico de los agregados**

DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4": 60%

Arena Chancada 1/4": 39%

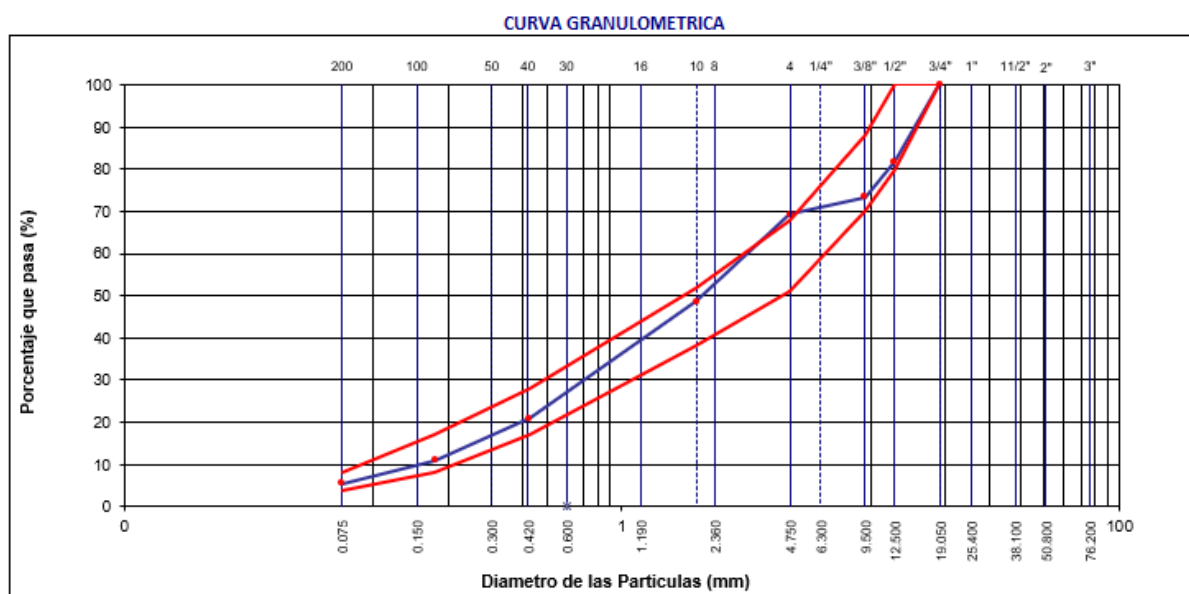
Cemento (Filler): 1%

Tabla 38: Combinación de los agregados para elaborar mezclas asfálticas

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO RETENIDO	PORCENTAJE		ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)		RETENIDO	ACUMULADO		
3"	76.200				MAC - 2	
3/4"	19.000	472			100	
1/2"	12.500	1090	18.2	18.2	80	100
3/8"	9.500	502	8.4	26.5	70	88
N° 4	4.750	254	4.2	30.8	51	68
N° 10	2.000	892.0	20.6	51.4	38	52
N° 40	0.425	1206.0	27.8	79.2	17	28
N° 80	0.177	429.9	9.9	89.1	8	17
N° 200	0.075	231.3	5.3	94.4	4	8
< N° 200	FONDO	240.8	5.6	100.0		

Fuente: Propia

Gráfico 1: Curva granulométrica de los agregados



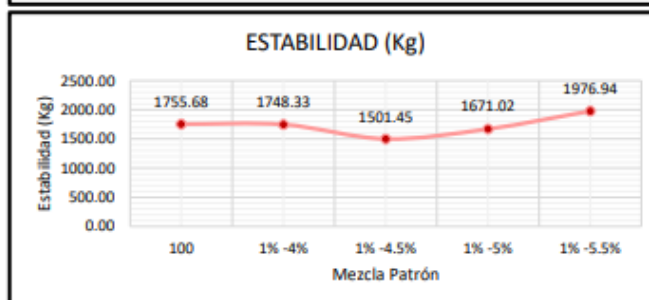
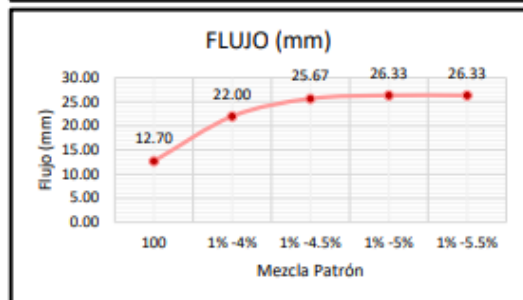
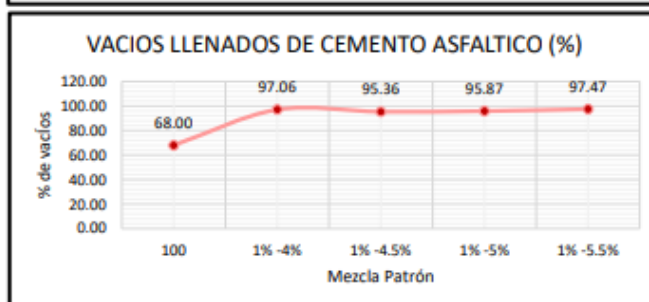
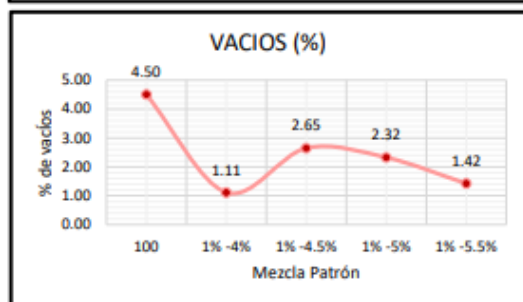
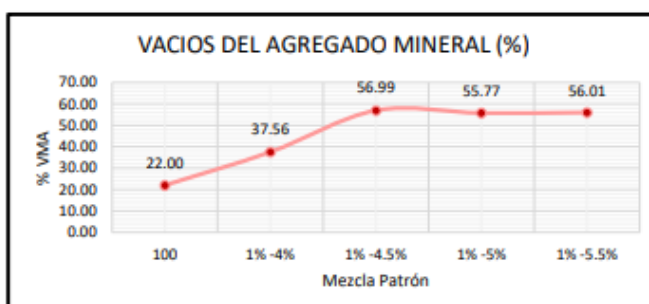
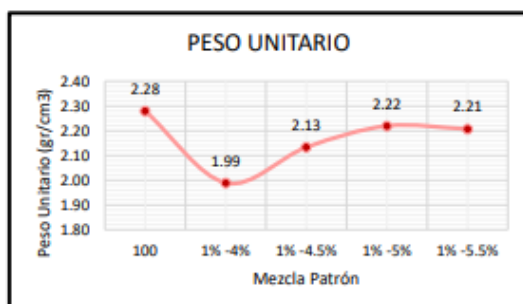
Fuente: Propia

Después de analizar los datos, se calculó el porcentaje que pasa de la mezcla de agregados destinada a la fabricación de mezclas asfálticas y se representó gráficamente la curva granulométrica resultante. Al observar la curva generada, se confirma que se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma E.G. 2013.

Resultado del diseño de mezcla patrón

Tabla 39: Análisis de los resultados del diseño de mezcla patrón

Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	RESULTADOS				Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
		Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)			
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1% -4%	1.99	1.11	37.56	97.06	22.00	1748.33	1.23	3129.01
1% -4.5%	2.13	2.65	56.99	95.36	25.67	1501.45	1.23	2297.23
1% -5%	2.22	2.32	55.77	95.87	26.33	1671.02	1.23	2505.54
1% -5.5%	2.21	1.42	56.01	97.47	26.33	1976.94	1.23	2995.24
1% -6%	2.20	0.99	56.06	98.25	20.67	1849.86	1.23	3629.41

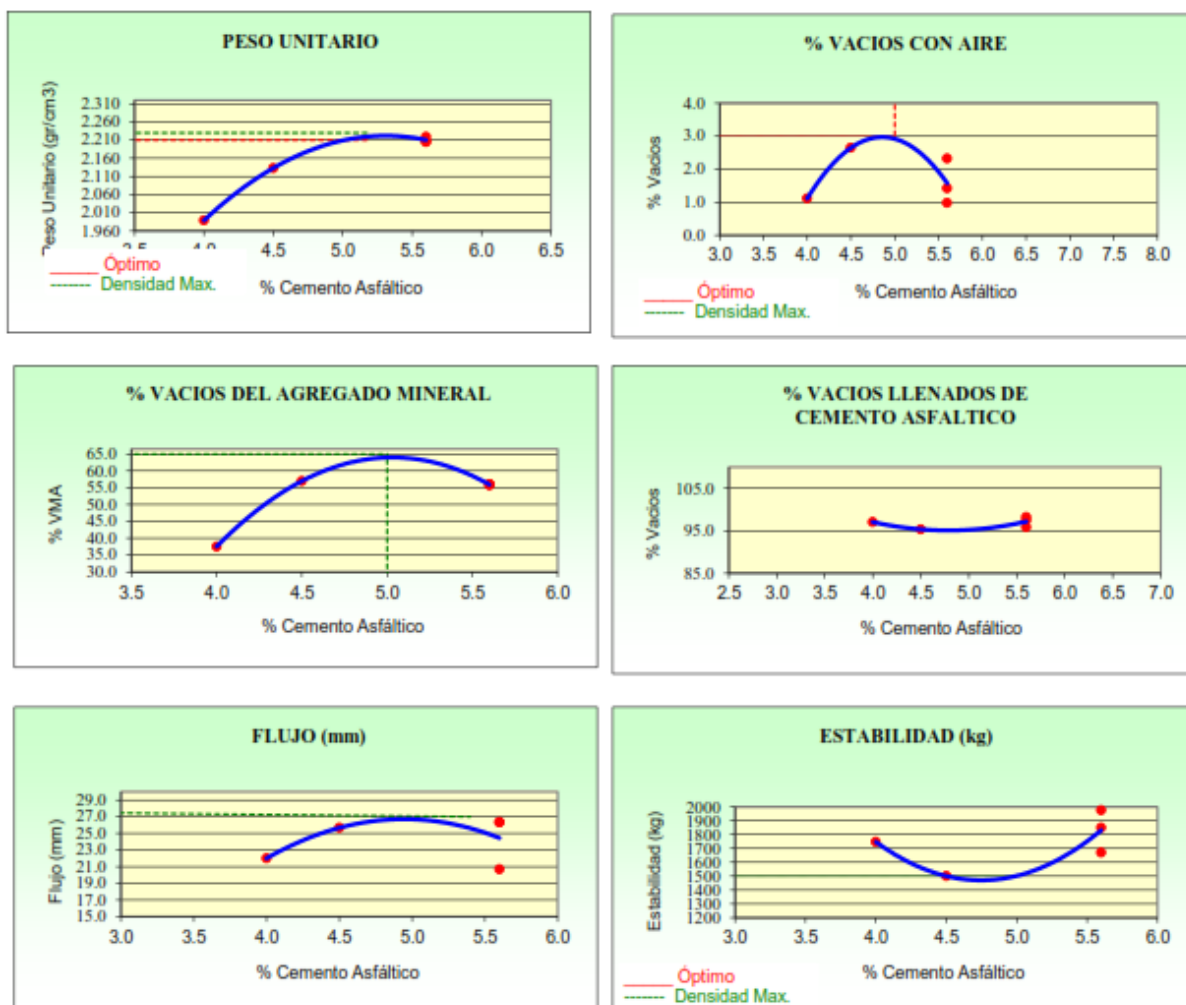


Fuente: Propia

En la Tabla 38 se muestran los resultados obtenidos en el diseño de mezcla patrón con 1% de filler de cemento hidráulico para todas las variaciones en porcentajes de cemento asfáltico, los cuales son: 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Según comparaciones con la tabla 423-06 del Manual de Carreteras los datos obtenidos cumplen con la normativa, teniendo resultados más favorables en las variaciones de PEN de 5.5% y 6%.

Presentación gráfica del diseño asfáltico – muestra patrón

Gráfico 2: Representación gráfica del diseño asfáltico muestra patrón



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.7
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.302
Vacios (%)	3.60
Vacios del Agregado mineral (%)	15.40
Vacios Llenados de C.A (%)	79.00
Flujo (mm)	3.38
Estabilidad (Kg)	1350
Relación Polvo Asfalto	1.14

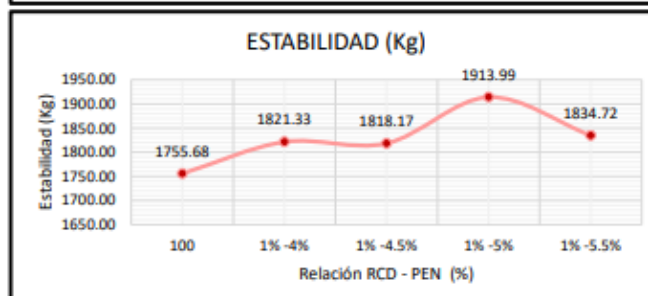
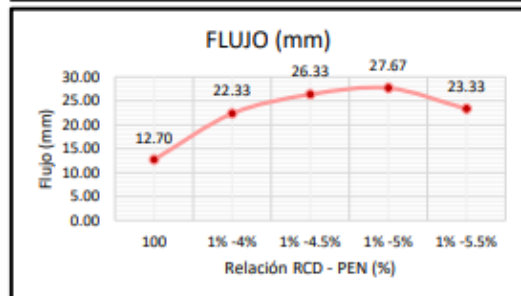
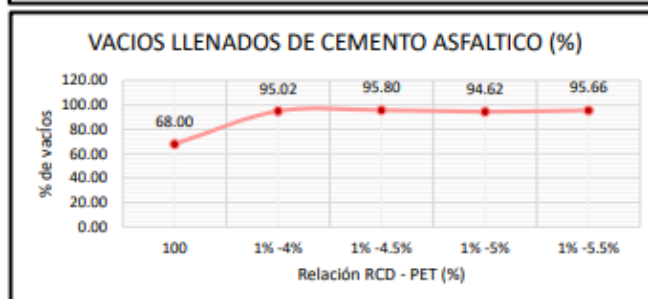
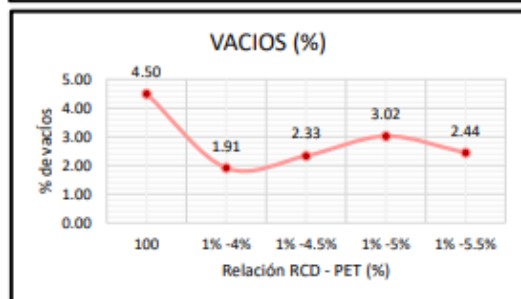
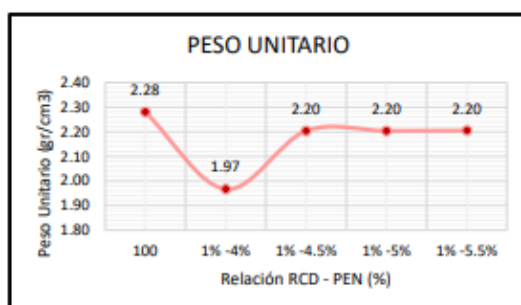
Fuente: Propia

Se cuenta con la representación visual de los parámetros de diseño de acuerdo con la normativa Marshall MTC E 504 aplicada a la muestra patrón. Esta visualización proporciona un análisis detallado de los resultados obtenidos, mostrando de manera específica los valores óptimos para cada indicador de diseño relacionado con la muestra patrón.

Resultado del diseño de mezcla con 1%RCD

Tabla 40: Análisis de los resultados del diseño de mezcla con 1%RCD - %PEN

RESULTADOS								
Relación Filler - Pen	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Lenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1% -4%	1.97	1.91	38.28	95.02	22.33	1821.33	1.23	3353.26
1% -4.5%	2.20	2.33	55.57	95.80	26.33	1818.17	1.23	2833.13
1% -5%	2.20	3.02	56.08	94.62	27.67	1913.99	1.23	2789.07
1% -5.5%	2.20	2.44	56.06	95.66	23.33	1834.72	1.23	3090.70
1% -6%	2.24	3.04	55.30	94.53	31.67	1691.53	1.23	2302.94

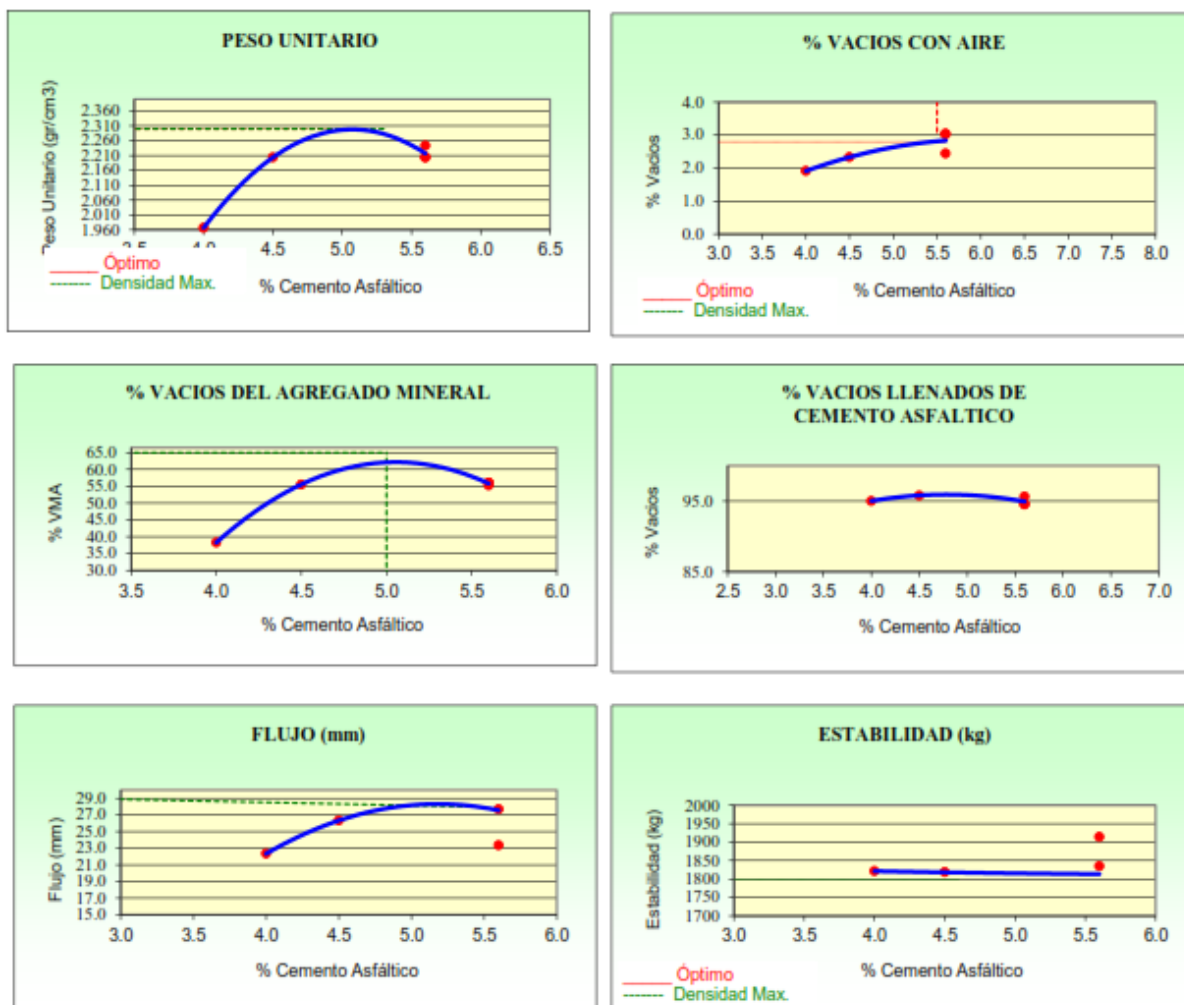


Fuente: Propia

Según la Tabla 39 se muestran los resultados obtenidos en el diseño de mezcla con adición de 1% de filler de RCD de concreto para todas las variaciones en porcentajes de cemento asfáltico, los cuales son: 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Según comparaciones con la tabla 423-06 del Manual de Carreteras los datos obtenidos cumplen con la normativa, teniendo resultados más favorables en las variaciones de PEN de 1% y 5.5%.

Presentación gráfica del diseño asfáltico con 1%RCD

Gráfico 3: Representación gráfica del diseño asfáltico con 1%RCD



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.4
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.300
Vacios (%)	2.80
Vacios del Agregado mineral (%)	65.00
Vacios Llenados de C.A (%)	95.00
Flujo (mm)	7.62
Estabilidad (Kg)	1800
Relación Polvo Asfalto	0.98

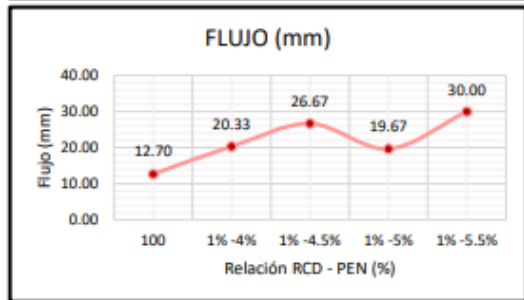
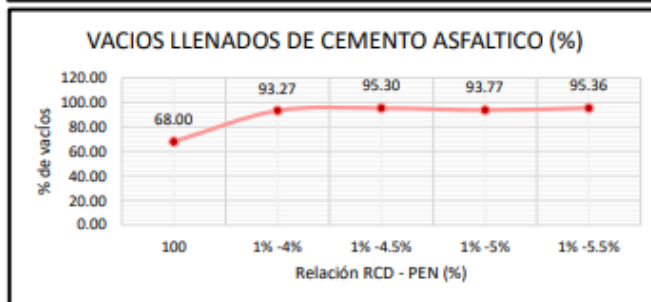
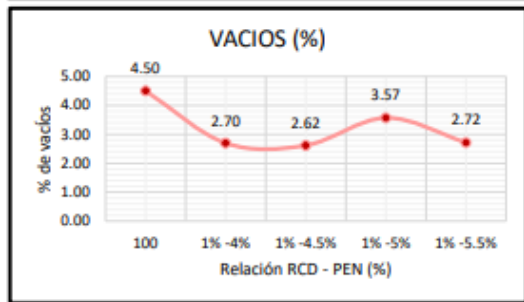
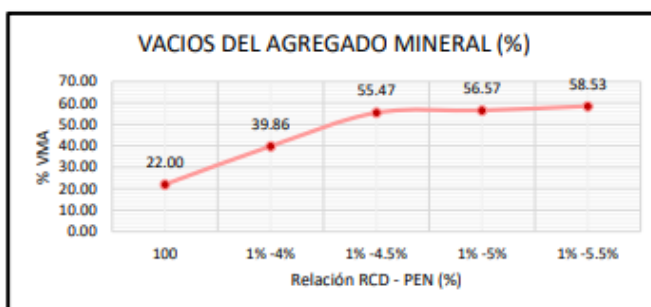
Fuente: Propia

Se ha realizado la representación gráfica para cada uno de los parámetros de diseño según Marshall MTC E 504 para la muestra con adición de 1% de filler de RCD de concreto, donde se puede ver a mejor detalle de los resultados obtenidos, se detalla los resultados óptimos para cada indicador de diseño.

Resultado del diseño de mezcla con 3%RCD - %PEN

Tabla 41: Análisis de los resultados del diseño de mezcla con 3%RCD - %PEN

RESULTADOS								
Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ³)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1% -4%	1.96	2.70	39.86	93.27	20.33	2235.00	1.23	4468.24
1% -4.5%	2.21	2.62	55.47	95.30	26.67	1843.98	1.23	2741.73
1% -5%	2.18	3.57	56.57	93.77	19.67	1950.90	1.23	4188.18
1% -5.5%	2.08	2.72	58.53	95.36	30.00	1899.46	1.23	2598.59
1% -6%	2.14	3.35	57.41	94.19	25.00	1951.12	1.23	3134.26

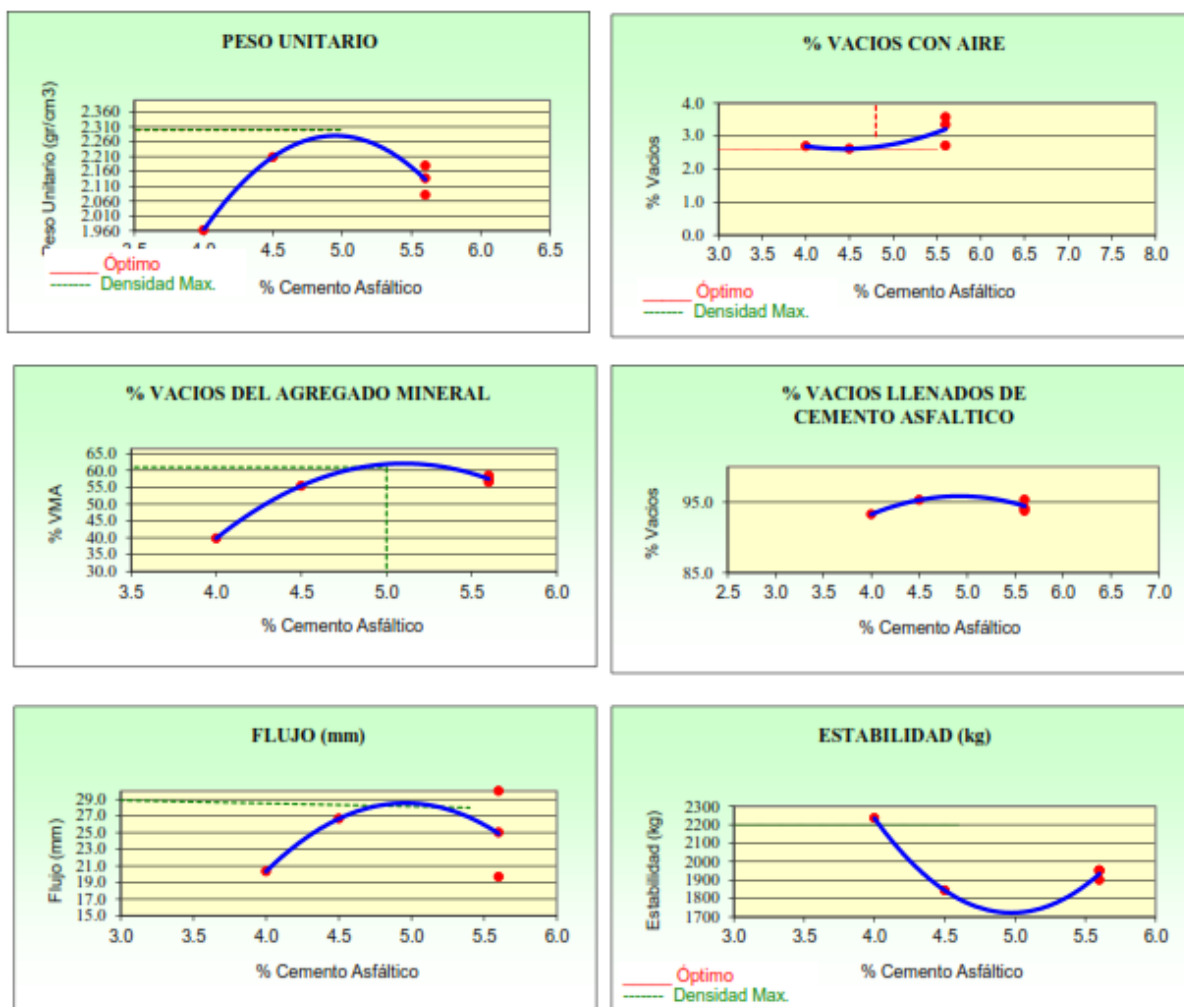


Fuente: Propia

Se tiene en la Tabla 40 los resultados obtenidos en el diseño de mezcla con adición de 3% de filler de RCD de concreto para todas las variaciones en porcentajes de cemento asfáltico, los cuales son: 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Según comparaciones con la tabla 423-06 del Manual de Carreteras los datos obtenidos cumplen con la normativa, teniendo resultados más favorables en las variaciones de PEN de 6% para la relación estabilidad/flujo y 4.5% para los demás parámetros.

Presentación gráfica del diseño asfáltico con 3%RCD

Gráfico 4: Representación gráfica del diseño asfáltico con 3%RCD



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.1
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.300
Vacios (%)	2.60
Vacios del Agregado mineral (%)	61.00
Vacios Llenados de C.A (%)	95.00
Flujo (mm)	7.62
Estabilidad (Kg)	2200
Relación Polvo Asfalto	0.92

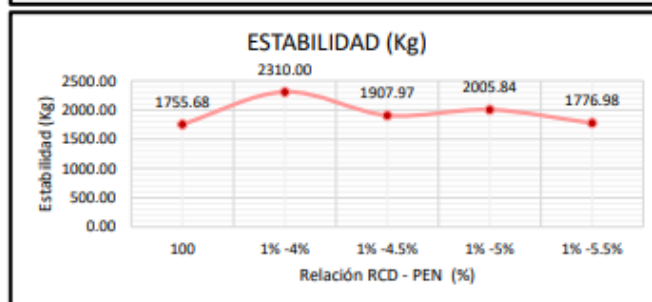
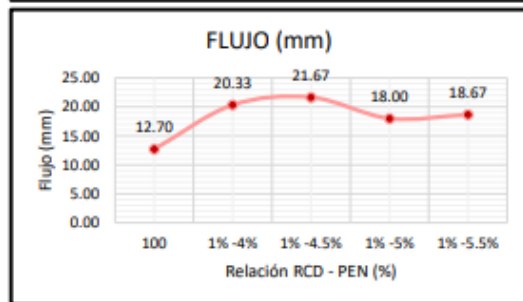
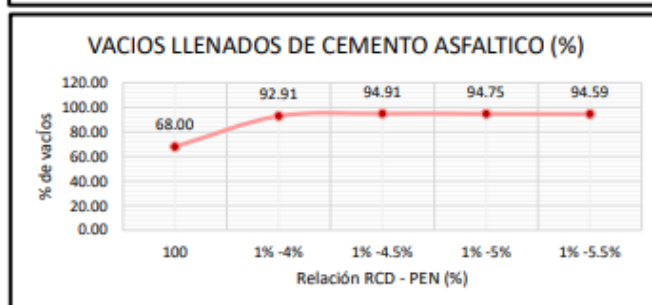
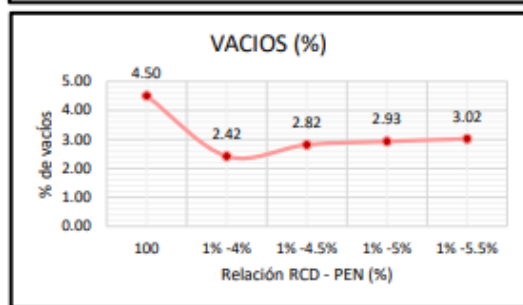
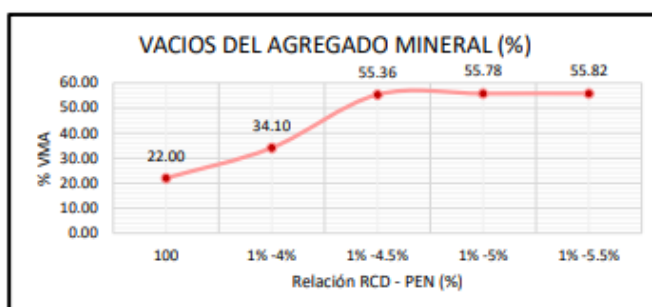
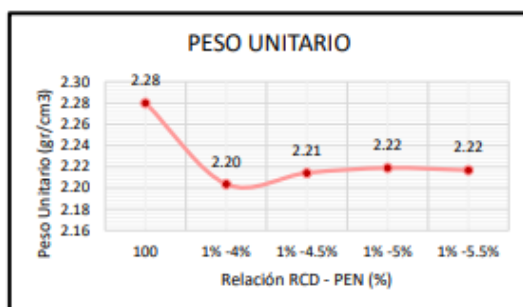
Fuente: Propia

En la gráfica 4, se presentan los resultados correspondientes a cada parámetro de diseño según la normativa Marshall MTC E 504 aplicada a la muestra que incluye un 3% de filler de RCD de concreto. Esta representación visual ofrece una visión detallada de los resultados obtenidos, acompañada de un resumen tabular que destaca los valores óptimos para cada indicador de diseño específico.

Resultado del diseño de mezcla con 5%RCD - %PEN

Tabla 42: Análisis de los resultados del diseño de mezcla con 5%RCD - %PEN

RESULTADOS								
Relación Filler Pen	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1%-4%	2.20	2.42	34.10	92.91	20.33	2310.00	1.23	4525.67
1%-4.5%	2.21	2.82	55.36	94.91	21.67	1907.97	1.23	3673.96
1%-5%	2.22	2.93	55.78	94.75	18.00	2005.84	1.23	4501.11
1%-5.5%	2.22	3.02	55.82	94.59	18.67	1776.98	1.23	4005.51
1%-6%	2.22	2.86	55.82	94.88	26.67	1435.09	1.23	2325.51

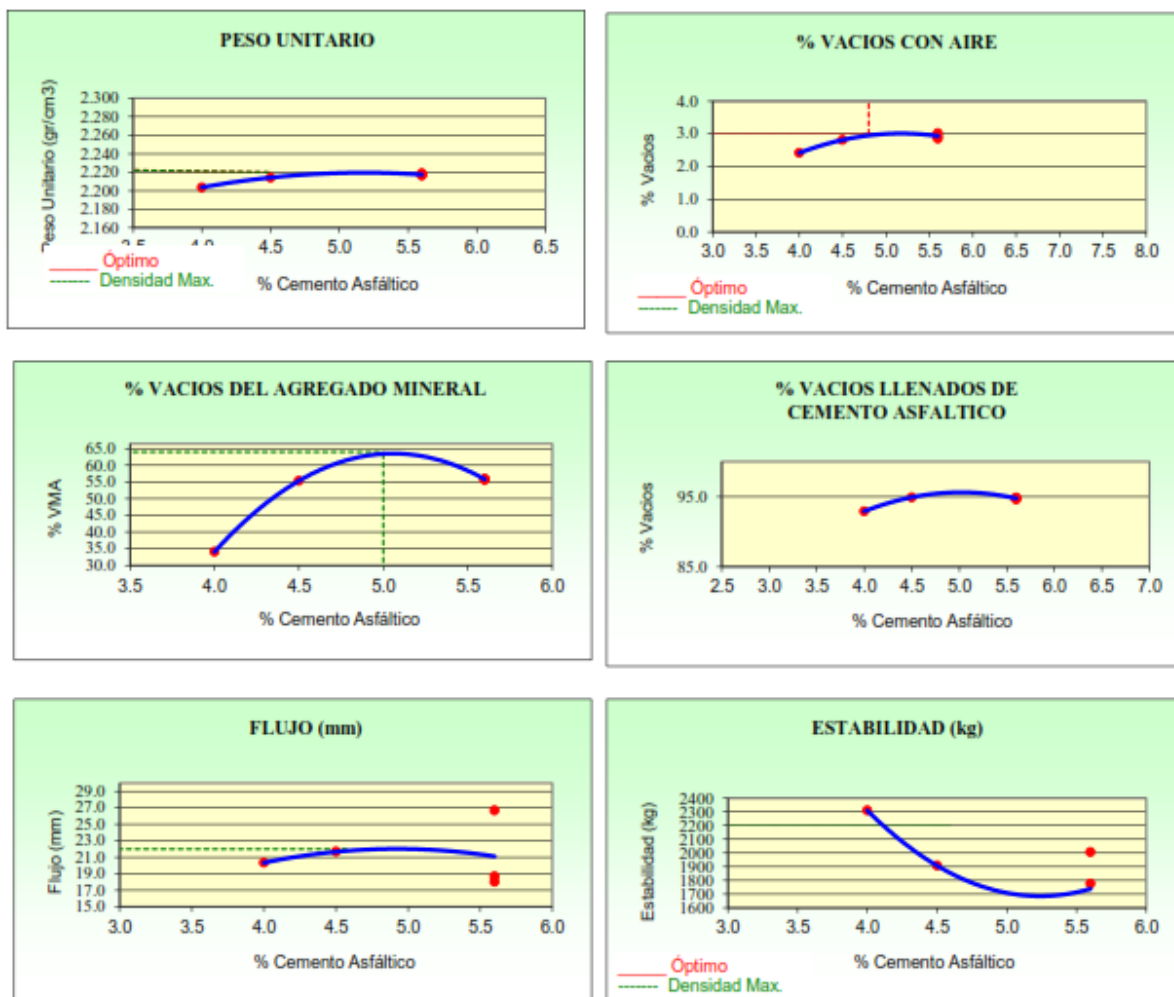


Fuente: Propia

En la Tabla 41 los resultados obtenidos en el diseño de mezcla con adición de 5% de filler de RCD de concreto para todas las variaciones en porcentajes de cemento asfáltico, los cuales son: 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Según comparaciones con la tabla 423-06 del Manual de Carreteras los datos obtenidos cumplen con la normativa, teniendo resultados más favorables en las variaciones de PEN de 4.5% y 5.5%.

Presentación gráfica del diseño asfáltico con 5%RCD

Gráfico 5: Representación gráfica del diseño asfáltico con 5%RCD



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.0
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.230
Vacios (%)	3.00
Vacios del Agregado mineral (%)	64.00
Vacios Llenados de C.A (%)	96.00
Flujo (mm)	5.59
Estabilidad (Kg)	2300
Relación Polvo Asfalto	0.89

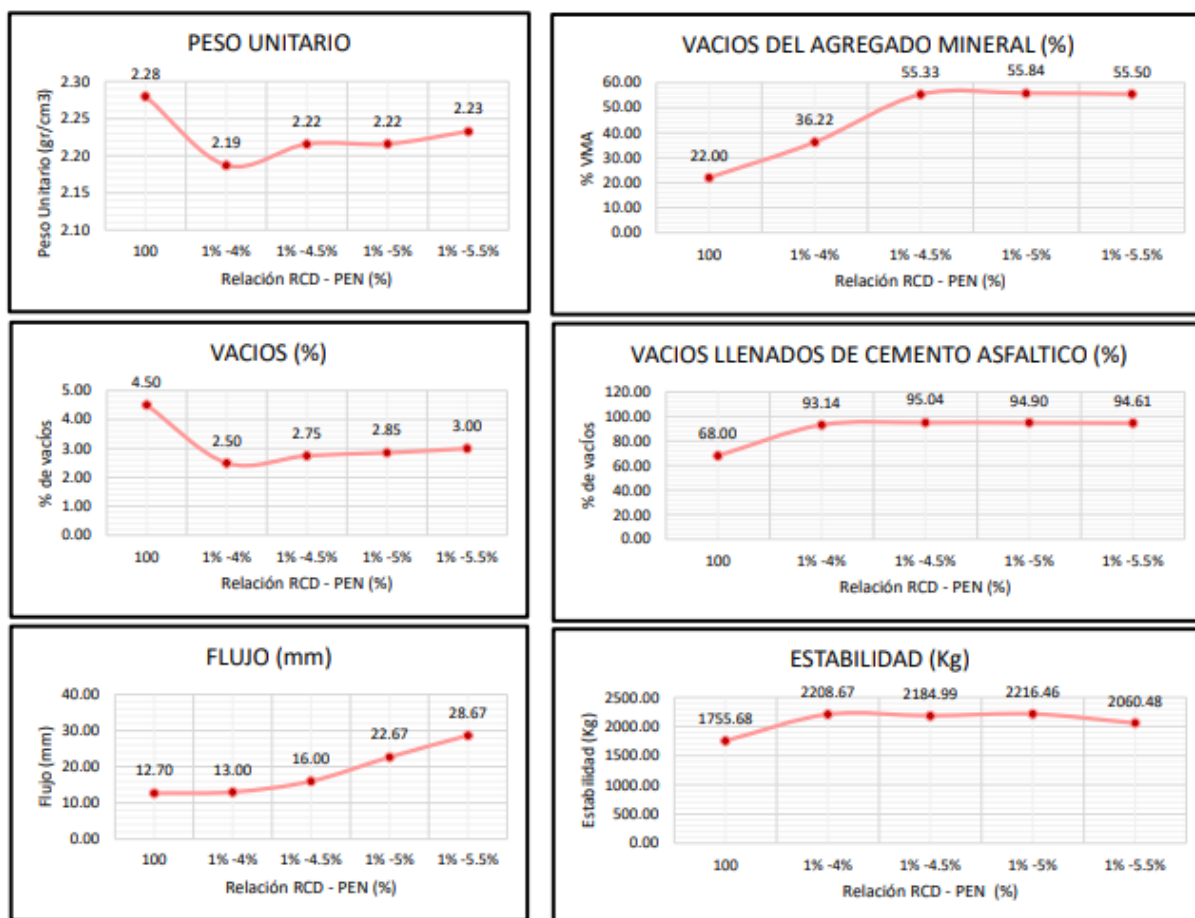
Fuente: Propia

A través de la gráfica 5 se tiene la representación gráfica para cada uno de los parámetros de diseño según Marshall MTC E 504 para la muestra con adición de 5% de filler de RCD de concreto, donde se puede ver a mejor detalle de los resultados obtenidos, se detalla los resultados óptimos para cada indicador de diseño

Resultado del diseño de mezcla con 7%RCD - %PEN

Tabla 43: Análisis de los resultados del diseño de mezcla con 7%RCD - %PEN

RESULTADOS								
Relación Filler PEN	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Lenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1%-4%	2.19	2.50	36.22	93.14	13.00	2208.67	1.23	6708.03
1%-4.5%	2.22	2.75	55.33	95.04	16.00	2184.99	1.23	5510.74
1%-5%	2.22	2.85	55.84	94.90	22.67	2216.46	1.23	3855.23
1%-5.5%	2.23	3.00	55.50	94.61	28.67	2060.48	1.23	2836.81
1%-6%	2.23	3.01	55.59	94.60	24.00	2288.04	1.23	3863.21

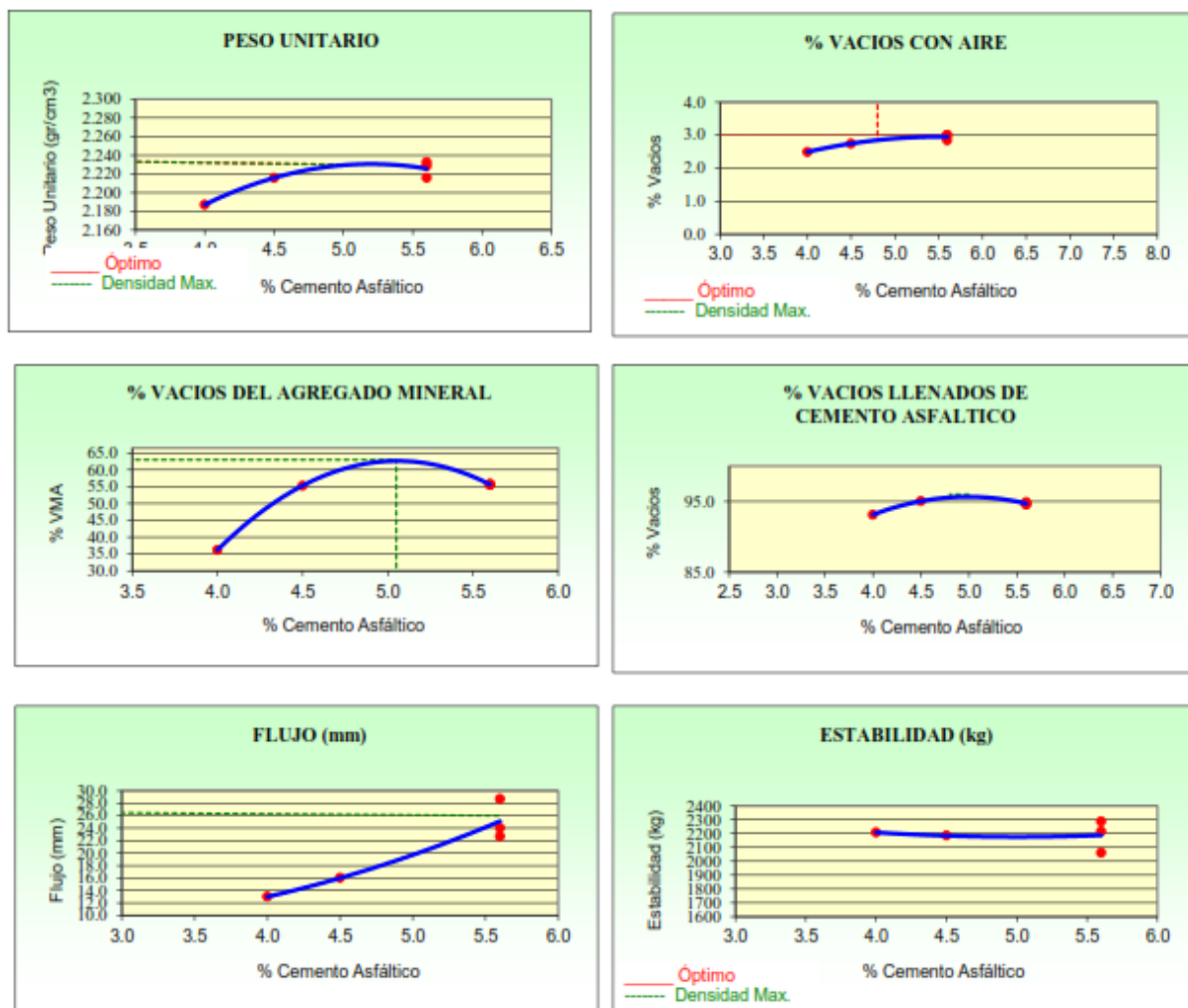


Fuente: Propia

Según la Tabla 40 los resultados obtenidos en el diseño de mezcla con adición de 3% de filler de RCD de concreto para todas las variaciones en porcentajes de cemento asfáltico, los cuales son: 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Según comparaciones con la tabla 423-06 del Manual de Carreteras los datos obtenidos cumplen con la normativa, teniendo resultados más favorables en las variaciones de PEN de 4% y 4.5% para el flujo y 5% al 6% para los demás parámetros.

Presentación gráfica del diseño asfáltico con 7%RCD

Gráfico 6: Representación gráfica del diseño asfáltico con 7%RCD



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.8
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.240
Vacios (%)	3.00
Vacios del Agregado mineral (%)	63.00
Vacios Llenados de C.A (%)	96.00
Flujo (mm)	6.86
Estabilidad (Kg)	2300
Relación Polvo Asfalto	0.86

Fuente: Propia

Se ha realizado la representación gráfica para cada uno de los parámetros de diseño según Marshall MTC E 504 para la muestra con adición de 7% de filler de RCD de concreto, donde se puede ver a mejor detalle de los resultados obtenidos, se detalla los resultados óptimos para cada indicador de diseño

Resultado del ensayo Marshall

Mezcla asfáltica patrón

Tabla 44: Ensayo Marshall – Mezcla patrón

ENSAYO DE METODO MARSHALL			
MEZCLA: 60%AG - 39%AF - 1%FILLER			
MUESTRA	PEN 60/70	FLUJO mm	ESTABILIDAD kg
1	4.0%	24	1583
2	4.0%	29	1939
3	4.0%	27	1723
4	4.5%	15	2001
5	4.5%	20	1653
6	4.5%	23	1340
7	5.0%	21	1370
8	5.0%	30	1936
9	5.0%	28	2075
10	5.5%	30	2199
11	5.5%	22	2156
12	5.5%	27	2210
13	6.0%	16	1750
14	6.0%	21	2242
15	6.0%	25	1940

Fuente: Propia

Mezcla asfáltica – 1%RCD

Tabla 45: Ensayo Marshall – Mezcla asfáltica 1%RCD

ENSAYO DE METODO MARSHALL			
MEZCLA: 60%AG - 39%AF - 1%RCD			
MUESTRA	PEN 60/70	FLUJO mm	ESTABILIDAD kg
1	4.0%	20	2506
2	4.0%	20	1594
3	4.0%	27	1364
4	4.5%	25	2137
5	4.5%	19	1521
6	4.5%	35	1882
7	5.0%	24	2061
8	5.0%	25	1970
9	5.0%	34	2170
10	5.5%	24	2025
11	5.5%	21	1655
12	5.5%	25	2215
13	6.0%	38	1385
14	6.0%	23	2260
15	6.0%	34	1520

Fuente: Propia

Mezcla asfáltica – 3%RCD

Tabla 46: Ensayo Marshall – Mezcla asfáltica 3%RCD

ENSAYO DE METODO MARSHALL			
MEZCLA: 58%AG - 39%AF - 3%RCD			
MUESTRA	PEN 60/70	FLUJO mm	ESTABILIDAD kg
1	4.0%	17	2281
2	4.0%	25	3101
3	4.0%	19	2323
4	4.5%	29	2049
5	4.5%	27	2129
6	4.5%	24	2183
7	5.0%	26	1882
8	5.0%	18	2032
9	5.0%	15	2502
10	5.5%	37	2053
11	5.5%	25	2391
12	5.5%	28	1904
13	6.0%	20	2194
14	6.0%	25	1949
15	6.0%	30	2392

Fuente: Propia

Mezcla asfáltica – 5%RCD

Tabla 47: Ensayo Marshall – Mezcla asfáltica 5%RCD

ENSAYO DE METODO MARSHALL			
MEZCLA: 57%AG - 38%AF - 5%RCD			
MUESTRA	PEN 60/70	FLUJO mm	ESTABILIDAD kg
1	4.0%	23	2172
2	4.0%	19	2393
3	4.0%	19	2365
4	4.5%	23	1993
5	4.5%	15	2033
6	4.5%	27	2302
7	5.0%	23	2340
8	5.0%	15	2138
9	5.0%	16	2082
10	5.5%	16	2140
11	5.5%	25	1650
12	5.5%	25	1981
13	6.0%	25	1909
14	6.0%	35	1010
15	6.0%	20	1778

Fuente: Propia

Mezcla asfáltica – 7%RCD

Tabla 48: Ensayo Marshall – Mezcla asfáltica 7%RCD

ENSAYO DE METODO MARSHALL			
MEZCLA: 56%AG - 37%AF - 7%RCD			
MUESTRA	PEN 60/70	FLUJO mm	ESTABILIDAD kg
1	4.0%	12	2290
2	4.0%	13	1930
3	4.0%	14	2406
4	4.5%	15	2176
5	4.5%	19	2125
6	4.5%	14	2426
7	5.0%	22	2270
8	5.0%	23	2213
9	5.0%	23	2319
10	5.5%	28	2262
11	5.5%	31	2159
12	5.5%	27	2018
13	6.0%	25	2008
14	6.0%	27	2831
15	6.0%	20	2906

Fuente: Propia

Resultado del peso específico de las mezclas asfálticas

Mezcla asfáltica patrón

Tabla 49: Resultado del peso específico – Mezcla Patrón

PESO ESPECIFICO - MEZCLA ASFALTICA PATRON						
MUESTRA	PEN 60/70	ALTURA cm	DIAMETRO cm	PESO DE LA MUESTRA (kg)	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA (kg)	PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA (kg)
1	4.0%	6.9	10.1	1.18	0.66	1.18
2	4.0%	6.8	10.1	1.17	0.66	1.19
3	4.0%	6.9	10.1	1.21	0.68	1.22
4	4.5%	6.9	10.1	1.24	0.71	1.25
5	4.5%	6.5	10.1	1.16	0.65	1.16
6	4.5%	6.7	10.1	1.18	0.66	1.19
7	5.0%	6.5	10.1	1.13	0.62	1.13
8	5.0%	6.8	10.1	1.2	0.68	1.21
9	5.0%	6.8	10.1	1.22	0.66	1.22
10	5.5%	6.8	10.1	1.18	0.66	1.19
11	5.5%	6.8	10.1	1.23	0.7	1.23
12	5.5%	6.8	10.1	1.21	0.69	1.21
13	6.0%	6.4	10.1	1.15	0.65	1.15
14	6.0%	6.8	10.1	1.22	0.7	1.23
15	6.0%	6.8	10.1	1.18	0.67	1.19

Fuente: Propia

Mezcla asfáltica – 1%RCD*Tabla 50: Resultado del peso específico – Mezcla asfáltica con 1%RCD*

PESO ESPECIFICO - MEZCLA ASFALTICA 1%RCD						
MUESTRA	PEN 60/70	ALTURA cm	DIAMETRO cm	PESO DE LA MUESTRA	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA	PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA (kg)
1	4.0%	6.6	10.1	1.2	0.69	1.2
2	4.0%	6.4	10.1	1.09	0.62	1.1
3	4.0%	6.8	10.1	1.17	0.66	1.18
4	4.5%	6.6	10.1	1.17	0.66	1.18
5	4.5%	6.5	10.1	1.15	0.65	1.16
6	4.5%	6.8	10.1	1.2	0.67	1.21
7	5.0%	6.6	10.1	1.17	0.67	1.18
8	5.0%	6.7	10.1	1.18	0.66	1.19
9	5.0%	6.9	10.1	1.22	0.69	1.22
10	5.5%	6.6	10.1	1.18	0.67	1.19
11	5.5%	6.6	10.1	1.15	0.63	1.16
12	5.5%	6.7	10.1	1.22	0.7	1.22
13	6.0%	6.6	10.1	1.12	0.63	1.14
14	6.0%	6.6	10.1	1.2	0.68	1.2
15	6.0%	6.7	10.1	1.18	0.66	1.18

Fuente: Propia

Mezcla asfáltica – 3%RCD*Tabla 51: Resultado del peso específico – Mezcla asfáltica con 3%RCD*

PESO ESPECIFICO - MEZCLA ASFALTICA 3%RCD						
MUESTRA	PEN 60/70	ALTURA cm	DIAMETRO cm	PESO DE LA MUESTRA (kg)	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA (kg)	PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA (kg)
1	4.0%	6.7	10.1	1.21	0.62	1.22
2	4.0%	6.8	10.1	1.24	0.71	1.25
3	4.0%	6.7	10.1	1.2	0.67	1.23
4	4.5%	6.9	10.1	1.23	0.69	1.24
5	4.5%	6.9	10.1	1.24	0.68	1.25
6	4.5%	6.9	10.1	1.24	0.69	1.25
7	5.0%	6.7	10.1	1.18	0.66	1.2
8	5.0%	6.7	10.1	1.19	0.67	1.2
9	5.0%	6.6	10.1	1.18	0.63	1.19
10	5.5%	6.6	10.1	1.19	0.67	1.21
11	5.5%	6.7	10.1	1.22	0.58	1.23
12	5.5%	6.6	10.1	1.19	0.64	1.21
13	6.0%	6.7	10.1	1.19	0.67	1.21
14	6.0%	6.7	10.1	1.19	0.67	1.22
15	6.0%	6.7	10.1	1.2	0.62	1.22

Fuente: Propia

Mezcla asfáltica – 5%RCD*Tabla 52: Resultado del peso específico – Mezcla asfáltica con 5%RCD*

PESO ESPECIFICO - MEZCLA ASFALTICA 5%RCD						
MUESTRA	PEN 60/70	ALTURA cm	DIAMETRO cm	PESO DE LA MUESTRA	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA	PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA (kg)
1	4.0%	6.4	10.1	1.13	0.56	1.14
2	4.0%	6.7	10.1	1.2	0.67	1.21
3	4.0%	6.5	10.1	1.18	0.66	1.19
4	4.5%	6.8	10.1	1.21	0.68	1.23
5	4.5%	6.7	10.1	1.19	0.6	1.21
6	4.5%	6.9	10.1	1.26	0.7	1.27
7	5.0%	6.7	10.1	1.21	0.67	1.21
8	5.0%	6.6	10.1	1.21	0.68	1.21
9	5.0%	6.8	10.1	1.23	0.68	1.24
10	5.5%	6.6	10.1	1.22	0.69	1.23
11	5.5%	6.6	10.1	1.17	0.67	1.19
12	5.5%	6.6	10.1	1.19	0.64	1.2
13	6.0%	6.7	10.1	1.24	0.7	1.24
14	6.0%	6.6	10.1	1.14	0.64	1.16
15	6.0%	6.5	10.1	1.2	0.67	1.2

Fuente: Propia

Mezcla asfáltica – 7%RCD*Tabla 53: Resultado del peso específico – Mezcla asfáltica con 7%RCD*

PESO ESPECIFICO - MEZCLA ASFALTICA 7%RCD						
MUESTRA	PEN 60/70	ALTURA cm	DIAMETRO cm	PESO DE LA MUESTRA (kg)	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA (kg)	PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA (kg)
1	4.0%	6.6	10.1	1.17	0.67	1.18
2	4.0%	6.6	10.1	1.17	0.63	1.17
3	4.0%	6.4	10.1	1.17	0.65	1.18
4	4.5%	6.6	10.1	1.17	0.66	1.18
5	4.5%	6.5	10.1	1.18	0.67	1.18
6	4.5%	6.5	10.1	1.14	0.63	1.15
7	5.0%	6.3	10.1	1.12	0.64	1.13
8	5.0%	6.8	10.1	1.22	0.69	1.22
9	5.0%	6.3	10.1	1.15	0.65	1.15
10	5.5%	6.7	10.1	1.2	0.68	1.21
11	5.5%	6.6	10.1	1.18	0.66	1.18
12	5.5%	6.5	10.1	1.17	0.65	1.17
13	6.0%	7	10.1	1.24	0.69	1.25
14	6.0%	6.8	10.1	1.24	0.69	1.25
15	6.0%	6.8	10.1	1.23	0.71	1.23

Fuente: Propia

Comparación del diseño asfáltico

Tabla 54: Resultado de comparación del diseño asfáltico con el óptimo porcentaje

COMPARACIÓN DEL DISEÑO ASFALTICO					
FILLER	1% CEMENTO	1% RCD	3% RCD	5% RCD	7% RCD
Optimo Contenido C.A	5.3	5.4	5.1	5.0	4.8
Peso Unitario (gr/cm ²)	2230	2300	2300	2230	2240
Vacios (%)	3.00	2.80	2.60	3.00	3.00
Vacios del Agr. Mineral (%)	65.0	65.0	61.0	64.0	63.0
Vacios llenos de C.A (%)	95.0	95.0	95.0	96.0	96.0
Flujo (mm)	7.11	7.62	7.62	5.59	6.86
Estabilidad (Kg)	1500	1800	2200	2300	2300
Relación Polvo Asfalto	0.95	0.98	0.92	0.89	0.86

Fuente: Propia

Se ha optado por la incorporación del RCD como alternativa clave para la sostenibilidad de la industria de la construcción, el uso adecuado de estos puede contribuir positivamente a la reducción del impacto ambiental, evitando agotar las materias primas, disminuyendo la extracción de estos materiales procedentes de canteras y reduciendo el volumen de residuos que llegan a parar a vertederos, logrando el cuidado del medio ambiente.

Se ha decidido usar el RCD para filler en vez de cal o cemento porque la base de la investigación es la influencia del RCD en las mezclas asfálticas, esta investigación es el análisis del comportamiento físico-mecánico para ser usado como filler, donde el porcentaje analizado es de 1% RCD, 3% RCD, 5% RCD y 7% RCD para cada ensayo.

Se efectuó una comparación (Tabla 53) entre los resultados del diseño asfáltico con el porcentaje óptimo, considerando las mezclas asfálticas con filler estándar y modificado en proporciones del 1% RCD, 3% RCD, 5% RCD y 7% RCD para cada prueba. Como resultado, se obtuvieron datos tales como peso unitario, porcentajes de vacíos, vacíos en el agregado mineral, vacíos llenos de C.A., flujo, estabilidad y relación polvo-asfalto.

Se concluyó que el porcentaje óptimo de asfalto corresponde al 1% RCD, ya que se asemeja a la mezcla asfáltica estándar y se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma EG – 2013. Además, los resultados sugieren que el 5% RCD muestra una mayor resistencia.

Para esta investigación se ha utilizado el RCD de concreto, pero se abre a la posibilidad de probar con otro filler para incrementar el porcentaje óptimo de asfalto en todas sus propiedades, puesto que en nuestra investigación si se logró el objetivo principal para climas cálidos, pero cumplirá para los climas fríos o se requiere de otros ensayos para su funcionamiento.

Conclusiones

- Mediante esta investigación se realizó un proyecto innovador en el sector construcción por la reutilización de los Residuos de Construcción y Demolición obtenidos en los botaderos de la ciudad, dándole un mejor uso y ayudando a mitigar el impacto ambiental.
- El procedimiento de triturado del RCD de concreto ha sido el adecuado para cumplir con la finura y características que requiere la norma para ser empleado dentro de la mezcla asfáltica como filler por medio de la máquina de los Ángeles y tamizado.
- Los análisis llevados a cabo en los agregados empleados en la mezcla asfáltica han satisfecho los criterios establecidos en la Tabla 223-01 y la Tabla 223-02 del "Manual de Carreteras". El asfalto utilizado, proveniente de la planta de Petroperú y específicamente formulado para climas cálidos (PEN 60/70), cumple con los estándares del lugar de estudio. La distribución granulométrica de los áridos para el concreto asfáltico en caliente cumple con las especificaciones del MAC-2, ajustándose a los requisitos detallados en la Tabla 223-03 del "Manual de Carreteras".
- Se realizó los ensayos correspondientes para agregado grueso realizando un análisis con la norma E.G. 2013, teniendo los siguientes ensayos: la gravedad específica y absorción de agregados gruesos, cumpliendo con los parámetros indicados según la norma, donde establece un valor máximo de 1%, para el ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles su porcentaje de desgaste fue 16.4% cumpliendo con lo requerido, pues la norma pide un máximo de 40% de desgaste, en el ensayo de la determinación de partículas chatas y alargadas, el resultado de 2.75% es del índice de alargamiento del agregado y 5.77% es del índice de aplanamiento del agregado, estando dentro de los parámetros normativos en donde establece un porcentaje máximo del 10%, para el análisis del contenido de sales solubles según norma debe tener un máximo de 0.5% obteniendo un 0.03% en nuestro análisis para el agregado grueso, en el ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio se obtiene un 6.8% cumpliendo con los requerimientos de norma que establece un máximo de 18% y por último se realizó el ensayo de porcentaje de caras fracturadas en los agregados donde luego de procesar los datos se tiene 81.2% de partículas con una cara fracturada y se tiene un 83.7% de partículas con dos o más caras fracturadas cumpliendo con la norma.
- Los ensayos correspondientes al agregado fino fueron realizados y comparados con los estándares de la norma E.G. 2013, arrojando los siguientes resultados: en el ensayo de equivalente de arena se obtuvo un 61%, cumpliendo con la normativa que establece un

mínimo del 60%; asimismo, en el ensayo de gravedad específica para agregado fino, la absorción fue de 0.19%, dentro del límite máximo del 0.5% indicado por la norma. En el análisis de contenido de sales solubles en agregado fino, se registró un porcentaje de 0.02%, cumpliendo con las especificaciones de la norma. En el ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio para la arena natural se obtuvo un 7%, en conformidad con la normativa. Finalmente, en el ensayo de plasticidad se determinó el límite líquido de la arena amarilla, la cual no presenta límite líquido ni límite plástico ni índice de plasticidad, ya que es no plástica.

- Después de los ensayos a las briquetas con la adición de filler de RCD de concreto y filler de cemento se realizó la comparación de resultados obteniendo un incremento en la estabilidad de las mezclas asfálticas indicando una gran capacidad para resistir a desplazamientos, lo contrario pasa con el flujo que no llega a cumplir con los parámetros teniendo una mínima diferencia, indicando que tendrá un agrietamiento mínimo.
- De acuerdo al análisis con la metodología Marshall que se ha realizado de las adiciones de 1%, 3%, 5% y 7% de RCD de concreto y 1% de cemento, la adición que se asemeja a cumplir con los parámetros para lograr el óptimo contenido de asfalto según la Tabla 423-06 del EG-2013, es el 1% RCD de RCD de concreto y con el 5% de RCD de concreto solo se tiene mayor resistencia.
- Según el requerimiento para el óptimo contenido de asfalto, los porcentajes de 1% de cemento, 5% y 7% de RCD de concreto cumplen con el porcentaje de vacíos de aire (VA), que indican porcentajes óptimos de espacios de aire entre las partículas del agregado; para el 1% y 3% de RCD de concreto cuentan con mayor flujo de todas las adiciones, lo contrario pasa con el 5% de RCD de concreto que tiene la mayor estabilidad, en cuanto a la relación polvo-asfalto y vacíos de agregado mineral todos los porcentajes ensayados se encuentran dentro de los requisitos, según norma del Manual de Carreteras, lo que indica que contienen porcentajes óptimos de vacíos intergranulares entre las partículas del agregado de la mezcla asfáltica compactados incluyendo vacíos de aire y cemento asfáltico efectivo, para el porcentaje de vacíos llenos de cemento asfáltico (VFA) según los resultados, para todos los diseños de mezcla se tiene una mínima saturación de asfalto en el volumen de la mezcla; para todos sin embargo no todos los porcentajes de filler logran cumplir con las propiedades de las mezclas asfálticas, donde la estabilidad es uno de los resultados más favorables que se ha obtenido dando una gran resistencia al desplazamiento para todos los diseños de las mezclas asfálticas.

Recomendaciones

- Se recomienda que al momento del triturado de los RCD se debe contar con los equipos de protección personal para evitar algún daño.
- Se recomienda que los agregados deben cumplir con los parámetros establecidos según la norma para realizar adecuadamente los ensayos, para lograr mejor manejo de la mezcla asfáltica.
- Se recomienda el uso del RCD para futuras investigaciones del rubro y así plantear una nueva alternativa ecológica para el mejoramiento del medio ambiente.
- Se debe contar con un ambiente diseñado para realizar las mezclas asfálticas, debido que se debe tener cuidado al manejo de estos materiales.
- Se recomienda en caso se desea realizar un análisis de climas fríos otro porcentaje de RCD para convertirse en filler y pueda cumplir con todas las propiedades requeridas según reglamento.
- Tener en cuenta que la mezcla asfáltica debe llegar a la temperatura ideal y ver que el PEN cubra la totalidad de los demás materiales de mezcla asfáltica.

Referencias

- [1] J. C. Camacho, «Evaluación a la fatiga de concreto asfáltico modificado con residuos de construcción y demolición,» Colombia, 2021.
- [2] I. O. B. Garay, «Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (Estudio de Caso),» Lima, 2018.
- [3] W. E. C. Castro, «Reaprovechamiento de residuos de construcción y demolición en el casco urbano de Chiclayo,» Trujillo, 2019.
- [4] L. C. C. C. y E. H. S. Suarez, «Evaluación del comportamiento de una mezcla asfáltica con adición de filler de residuos de mampostería,» Colombia, 2020.
- [5] D. A. Alvarez, «Influencia de la utilización de residuos de construcción y demolición (RCD) tipo hormigón como árido grueso en mezclas asfálticas en caliente,» Habana, 2022.
- [6] L. C. Zartha y S. O. F. C. y L. D. R. Roza, «Estudio de Mezclas asfálticas densas con adición de agregados reciclados de concreto (RCA),» Bogotá, 2019.
- [7] J. G. B. Martínez y J. M. S. L. y H. A. R. Quintana, «Evaluación de una mezcla asfáltica con incorporación de agregados reciclados de concreto tratados superficialmente con una solución química de sulfato de magnesio,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, pp. 9-23, 2022.
- [8] S. L. y T. Chompoorat, «Laboratory investigation of the performances of cement and fly ash modified asphalt concrete mixtures,» *Revista internacional de investigación y tecnología de pavimentos*, 2016.
- [9] B. K. y A. G. J. Choudhary, «Utilization of solid waste materials as alternative fillers in asphalt mixes,» Indian Institute of Technology, India, 2020.
- [10] J. Q. Martínez, «Influencia de la adición de cal hidratada o cemento a la estabilidad y fluencia dentro del diseño mezcla asfáltica en caliente, Pilcomayo,» Huancayo, 2018.
- [11] H. P. C. C. y A. P. Irazabal, «Propuesta teórica de diseño de mezcla asfáltica en caliente producida a temperatura ambiente menor a seis grados centrifugados en Perú,» Lima, 2020.
- [12] F. J. L. G. y R. L. M. Lostaunau, «Desempeño de la mezcla asfáltica utilizando residuos de concreto como reemplazo parcial del agregado grueso,» Lima, 2021.
- [13] J. L. Q. V. y J. M. S. Saavedra, «Incorporación de fibra plástica para mejorar la propiedad mecánico-física del pavimento flexible del Pueblo Joven Santa Rosa, Región Lambayeque, 2021,» Chiclayo, 2021.

- [14] F. L. V. Nuñez, «Evaluación del efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica,» Chiclayo, 2018.
- [15] A. P. Rodriguez, «Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista,» España, 2004.
- [16] A. P. Gonzales, «Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista,» Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2004.
- [17] L. P. M. Neyra, «Influencia de la adición de ceniza orgánica como filler en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente,» Universidad Continental, Huancayo, 2018.
- [18] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción,» MTC, Lima, 2013.
- [19] C. U. E. GONZÁLEZ, «Elaboración de mezclas asfálticas en caliente con adición de residuos de construcción y demolición (concreto hidráulico) en un 10% y 20% como sustitución de agregado pétreo natural,» *CONPAT*, vol. 2, 2019.
- [20] M. PERALTA FLORES, «Aplicación de polvo de concreto reciclado en el comportamiento reológico de mezclas asfálticas caliente,» Huancayo, 2018.
- [21] S. M. y. A. Ordoñez, «Manual de Laboratorio de Ensayos para Pavimentos,» Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2001.
- [22] L. L. y. C. C. C. S. Arellano Loayza, «Importancia de la evaluación a las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente a más de 3000 msnm para el proyecto carretera desvío Imperial-Pampas,» Lima, 2018.
- [23] Instituto de asfalto, «Principios de Construcción de Mezcla Asfáltica en Caliente,» EE.UU, 1992.
- [24] M. F. F. J. A. G. L. y. H. D. A. P. Garnica Aguas, «Caracterización geomecánicas de mezclas asfálticas,» *Sanfandila*, n° 267, 2005.
- [25] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial,» Lima, 2008
- [26] J. IRIGOIN QUESQUÉN, Comparación entre los métodos AASHTO 93 e instituto del asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el AH San Lorenzo - José Leonardo Ortiz – Chiclayo - Perú, 2018.
- [27] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos », Lima , 2014.

[28] P. C. Fernandez Rios, “Guía De Diseño Para Determinar Pavimentos Flexibles Aeroportuarios, Según La Administración Federal De Aviación (Faa)”, Título profesional, Univ. Ricardo Palma, Lima, 2021.

[28] Alfonso Montejo Fonseca «Ingeniería de Pavimentos para Carreteras», Bogota, 1998

Anexos

- Ficha técnica de Cemento Asfáltico 60/70 PEN

Petroperú

N° GDCN-LAB-2158-2022

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN)		CÓDIGO DE MUESTRA :		
FECHA DE REPORTE: 19.10.2022	FECHA DE RECEPCIÓN 18.10.2022	18152		
HORA DE RECEPCIÓN: 09:35 HORAS	PROCEDENCIA: JEFATURA OPERACIONES	BUQUE/TANQUE:		
TANQUE DE MUESTREO : 9	VOLUMEN CERTIFICADO:	DESTINO: PLANTA CONCHÁN		
ENSAYOS	MÉTODO ASTM ^(A)	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
			MIN.	MAX.
PENETRACIÓN: a 25°C, 100 gr, 5 seg., 1/10 mm	D5/D5M-20	65	60	70
DUCTILIDAD: a 25°C, 5 cm/min, cm	D113-17	>150	100	
FLUIDEZ: - Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D2170/D2170M-18	5410	200	Reportar
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D2170/D2170M-18	530.0		
SOLUBILIDAD: Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-20	99.8	99	
VOLATILIDAD: Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D92-18	290	232	
DENSIDAD: Gravedad API a 60°F, °API	D 70-18a	6.8		Reportar
Gravedad Específica a 60/60°F	D 70-18a	1.023		Reportar
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA: Punto de Ablandamiento, °C	D36-14e1	50.0		Reportar
Índice de Penetración		-0.6	-1	+1
Efecto de Calor y Aire (Película Fina): - Cambio de Masa, % masa del Original	D1754-09(2014)	0.1		0.8
- Penetración Retenida, % del Original	D5/D5M-20	75	52	
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D113-17	>140	50	
OBSERVACIONES:				
1. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada.				
2. La muestra fue proporcionada por el cliente.				
La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 146 y 162°C				
Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.				
3. (A):American Society for Testing and Materials				
ORIGINAL : CLIENTE	ELABORADO POR: LUCERO MUÑOZ VILLANUEVA FICHA: 57864	APROBADO POR: MARIEL VALDEZ ENRIQUEZ FICHA: 57535 CIP N° 148797		

GDCNLAB-PG-015-P-02, Rev. 7

FIN DE INFORME

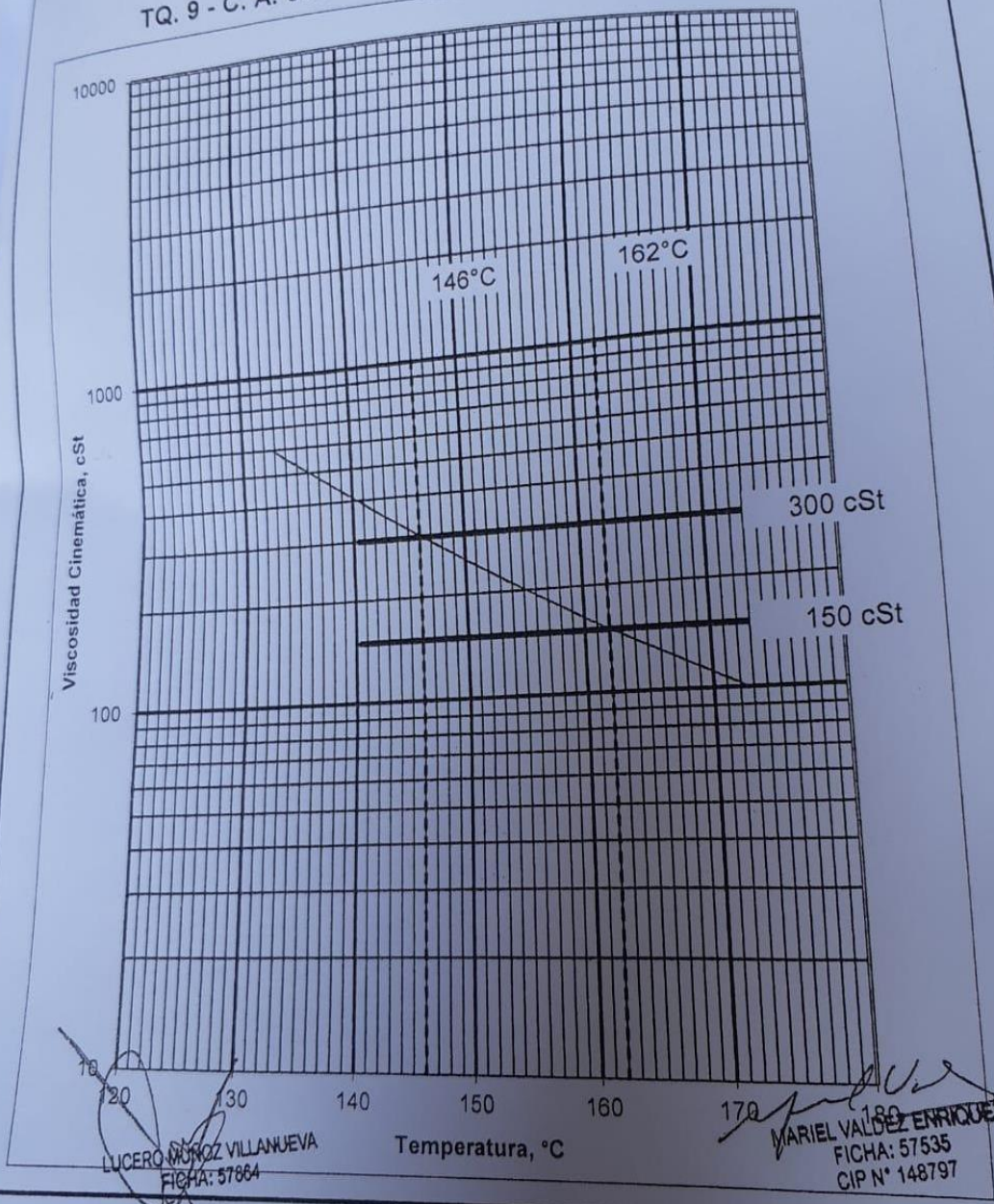
Pag 1 de 2

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERÚ

Unidad Departamento Refinación Conchán
Carretera Sur km 26,5 - Lurín
Teléfono: 011 4220 1150 / 011 4220 1170

/petroperu
 @petroperu_sj
 /canalpetroperu
 in

Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341
Rango de Temperatura Optima de Mezcla
TQ. 9 - C. A. 60 / 70 PEN. - 18.10.2022 - 09:35 horas



LUCERO MONTEZ VILLANUEVA
FICHA: 57864

MARIEL VALDEZ ENRIQUEZ
FICHA: 57535
CIP Nº 148797

- Informe de validación de ensayos



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N°: LEM USAT 004-2023-II

FECHA: 24 de Octubre 2023

Validación de Ensayos de Laboratorio

ESTUDIANTE: Ruth Noemi Salvador Reyes

TITULO DE LA TESIS: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

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

ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Peso específico y absorción
- Abrasión
- Caras fracturadas
- Chatas y alargadas
- Durabilidad (al sulfato de magnesio)

- Equivalente de arena
- Durabilidad (al sulfato de magnesio)
- Contenido de sales solubles
- Ensayos al RCD de concreto

ENSAYOS AL RCD DE CONCRETO

- Peso específico
- Materia orgánica (Pérdida por ignición)

ENSAYOS DEL AGREGADO FINO

- Granulometría
- Porcentaje de finos – malla N°40
- Contenido de humedad
- Peso específico y absorción

ENSAYOS A LAS MUESTRAS DE MESCLA ASFÁLTICA

- Peso específico
- Ensayo Marshall
- Ensayo Rice


 Rivadeneyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

• **Ensayos a los agregados**



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



Tesista : Salvador Reyes Ruth Noemi
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 15 de Mayo del 2023

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

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Cantera Tres Tomas
Muestra : Agregado grueso

% de desgaste por abrasión	%	16.4
% de uniformidad	%	0.4

Requerimiento: 40 % Maximo

OBSERVACIONES :

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revoluciones : total 500


Rivaldeyza Politas Henry
TECNICO DE LABORATORIO





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



Tesista : Salvador Reyes Ruth Noemi
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : Chiclayo - Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 24 de Abril del 2022

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

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P	(g)	947.0	947.0
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	640.2	640.2
3.- Peso del Agua	(g)	306.82	306.82
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	639.27	639.27
5.- Peso del Frasco	(g)	140.2	140.2
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	499	499
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.583
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.588
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.596
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.19

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

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	2704	2704
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2730	2730
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canchero	(g)	2530	2530
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1650	1650

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.504
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.528
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.565
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.96



Rivero Neyra Jblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO



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



Tesista : Salvador Reyes Ruth Noemi
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : Chiclayo - Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 24 de Abril del 2022

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

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	3000	3000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2915	2915
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	2.92	2.92
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	2.92	

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

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	6000	6000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	5950	5950
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.8	0.8
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.84	



RIVERA AGOSTO Oblitas Jentz
TÉCNICO DE LABORATORIO



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



Tesista : Salvador Reyes Ruth Noemi
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 27 de Abril del 2023

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: MTC E 210; ASTM D 5821)

Cantera

Piedra Chancada - Tres Tomas

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	15124.0	11758.0	77.7 %	15124.0 %	11758.0 %
2"	1 1/2"	7500.0 g.	7535.0	7367.0	97.8 %	7535.0 %	7367.0 %
1 1/2"	1"	3000.0 g.	3134.0	2165.2	69.1 %	3134.0 %	2165.2 %
1"	3/4"	1500.0 g.	1535.0	996.1	64.9 %	1535.0 %	996.1 %
3/4"	1/2"	500.0 g.	576.0	387.7	67.3 %	576.0 %	387.7 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	334.0	256.3	76.7 %	334.0 %	256.3 %
TOTAL		57800.0 g.	28238.0 g.	22930.3 g.		28238.0 %	22930.3 %

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 81.2%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	15124.0	11875.0	78.5 %	15124.0 %	11875.0 %
2"	1 1/2"	7500.0 g.	7535.0	7283.0	96.7 %	7535.0 %	7283.0 %
1 1/2"	1"	3000.0 g.	3134.0	2900.0	92.5 %	3134.0 %	2900.0 %
1"	3/4"	1500.0 g.	1535.0	929.8	60.6 %	1535.0 %	929.8 %
3/4"	1/2"	500.0 g.	576.0	383.7	66.6 %	576.0 %	383.7 %
1/2"	3/8"	300.0 g.	334.0	258.8	77.5 %	334.0 %	258.8 %
TOTAL		57800.0 g.	28238.0 g.	23630.3 g.		28238.0 %	23630.3 %

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 83.7%

NOTA: La partículas fracturadas fue determinado por masa.



Rivero Reyes Oblitas, Jervis
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista: : Salvador Reyes Ruth Noemi
Tesis: : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

Material: : Piedra chancada
: Tres Tomas

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	922.0	63.94	36.06	15.3	1.06		2.5	0.17	
3/8"	9.50	400.0	27.74	8.32	44	3.05		22.6	1.57	
1/4"	6.30	120.0	8.32	-	23.9	1.66		14.6	1.01	
			TOTAL		83.2	5.77		39.7	2.75	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	1442.0	
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	8.5	ESPECIFICACIÓN 12% Max.

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3



Ruth de Reyes Obilitas de la Cruz
TECNICO DE LABORATORIO



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



TESISTA : Salvador Reyes Rutn Noemi
ESCUELA : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : DISTRITO DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
Fecha de emisión : Chiclayo, 2 de mayo del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad
Referencia : de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio
Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Cantera Patapo

Muestra : Arena gruesa

I.- DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8"	Nº 4	0.8
9.5 mm	4.75 mm	
Nº 4	Nº 8	0.9
4.75 mm	2.36 mm	
Nº 8	Nº 16	0.9
2.36 mm	1.18 mm	
Nº 16	Nº 30	0.7
1.18 mm	600 µm	
Nº 30	Nº 50	1.9
600 µm	300 µm	
Nº 50	Nº 100	1.8
300 µm	150 µm	

II.- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	7.0
----------------	-----	-----



OBERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.

Rivaldo Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



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



TESISTA : Salvador Reyes Rutn Noemi
 ESCUELA : INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".
 Ubicación : CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Fecha de ensayo : Chiclayo 3 de mayo del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio
 Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas
 Muestra : Piedra chancada

I.- DATOS :

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
2"	1 1/2"	3.0
50 mm	37.5 mm	
1 1/2"	3/4"	1.4
37.5 mm	19 mm	
3/4"	1/2"	1.1
19 mm	12.5 mm	
1/2"	3/8"	1.4
12.5 mm	9.5 mm	
3/8"	Nº 4	
9.5 mm	4.75 mm	

II.- RESULTADO :

DESGASTE TOTAL	(%)	6.8
----------------	-----	-----

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.



Rutn de Reyes Jolitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



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



Tesista : Salvador Reyes Ruth Noemi
Escuela : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo 15 de Mayo del 2023

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

EXAMEN CUANTITATIVO

Muestra : Arena
Cantera : Tres Tomas

I.- DATOS

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	N° 4	N° 4	N° 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	5.80	6.00	5.80
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	3.50	3.60	3.50
EQUIVALENTE DE ARENA	60.34 %	60.00 %	60.34 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	61 %		
ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):			
Minimo : 60 % Minimo			

OBSERVACIONES :

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



[Firma]
RIVERA RIVERA, SOULAS, JENNY
TÉCNICO DE LABORATORIO



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS	: "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".	RESP. LAB. : S.B.F
MATERIAL	: Mezcla de agregados	TEC. LAB. : C.D.S.
CANTERA	: Tres Tomas - Ferreñafe	FECHA : 15/05/23
TESISTA	: Salvador Reyes Ruth Noemi	

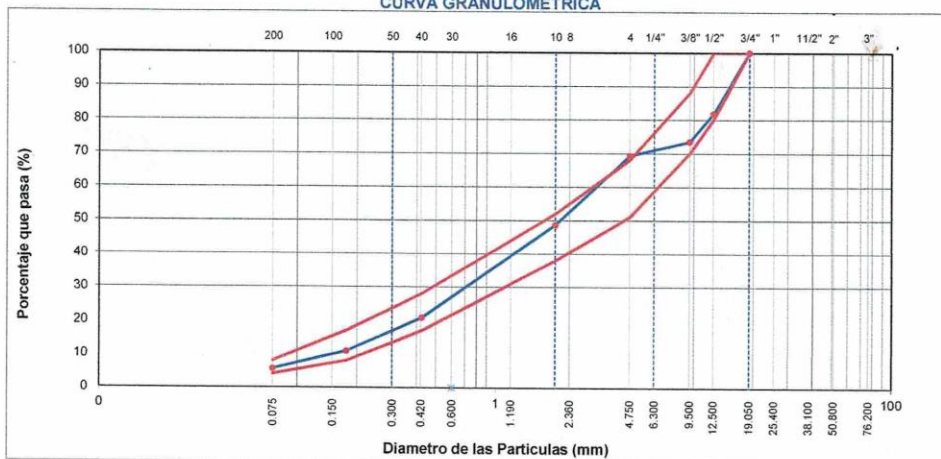
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	40%
Arena Zarandeada 1/4"	0%
CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MÁXIMO : 3/4"
 Peso inicial seco : 6000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	472			100.0	100	
1/2"	12.500	1090	18.2	18.2	81.8	80 100	
3/8"	9.500	502	8.4	26.5	73.5	70 88	
Nº 4	4.750	254	4.2	30.8	69.2	51 68	
Nº 10	2.000	892.0	20.6	51.4	48.6	38 52	
Nº 40	0.425	1206.0	27.8	79.2	20.8	17 28	
Nº 80	0.177	429.9	9.9	89.1	10.9	8 17	
Nº 200	0.075	231.3	5.3	94.4	5.6	4 8	
< Nº 200	FONDO	240.8	5.6	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Salvador Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO



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



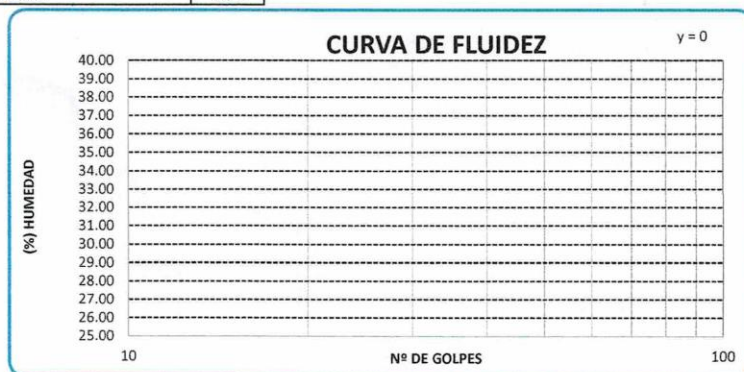
Tesista : Salvador Reyes Rutn Noemi
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : 25 de Abril del 2023

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

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	12	15	16	20		
N° de tarro	12	15	16	20		
N° de golpes	35	23	14			
Tarro + suelo húmedo	41.2	46.5	47.6	13.5		
Tarro + suelo seco	41.2	46.5	47.6	13.5		
Agua	0	0	0	0		
Peso del tarro	25.6	21.4	23.4	9.80		
Peso del suelo seco	15.6	25.1	24.2	3.7		
Porcentaje de humedad	0.00	0.00	0.00	0.00		

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	0.00
Límite Plástico	0.00
Índice de Plasticidad	0.00



Observaciones: No presenta plasticidad

Rivendeyra Coblas Jenty
TÉCNICO DE LABORATORIO





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



Tesista : Salvador Reyes Ruth Noemi
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 15 de Mayo del 2023

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

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

Cantera : Patapo
Muestra : Arena

Constituyentes de sales solubles totales	ppm	200
Constituyentes de sales solubles totales	%	0.02

OBSERVACIONES :

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



Ruth Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO



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



INFORME DE ENSAYO

Tesista : Salvador Reyes Ruth Noemi
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de ensayo : Chiclayo, 22 de Abril del 2023

MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (Pérdida por ignición)

NORMA: MTC E-118 / AASHTO T 267

Cantera

RCD

Fecha de Emisión 30/05/2023

T.M. : <50

COLOR: Gris a plomo

FORMA : Polvo

DATOS DEL ENSAYO	N° 1	N° 1
(A) Peso del crisol + suelo seco antes de la ignición.	69.95 g.	72.12 g.
(B) Peso del crisol + suelo seco después de la ignición.	69.45 g.	71.68 g.
(C) Peso del crisol.	44.26 g.	51.54 g.
(D) Pérdida por ignición. (A-B)	0.50 g.	0.44 g.
(E) Peso suelo seco después de la ignición. (B-C)	25.19 g.	20.14 g.
Materia Orgánica (D/E*100)	2.0 %	2.2 %

MATERIA ORGÁNICA = 2.1 %

Rivero Reyes Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO



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



Tesista : Salvador Reyes Ruth Noemi
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".
Lugar : Chiclayo - Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 03 de Mayo del 2022

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 50

	Filler
1. N° de fiola	F-2
2. Peso de la fiola	g 63.19
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g 50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola: (2+3)	g 113.2
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g 192.6
6. Peso de la fiola + peso de agua	g 162.8
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s)	(3)/((3+6)-5) g/cm 2.479

OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Rivindreyta Jolitas Henis
 TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO

- Dosificaciones de las mezclas asfálticas



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

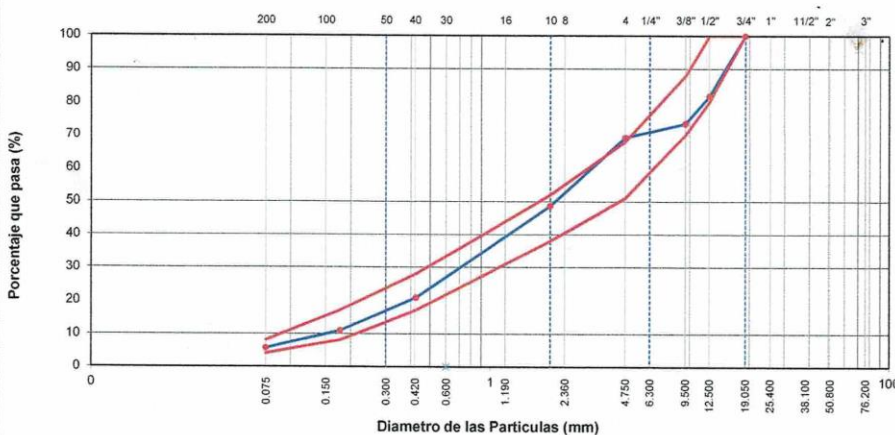
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filler)	1%
Caucho	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 6000 g

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA			
3"	76.200					MAC - 2		
3/4"	19.000	472			100.0	100		
1/2"	12.500	1090	18.2	18.2	81.8	80 100		
3/8"	9.500	502	8.4	26.5	73.5	70 88		
Nº 4	4.750	254	4.2	30.8	69.2	51 68		
Nº 10	2.000	892.0	20.6	51.4	48.6	38 52		Observación:
Nº 40	0.425	1206.0	27.8	79.2	20.8	17 28		
Nº 80	0.177	428.9	9.9	89.1	10.9	8 17		
Nº 200	0.075	231.3	5.3	94.4	5.6	4 8		
< Nº 200	FONDO	240.8	5.6	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



[Firma]
 RIVERA OBILITAS HENRY
 TECNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE ENSAYOS, GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
[Firma]
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.54
B Arena	68.23	51.10
C Filler	1	19.36

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.54	29.54	29.54	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	51.10	51.10	51.10	
5	% de filler en peso de mezcla (minimo 65% pasa malla #200)	%	14.40	14.40	14.40	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.9	6.8	6.9	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1180	1170	1210.0	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1180	1190	1220.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	590.0	605	605	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	590.0	585	615	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.000	2.000	1.967	1.989
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.012	2.012	2.012	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3/2) + (7/8) + (4/2) + (9/10))$	gr/cc.	2.833	2.833	2.833	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.57	0.57	2.19	1.11
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	3.028	3.028	3.028	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	3.077	3.077	3.077	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.075	2.075	2.075	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-15.52	-15.52	-15.52	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3 + 4) * 17 / 21$	%	62.78	62.78	61.76	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100 - (25 + 20)$	%	36.65	36.65	36.05	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	37.22	37.22	38.24	37.56
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	16.51	16.51	16.51	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	98.46	98.46	94.27	97.06
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1583	1939	1723	
31	Factor de estabilidad		0.81	0.83	FALSO	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1583	1939	1723	1748
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	21	22	23	22
34	Fluencia	m.m.	5.33	5.59	5.84	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2968	3470	2949	3129


Rivaldo Reyes Oblitas Henrí,
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filler)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.38
B Arena	68.23	22.19
C Filler	1	48.43

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.38	29.38	29.38	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	22.19	22.19	22.19	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% masa malla #200)	%	42.98	42.98	42.98	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.9	6.5	6.7	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1220	1160	1140.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1250	1160	1190.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	680.0	620	650.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	570	540	540.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.140	2.148	2.111	2.133
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.191	2.191	2.191	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	4.072	4.072	4.072	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.32	1.97	3.66	2.65
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.293	2.293	2.293	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-22.80	-22.80	-22.80	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	43.15	43.31	42.56	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	54.52	54.72	53.78	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	56.85	56.69	57.44	56.99
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 \cdot (24/100) * (3+4)$	%	16.26	16.26	16.26	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.91	96.53	93.63	95.36
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2001	1653	1340	
31	Factor de estabilidad		0.86	0.93	0.93	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1721	1537	1246	1501
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	26	27	24	26
34	Fluencia	m.m.	6.60	6.86	6.10	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2606	2242	2044	2297

Rivero Reyes, Jolitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filler)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Filler	1	49.02

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla	
Especificaciones IVB	

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.5	6.8	6.8	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1130	1200	1220.0	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1130	1210	1220.0	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	620.0	680	660.0	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	510	530	560.0	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.216	2.264	2.179	2.219
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.272	2.272	2.272	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.49	0.36	4.12	2.32
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.425	2.425	2.425	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-20.37	-20.37	-20.37	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	44.16	45.12	43.42	
26 % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	53.35	54.52	52.46	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.84	54.88	56.58	55.77
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.98	15.98	15.98	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.54	99.35	92.71	95.87
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1370	1936	2075	
31 Factor de estabilidad		1.00	0.96	0.86	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	1370	1859	1785	1671
33 Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	21	30	28	26
34 Fluencia	m.m.	5.33	7.62	7.11	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2568	2439	2509	2506



Rivadeneira Jolitas Denis
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Filler	1	49.02

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.8	6.8	6.8	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1180	1230	1210.0	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1190	1230	1210.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua 25 °C	gr.	650.0	680	660.0	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	540	550	550.0	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.185	2.236	2.200	2.207
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.239	2.239	2.239	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.41	0.12	1.74	1.42
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4 * P - 10))$	gr/cc.	2.385	2.385	2.385	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-21.08	-21.08	-21.08	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3 + 4) * 17/21$	%	43.55	44.57	43.84	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100 - (25 + 20)$	%	54.05	55.31	54.41	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	56.45	55.43	56.16	56.01
28	Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	16.35	16.35	16.35	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.74	99.78	96.90	97.47
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2199	2156	2210	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.89	0.89	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2045	1919	1967	1977
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	30	22	27	26
34	Fluencia	m.m.	7.62	5.59	6.86	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2684	3434	2868	2995



Rubén Reyes Obitas Denis
TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filler)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Filler	1	49.02

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	0.00	0.00	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.4	6.8	6.6	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1150	1220	1180.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1150	1230	1190.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	25 °C	gr.	630.0	680	650.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	520	550	540.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.212	2.218	2.185	2.205
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.227	2.227	2.227	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/2) + (7+8) + (4^2/9) + 10)$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	0.69	0.39	1.87	0.99
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.370	2.370	2.370	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-21.35	-21.35	-21.35	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	44.07	44.21	43.55	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	55.24	55.40	54.58	
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	%	55.93	55.79	56.45	56.06
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	16.48	16.48	16.48	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	98.76	99.30	96.68	98.25
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1750	2242	1940	
31	Factor de estabilidad		1.00	0.89	0.93	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1750	1995	1804	1850
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	16	21	25	21
34	Fluencia	m.m.	4.06	5.33	6.35	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4306	3741	2841	3629

Ruivenygru...
TÉCNICO DE LABORATORIO

USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Ensayo RICE para Muestra Patrón con 1% de Filler (cemento)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	444	439	444	446	439
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1337	1340	1337	1342	1340
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	840	883	897	895	891
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1840.3	1883.2	1897.3	1895.0	1890.5
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	497	456	440	447	449
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.012	2.191	2.272	2.239	2.227



Salvador Reyes Ruth Noemi
TECNICO DE LABORATORIO

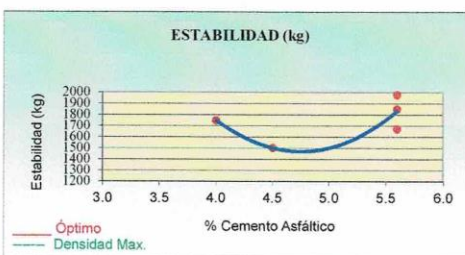
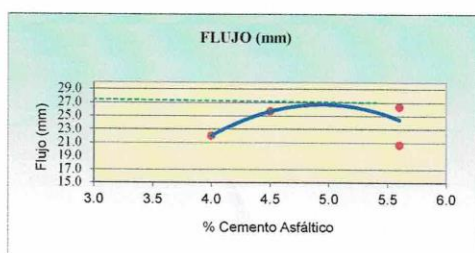
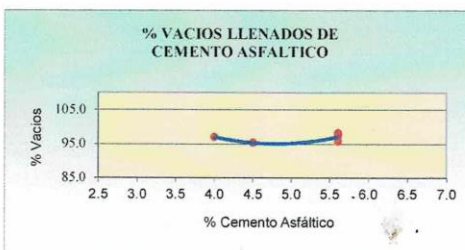
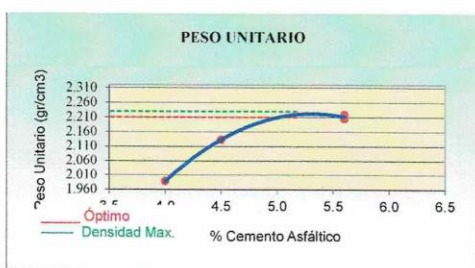


**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS**



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Representación Grafica de Muestra Patrón con 1% de Filler de (cemento)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.3
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.230
Vacios (%)	3.00
Vacios del Agregado mineral (%)	65.00
Vacios Llenados de C.A (%)	95.00
Flujo (mm)	7.11
Estabilidad (Kg)	1500
Relación Polvo Asfalto	0.95

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

.....
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Ruth Noemi Reyes
 TÉCNICO DE LABORATORIO



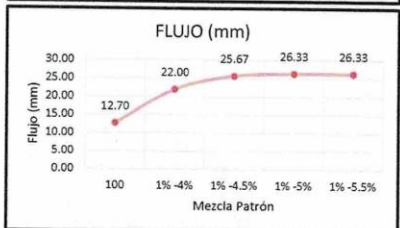
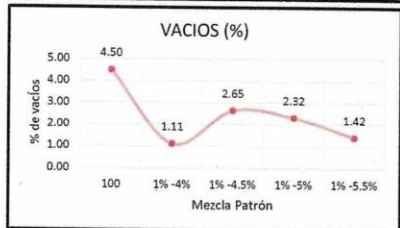
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO Y PEN

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Resultados de Diseño de Mezcla con 1% de Filler (Cemento)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

RESULTADOS								
Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1%-4%	1.99	1.11	37.56	97.06	22.00	1748.33	1.23	3129.01
1%-4.5%	2.13	2.65	56.99	95.36	25.67	1501.45	1.23	2297.23
1%-5%	2.22	2.32	55.77	95.87	26.33	1671.02	1.23	2505.54
1%-5.5%	2.21	1.42	56.01	97.47	26.33	1976.94	1.23	2995.24
1%-6%	2.20	0.99	56.06	98.25	20.67	1849.86	1.23	3629.41



Salvador Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

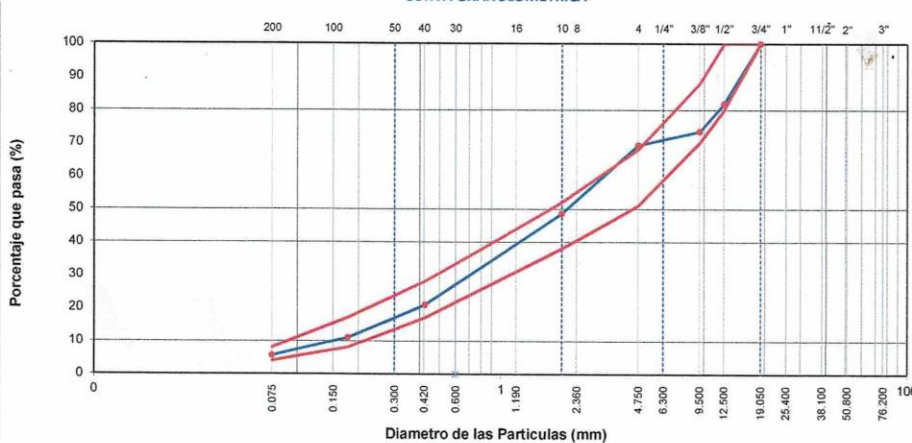
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filler RCD)	1%
RCD	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 6000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	472			100.0	100	
1/2"	12.500	1090	18.2	18.2	81.8	80 100	
3/8"	9.500	502	8.4	26.5	73.5	70 88	
Nº 4	4.750	254	4.2	30.8	69.2	51 68	
Nº 10	2.000	892.0	20.6	51.4	48.6	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1206.0	27.8	79.2	20.8	17 28	
Nº 80	0.177	429.9	9.9	89.1	10.9	8 17	
Nº 200	0.075	231.3	5.3	94.4	5.6	4 8	
< Nº 200	FONDO	240.8	5.6	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Salvador Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.54
B Arena	68.23	51.10
C Cemento (Filer RCD)	1	19.36

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	4.0	4.0	4.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	29.54	29.54	29.54
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	51.10	51.10	51.10
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	14.40	14.40	14.40
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc. 1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.504	2.504	2.504
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc. 2.565	2.565	2.565
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.583	2.583	2.583
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc. 2.596	2.596	2.596
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc. 1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	cm. 6.6	6.4	6.8
13	Peso de la briqueta en el aire	gr. 1200	1090	1170.0
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr. 1200	1100	1180.0
15	Peso de la briqueta en el agua	25 °C gr. 590.0	550	580
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c. 610.0	550	600
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc. 1.967	1.982	1.950
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc. 2.005	2.005	2.005
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))$	gr/cc. 2.833	2.833	2.833
20	% de vacíos con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	% 1.87	1.14	2.73
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc. 3.028	3.028	3.028
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc. 3.077	3.077	3.077
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))$	gr/cc. 2.067	2.067	2.067
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	% -15.70	-15.70	-15.70
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)*17/21$	% 61.75	62.21	61.21
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$	% 36.38	36.65	36.06
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	% 38.25	37.79	38.79
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2-(24/100)*(3+4)$	% 16.66	16.66	16.66
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	% 95.11	96.98	92.97
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg 2506	1594	1364
31	Factor de estabilidad	0.96	0.89	0.95
32	Estabilidad corregida $31*32$	kg 2506	1594	1364
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul. 20	20	27
34	Fluencia	m.m. 5.08	5.08	6.86
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m. 4933	3138	1989



USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

Rivadeneyra Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.38
B Arena	68.23	22.19
C Cemento (Filer RCD)	1	48.43

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.38	29.38	29.38	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	22.19	22.19	22.19	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.98	42.98	42.98	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.6	6.5	6.8	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1170	1150	1120.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seco	gr.	1180	1160	1121.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	650.0	640	610.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530	520	511.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.208	2.212	2.192	2.204
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.256	2.256	2.256	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	4.072	4.072	4.072	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.16	1.98	2.86	2.33
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.368	2.368	2.368	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-21.38	-21.38	-21.38	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	44.51	44.59	44.19	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	53.33	53.43	52.95	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.49	55.41	55.81	55.57
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.53	15.53	15.53	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	96.11	96.42	94.88	95.80
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2137	1521	1882	
31	Factor de estabilidad		0.96	1.00	1.00	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2052	1521	1882	1818
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	25	19	35	26
34	Fluencia	m.m.	6.35	4.83	8.89	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3231	3152	2117	2833



Riviera Reyes Ruth Noemi
TÉCNICO DE LABORATORIO



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

		#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta					
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.6	6.7	6.9	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1170	1180	1220.0	
14	Peso de la briqueta saturado superficialmente seca	gr.	1180	1190	1220.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	650.0	650	670.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	530	540	550.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.208	2.185	2.218	2.204
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.272	2.272	2.272	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.85	3.83	2.38	3.02
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.425	2.425	2.425	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-20.37	-20.37	-20.37	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	43.99	43.55	44.21	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	53.16	52.62	53.41	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	56.01	56.45	55.79	56.08
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.98	15.98	15.98	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	94.91	93.21	95.73	94.62
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2061	1970	2170	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.93	0.89	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1979	1832	1931	1914
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	24	25	34	28
34	Fluencia	m.m.	6.10	6.35	8.64	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3246	2885	2236	2789



Salvador Reyes Ruth Noemi
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

#	Descripción	Unidad	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueeta	#	1	2	3	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.6	6.6	6.7	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1180	1150	1220.0	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1190	1160	1220.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	660.0	630	670.0	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	530	530	550.0	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.226	2.170	2.218	2.205
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.260	2.260	2.260	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.49	3.99	1.85	2.44
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.410	2.410	2.410	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-20.63	-20.63	-20.63	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3+4) * 17/21$	%	44.37	43.24	44.21	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100 - (25 + 20)$	%	54.14	52.77	53.94	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.63	56.76	55.79	56.06
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	16.11	16.11	16.11	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	97.33	92.97	96.68	95.66
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2025	1655	2215	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.89	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1944	1589	1971	1835
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	24	21	25	23
34	Fluencia	m.m.	6.10	5.33	6.35	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3189	2979	3104	3091



Salvador Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	60%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	1%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

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

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.6	6.6	6.7	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1120	1200	1180.0	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1140	1200	1180.0	
15 Peso de la briqueta en el agua	gr.	630.0	670	660.0	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	510	530	520.0	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.196	2.264	2.269	2.243
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.314	2.314	2.314	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8) + 4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	5.08	2.14	1.92	3.04
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.476	2.476	2.476	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-19.51	-19.51	-19.51	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	43.77	45.12	45.22	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	51.16	52.74	52.86	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	56.23	54.88	54.78	55.30
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.54	15.54	15.54	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	90.97	96.11	96.50	94.53
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1385	2260	1520	
31 Factor de estabilidad		1.00	0.96	1.00	
32 Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1385	2170	1520	1692
33 Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	38	23	34	32
34 Fluencia	m.m.	9.65	5.84	8.64	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	1435	3714	1760	2303



TÉCNICO DE LABORATORIO

Riyo de Reyes Oblitas Henrí
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Ensayo RICE con 1% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	439	439	439	439	439
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1337	1337	1337	1337	1337
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) .	839	894	897	895	905
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1838.6	1894.2	1897.3	1895.0	1905.2
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	499	443	440	442	432
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.005	2.256	2.272	2.260	2.314

[Handwritten Signature]
Rivadeneira Jolitas Henry
TECNICO DE LABORATORIO



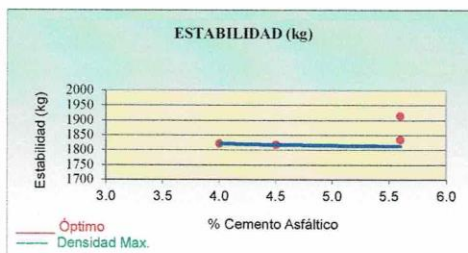
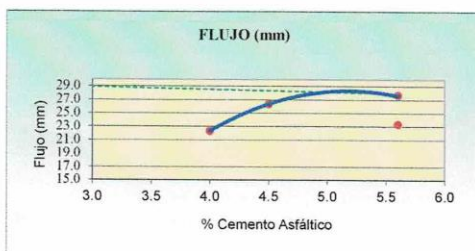
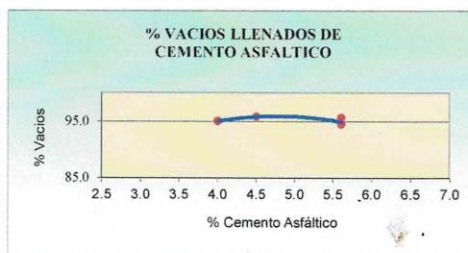
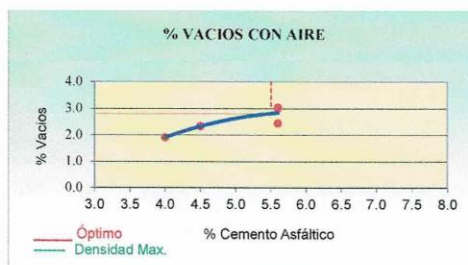
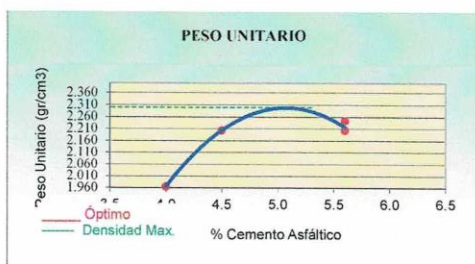


UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Representación Gráfica para 1% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.4
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.300
Vacios (%)	2.80
Vacios del Agregado mineral (%)	65.00
Vacios Llenados de C.A (%)	95.00
Flujo (mm)	7.62
Estabilidad (Kg)	1800
Relación Polvo Asfalto	0.98

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

TÉCNICO DE LABORATORIO

Salvador Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO



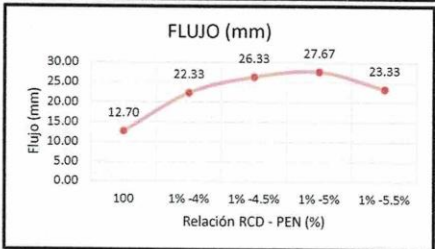
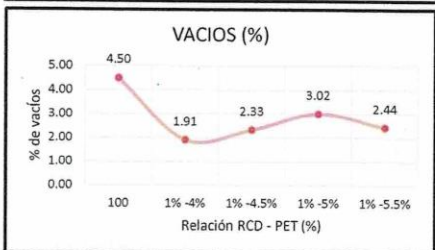
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE RCD Y PEN

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Resultados de Diseño de Mezcla con 1% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

RESULTADOS								
Relación Filler - Pen	Peso Unitario (gr/cm2)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Lenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1% -4%	1.97	1.91	38.28	95.02	22.33	1821.33	1.23	3353.26
1% -4.5%	2.20	2.33	55.57	95.80	26.33	1818.17	1.23	2833.13
1% -5%	2.20	3.02	56.08	94.62	27.67	1913.99	1.23	2789.07
1% -5.5%	2.20	2.44	56.06	95.66	23.33	1834.72	1.23	3090.70
1% -6%	2.24	3.04	55.30	94.53	31.67	1691.53	1.23	2302.94



Salvador Reyes Ruth Noemi
 RUTH DE REYES RUTH NOEMI
 TECNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

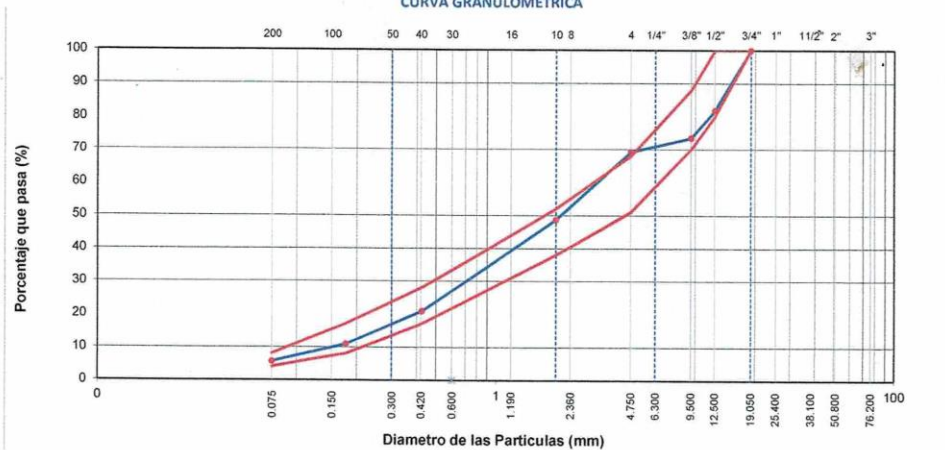
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	58%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filler RCD)	3%
RCD	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 6000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	472			100.0	100	
1/2"	12.500	1090	18.2	18.2	81.8	80 100	
3/8"	9.500	502	8.4	26.5	73.5	70 88	
Nº 4	4.750	254	4.2	30.8	69.2	51 68	
Nº 10	2.000	892.0	20.6	51.4	48.6	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1206.0	27.8	79.2	20.8	17 28	
Nº 80	0.177	429.9	9.9	89.1	10.9	8 17	
Nº 200	0.075	231.3	5.3	94.4	5.6	4 8	
< Nº 200	FONDO	240.8	5.6	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Salvador Reyes Ruth Noemi
 Salvador Reyes Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	58%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1395	
Peso de C.A	60	4.00%
Peso del Cemento	45	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.54
B Arena	66.23	49.18
C Cemento (Filer RCD)	3	21.28

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.54	29.54	29.54	
4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	49.18	49.18	49.18	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pesa malla #200)	%	14.40	14.40	14.40	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.7	6.8	6.7	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1210	1240	1200.0	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1220	1250	1230.0	
15 Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	610.0	620	610	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	610.0	630	620	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	1.984	1.968	1.935	1.962
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.017	2.017	2.017	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/2) + (7^2/8) + (4^2/9) + 10)$	gr/cc.	2.894	2.894	2.894	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.65	2.41	4.03	2.70
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	3.038	3.038	3.038	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	3.152	3.152	3.152	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4^2/P - 10))$	gr/cc.	2.039	2.039	2.039	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-16.51	-16.51	-16.51	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$	%	60.79	60.32	59.32	
26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	37.56	37.27	36.65	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	39.21	39.68	40.68	39.86
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	16.99	16.99	16.99	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.80	93.93	90.09	93.27
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2281	2101	2323	
31 Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.95	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	2281	2101	2323	2235
33 Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	17	25	19	20
34 Fluencia	m.m.	4.32	6.35	4.83	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	5283	3309	4814	4468



Rivadeneira Oblitas Henry
TECNICO DE LABORATORIO

TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo

: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	58%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1387.5
Peso de C.A	67.5 4.5%
Peso del Cemento	45
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.38
B Arena	68.23	22.19
C Cemento (Filer RCD)	1	48.43

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briquea	#	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)	%	29.38	29.38	29.38	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	22.19	22.19	22.19	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% paso malla #200)	%	42.98	42.98	42.98	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briquea	cm.	6.9	6.9	6.9	
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1230	1240	1240.0	
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1240	1250	1250.0	
15	Peso de la briquea en el agua	gr.	690.0	680	690.0	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	550	570	560.0	
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.236	2.175	2.214	2.209
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.268	2.268	2.268	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	4.072	4.072	4.072	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.40	4.08	2.37	2.62
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.382	2.382	2.382	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-21.13	-21.13	-21.13	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4) * 17/21$	%	45.09	43.86	44.64	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25 + 20)$	%	53.52	52.06	52.99	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	54.91	56.14	55.36	55.47
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.40	15.40	15.40	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	97.46	92.73	95.72	95.30
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2049	2129	2183	
31	Factor de estabilidad		0.89	0.86	0.86	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1824	1831	1877	1844
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	29	27	24	27
34	Fluencia	m.m.	7.37	6.86	6.10	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2476	2670	3080	2742



TECNICO DE LABORATORIO

Salvador Reyes Ruth Noemi
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	58%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1380	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	45	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	2.583
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.7	6.7	6.6	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1180	1190	1180.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1200	1200	1190.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	660.0	670	630.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	540	530	560.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.185	2.245	2.107	2.179
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.260	2.260	2.260	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/5) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.31	0.65	6.76	3.57
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.410	2.410	2.410	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-20.63	-20.63	-20.63	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	43.55	44.75	41.99	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	53.14	54.61	51.25	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	56.45	55.25	58.01	56.57
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	16.12	16.12	16.12	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	94.14	98.83	88.34	93.77
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1882	2032	2502	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.96	0.86	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1750	1951	2152	1951
33	Lectura del flexímetro (0.01") $(35 / 0.254)$	pul.	26	18	15	20
34	Fluencia	m.m.	6.60	4.57	3.81	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2650	4267	5648	4188

Ruth Reyes Ruth Noemi
TECNICO DE LABORATORIO



TECNICO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS**



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo

: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	58%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1372.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	45	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.6	5.6	5.6
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	29.04	29.04	29.04
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	21.93	21.93	21.93
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	42.48	42.48	42.48
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	2.504	2.504	2.504
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	2.565	2.565	2.565
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	2.583	2.583	2.583
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	2.596	2.596	2.596
11	Peso específico aparente del filler	1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	6.6	6.7	6.6
13	Peso de la briqueta en el aire	1190	1220	1190.0
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1210	1230	1210.0
15	Peso de la briqueta en el agua	640.0	640	640.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	570	590	570.0
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	2.088	2.068	2.088
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	2.139	2.139	2.139
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	3.937	3.937	3.937
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	2.41	3.34	2.41
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	4.689	4.689	4.689
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	4.775	4.775	4.775
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	2.264	2.264	2.264
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	-23.36	-23.36	-23.36
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	41.61	41.21	41.61
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	55.99	55.45	55.99
27	% vacíos del agregado mineral $100 - 25$	58.39	58.79	58.39
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	17.51	17.51	17.51
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	95.88	94.32	95.88
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	2053	2391	1904
31	Factor de estabilidad	0.86	0.96	0.86
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	1766	2295	1637
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	37	25	28
34	Fluencia	9.40	6.35	7.11
35	Relación Estabilidad / Fluencia	1879	3615	2302

Salvador Reyes Ruth Noemi
TECNICO DE LABORATORIO

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo

: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	58%
Arena Chancada 1/4"	39%
Cemento (Filer RCD)	3%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1365	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	45	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

% Que Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.7	6.7	6.7	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1190	1200	1200.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1210	1220	1220.0	
15	Peso de la briqueta en el agua 25 °C	gr.	660.0	660	650.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	550	560	570.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.164	2.143	2.105	2.137
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.211	2.211	2.211	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.15	3.09	4.79	3.35
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $100 - 2 / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $100 - 21 / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $3 + 4 / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.351	2.351	2.351	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-21.70	-21.70	-21.70	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	43.12	42.71	41.96	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	%	54.73	54.20	53.25	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	56.88	57.29	58.04	57.41
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	16.66	16.66	16.66	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	96.21	94.60	91.74	94.19
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2194	1949	2392	
31	Factor de estabilidad		0.89	0.86	0.93	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1953	1676	2225	1951
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	20	25	30	25
34	Fluencia	m.m.	5.08	6.35	7.62	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3844	2640	2919	3134

Ruth Reyes Oblitas Henry
TECNICO DE LABORATORIO



TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Ensayo RICE con 3% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	439	439	439	439	439
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1337	1337	1337	1337	1337
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	842	897	895	870	885
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1841.6	1896.5	1894.9	1870.0	1885.2
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	496	441	442	467	452
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.017	2.268	2.260	2.139	2.211


Rivaldo Henríquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

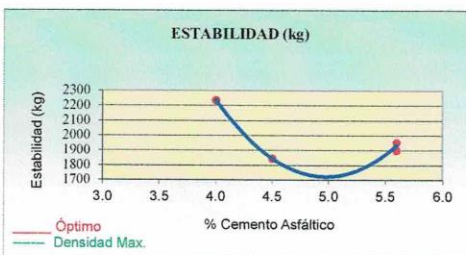
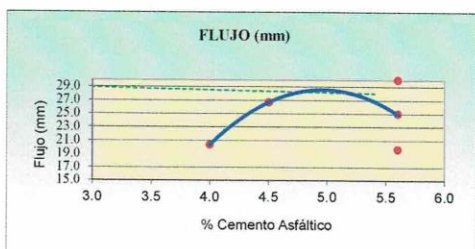
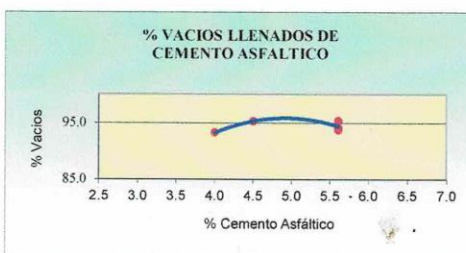
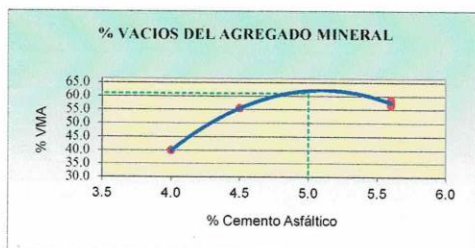
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Representación Grafica para 3% de Filler (RCD)

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi



RESULTADOS	
Optimo Contenido C.A	5.1
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.300
Vacios (%)	2.60
Vacios del Agregado mineral (%)	61.00
Vacios Llenados de C.A (%)	95.00
Flujo (mm)	7.62
Estabilidad (Kg)	2200
Relación Polvo Asfalto	0.92

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

TÉCNICO DE LABORATORIO

Salvador Reyes Ruth Noemi
 RIVERA RUTH NOEMI
 TÉCNICO DE LABORATORIO



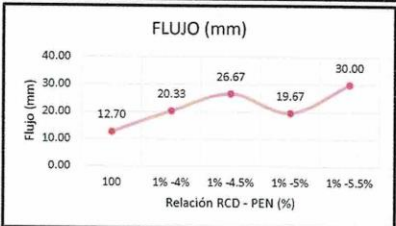
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE RCD Y PEN

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Resultados de Diseño de Mezcla con 3% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

RESULTADOS								
Relación Pen-Filler	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1% -4%	1.96	2.70	39.86	93.27	20.33	2235.00	1.23	4468.24
1% -4.5%	2.21	2.62	55.47	95.30	26.67	1843.98	1.23	2741.73
1% -5%	2.18	3.57	56.57	93.77	19.67	1950.90	1.23	4188.18
1% -5.5%	2.08	2.72	58.53	95.36	30.00	1899.46	1.23	2598.59
1% -6%	2.14	3.35	57.41	94.19	25.00	1951.12	1.23	3134.26



[Handwritten Signature]
 RIVERA JAYTA JOLITAS HENRY
 TECNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

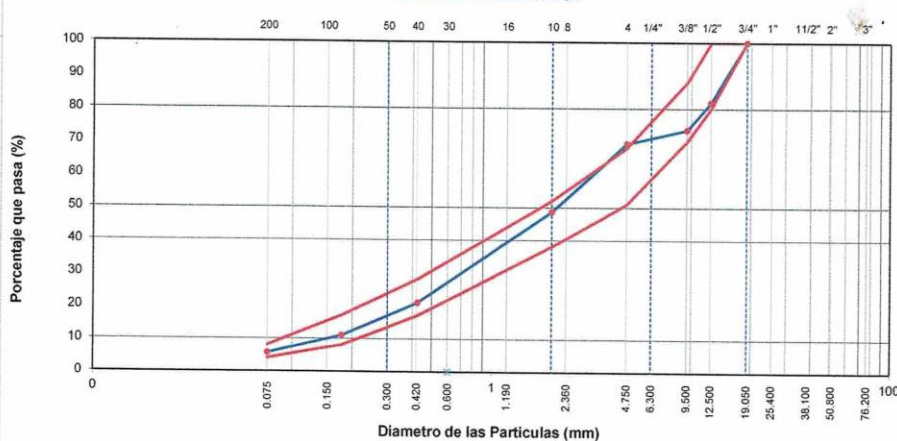
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	57%
Arena Chancada 1/4"	38%
Cemento (Filer RCD)	5%
RCD	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 6000 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	472			100.0	100	
1/2"	12.500	1090	18.2	18.2	81.8	80 100	
3/8"	9.500	502	8.4	26.5	73.5	70 88	
Nº 4	4.750	254	4.2	30.8	69.2	51 68	
Nº 10	2.000	892.0	20.6	51.4	48.6	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1206.0	27.8	79.2	20.8	17 28	
Nº 80	0.177	429.9	9.9	89.1	10.9	8 17	
Nº 200	0.075	231.3	5.3	94.4	5.6	4 8	
< Nº 200	FONDO	240.8	5.6	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Salvador Reyes Ruth Noemi
 RIVERA REYES Ruth Noemi
 TECNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	57%
Arena Chancada 1/4"	38%
Cemento (Filer RCD)	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1365	
Peso de C.A	60	4.00%
Peso del Cemento	75	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.54
B Arena	64.23	47.26
C Cemento (Filer RCD)	5	23.20

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.54	29.54	29.54	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	47.26	47.26	47.26	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	14.40	14.40	14.40	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.4	6.7	6.5	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1300	1200	1180.0	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1140	1210	1190.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	550.0	665	655	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	590.0	545	535	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.203	2.202	2.206	2.204
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.258	2.258	2.258	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))	gr/cc.	2.957	2.957	2.957	
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.43	2.50	2.33	2.42
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc.	3.050	3.050	3.050	
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc.	3.230	3.230	3.230	
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))	gr/cc.	2.259	2.259	2.259	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-11.74	-11.74	-11.74	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta (3+4)*17/21	%	65.89	65.85	65.96	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta 100-(25+20)	%	31.68	31.66	31.71	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	34.11	34.15	34.04	34.10
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	13.02	13.02	13.02	
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	%	92.88	92.69	93.16	92.91
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2172	2393	2365	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.95	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2172	2393	2365	2310
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	23	19	19	20
34	Fluencia	m.m.	5.84	4.83	4.83	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3718	4959	4901	4526

Riv. de Reyes Obitas Henry,
TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
 ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
 LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
 TESISISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	57%
Arena Chancada 1/4"	38%
Cemento (Filer RCD)	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1357.5	
Peso de C.A	67.5	4.5%
Peso del Cemento	75	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.38
B Arena	68.23	22.19
C Cemento (Filer RCD)	1	48.43

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.38	29.38	29.38	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	22.19	22.19	22.19	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.98	42.98	42.98	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	6.8	6.7	6.9	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1210	1190	1260.0	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1230	1210	1270.0	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	685.0	672	700.0	
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	545	538	570.0	
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.220	2.212	2.211	2.214
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.278	2.278	2.278	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	4.072	4.072	4.072	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.55	2.92	2.98	2.82
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4*P-10))$	gr/cc.	2.394	2.394	2.394	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-20.92	-20.92	-20.92	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	44.76	44.59	44.57	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	52.68	52.49	52.46	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.24	55.41	55.43	55.36
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.29	15.29	15.29	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.38	94.73	94.63	94.91
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	1993	2033	2302	
31	Factor de estabilidad		0.93	0.93	0.86	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	1853	1891	1980	1908
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	23	15	27	22
34	Fluencia	m.m.	5.84	3.81	6.86	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3173	4962	2887	3674

Riviera Herrera Voluntas Henis
TECNICO DE LABORATORIO



TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	57%
Arena Chancada 1/4"	38%
Cemento (Filer RCD)	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1350	
Peso de C.A	75	5.0%
Peso del Cemento	75	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

	#	1	2	3	Prom.
1 Número de briqueta					
2 C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4 % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6 Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11 Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12 Altura promedio de la briqueta	cm.	6.7	6.6	6.8	
13 Peso de la briqueta en el aire	gr.	1210	1210	1230.0	
14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	1230	1210	1240.0	
15 Peso de la briqueta en el agua	gr.	685.0	665	685.0	
16 Volumen de la briqueta 14-15	c.c.	545	545	555.0	
17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.220	2.220	2.216	2.219
18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.286	2.286	2.286	
19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2/(7+8)) + (4*2/(9+10)))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.87	2.87	3.04	2.93
21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23 Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.442	2.442	2.442	
24 Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-20.08	-20.08	-20.08	
25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	%	44.25	44.25	44.17	
26 % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	%	52.88	52.88	52.79	
27 % vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.75	55.75	55.83	55.78
28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.84	15.84	15.84	
29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	94.85	94.85	94.55	94.75
30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2340	2138	2082	
31 Factor de estabilidad		0.93	0.93	0.89	
32 Estabilidad corregida 31*32	kg	2176	1988	1853	2006
33 Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	23	15	16	18
34 Fluencia	m.m.	5.84	3.81	4.06	
35 Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3725	5219	4559	4501

Ruth Noemi Reyes
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo

: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	57%
Arena Chancada 1/4"	38%
Cemento (Filer RCD)	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1342.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	75	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

Mezcla	
Especificaciones IVB	

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla			
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	5.6	5.6	5.6
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	29.04	29.04	29.04
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	21.93	21.93	21.93
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	42.48	42.48	42.48
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	1.023	1.023	1.023
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	2.504	2.504	2.504
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	2.565	2.565	2.565
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	2.583	2.583	2.583
11	Peso específico aparente del filler	2.596	2.596	2.596
12	Altura promedio de la briqueta	1.47	1.47	1.47
13	Peso de la briqueta en el aire	6.6	6.6	6.6
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1220	1170	1190.0
15	Peso de la briqueta en el agua	1230	1190	1200.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	680.0	665	660.0
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	550	525	540.0
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	2.218	2.229	2.204
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/2) + (7+8) + (4^2/9) + 10)$	2.286	2.286	2.286
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	3.937	3.937	3.937
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $100 - 2 / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	2.96	2.51	3.59
22	Peso específico Aparente del agregado total $100 - 21 / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	4.689	4.689	4.689
23	Peso específico efectivo del agregado total $3 + 4 / ((3/P - 8) + (4^*P - 10))$	4.775	4.775	4.775
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	2.442	2.442	2.442
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$	-20.08	-20.08	-20.08
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25+20)$	44.21	44.41	43.92
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	52.83	53.08	52.49
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	55.79	55.59	56.08
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	15.84	15.84	15.84
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	94.69	95.49	93.59
31	Factor de estabilidad	2140	1650	1981
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	0.89	0.96	0.93
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	1905	1584	1842
34	Fluencia	16	25	15
35	Relación Estabilidad / Fluencia	4.06	6.35	3.81
		4687	2494	4836

Rivadeneira Jbilias Ferris
 TECNICO DE LABORATORIO



TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	57%
Arena Chancada 1/4"	38%
Cemento (Filer RCD)	5%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1335	
Peso de C.A	90	6.0%
Peso del Cemento	75	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla	Especificaciones	IVB

#	1	2	3	Prom.
1	Número de briqueta			
2	C.A. en peso de la mezcla	5.6	5.6	5.6
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	29.04	29.04	29.04
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	21.93	21.93	21.93
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	42.48	42.48	42.48
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.504	2.504	2.504
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	2.565	2.565	2.565
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.583	2.583	2.583
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	2.596	2.596	2.596
11	Peso específico aparente del filler	1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la briqueta	6.7	6.6	6.5
13	Peso de la briqueta en el aire	1240	1140	1200.0
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	1240	1160	1200.0
15	Peso de la briqueta en el agua	680.0	645	660.0
16	Volumen de la briqueta 14-15	560	515	540.0
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	2.214	2.214	2.222
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	2.282	2.282	2.282
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^*2 / (7+8)) + (4^*2 / (9+10)))$	3.937	3.937	3.937
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	2.96	2.99	2.62
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	4.689	4.689	4.689
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	4.775	4.775	4.775
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4^*P - 10))$	2.437	2.437	2.437
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23^*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	-20.16	-20.16	-20.16
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17 / 21$	44.13	44.11	44.29
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$	52.91	52.89	53.10
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	55.87	55.89	55.71
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	15.88	15.88	15.88
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	94.70	94.64	95.31
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	1909	1010	1778
31	Factor de estabilidad	0.86	1.00	0.93
32	Estabilidad corregida 31^*32	1642	1010	1654
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	25	35	20
34	Fluencia	6.35	8.89	5.08
35	Relación Estabilidad / Fluencia	2585	1136	3255

Ruth Reyes Ruth Noemi
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Ensayo RICE con 5% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	439	439	439	439	439
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1337	1337	1337	1337	1337
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	895	899	900	900	899
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1894.6	1898.5	1899.9	1900.0	1899.2
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	443	439	437	437	438
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.258	2.278	2.286	2.286	2.282


Rivaldeyra Volitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO





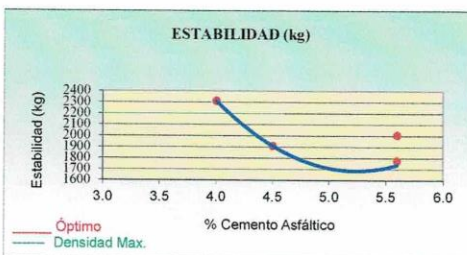
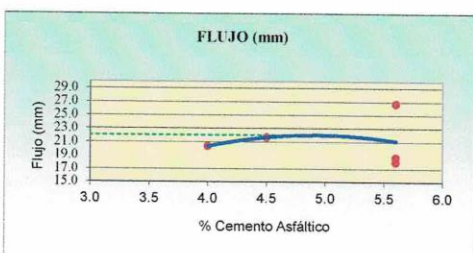
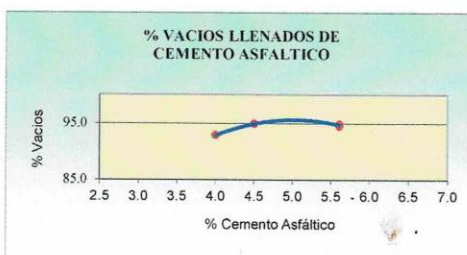
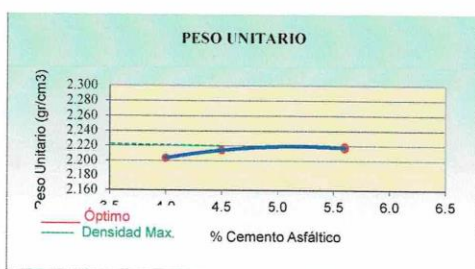
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Representación Grafica para 5% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi



Rivendeneys Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

Salvador Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	5.0
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.230
Vacios (%)	3.00
Vacios del Agregado mineral (%)	64.00
Vacios Llenados de C.A (%)	96.00
Flujo (mm)	5.59
Estabilidad (Kg)	2300
Relación Polvo Asfalto	0.89

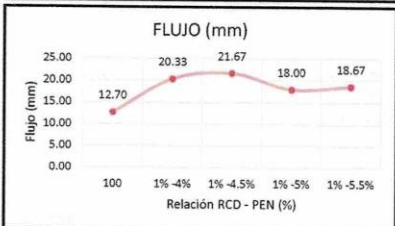
Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE RCD Y PEN

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Resultados de Diseño de Mezcla con 5% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

RESULTADOS								
Relación Filler Pen	Peso Unitario (gr/cm ²)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1% -4%	2.20	2.42	34.10	92.91	20.33	2310.00	1.23	4525.67
1% -4.5%	2.21	2.82	55.36	94.91	21.67	1907.97	1.23	3673.96
1% -5%	2.22	2.93	55.78	94.75	18.00	2005.84	1.23	4501.11
1% -5.5%	2.22	3.02	55.82	94.59	18.67	1776.98	1.23	4005.51
1% -6%	2.22	2.86	55.82	94.88	26.67	1435.09	1.23	2925.51



Salvador Reyes Ruth Noemi
 Ruvendeyra Oblitas Heny
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

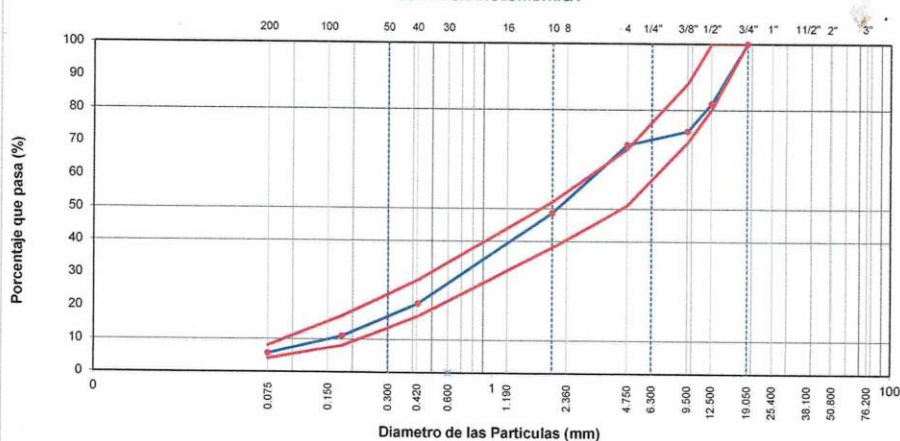
DATOS DE DISEÑO

Grava Chancada 3/4"	56%
Arena Chancada 1/4"	37%
Cemento (Filler RCD)	7%
RCD	0%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
 Peso inicial seco : 6000 g

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE		REQUERIDO	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)		RETENIDO	RETENIDO			
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	472			100.0	100	
1/2"	12.500	1090	18.2	18.2	81.8	80 100	
3/8"	9.500	502	8.4	26.5	73.5	70 88	
Nº 4	4.750	254	4.2	30.8	69.2	51 68	
Nº 10	2.000	892.0	20.6	51.4	48.6	38 52	Observación:
Nº 40	0.425	1206.0	27.8	79.2	20.8	17 28	
Nº 80	0.177	429.9	9.9	89.1	10.9	8 17	
Nº 200	0.075	231.3	5.3	94.4	5.6	4 8	
< Nº 200	FONDO	240.8	5.6	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



[Firma manuscrita]
 Rivas Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
USAT
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
[Firma manuscrita]
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	56%
Arena Chancada 1/4"	37%
Cemento (Filer RCD)	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1335	
Peso de C.A	60	4.00%
Peso del Cemento	105	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.54
B Arena	62.23	45.34
C Cemento (Filer RCD)	7	25.12

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
	100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6
	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Número de briquea	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.0	4.0	4.0	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.54	29.54	29.54	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	45.34	45.34	45.34	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	14.40	14.40	14.40	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briquea	cm.	6.6	6.6	6.4	
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1170	1170	1170.0	
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1180	1170	1180.0	
15	Peso de la briquea en el agua 25 °C	gr.	650.0	630	645	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	530.0	540	535	
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.208	2.167	2.187	2.187
18	Peso específico teórico máxima (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.243	2.243	2.243	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/2) + (7+8) + (4^2/9) + 10)$	gr/cc.	3.023	3.023	3.023	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	1.58	3.40	2.50	2.50
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	3.061	3.061	3.061	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	3.312	3.312	3.312	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P-8) + (4^2/P-10))$	gr/cc.	2.195	2.195	2.195	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23^2 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-13.19	-13.19	-13.19	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4) * 17/21$	%	64.38	63.19	63.78	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25+20)$	%	34.04	33.41	33.72	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	35.62	36.81	36.22	36.22
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	13.87	13.87	13.87	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.56	90.75	93.10	93.14
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2290	1930	2406	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.95	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2290	1930	2406	2209
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	12	13	14	13
34	Fluencia	m.m.	3.05	3.30	3.56	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	7513	5845	6766	6708

Ruth Noemi Oblitas de R.
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	56%
Arena Chancada 1/4"	37%
Cemento (Filer RCD)	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1327.5	
Peso de C.A	67.5	4.5%
Peso del Cemento	105	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.38
B Arena	68.23	22.19
C Cemento (Filer RCD)	1	48.43

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briqueeta	#	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)	%	29.38	29.38	29.38	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	22.19	22.19	22.19	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.98	42.98	42.98	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.6	6.5	6.5	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1170	1180	1140.0	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1180	1180	1150.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	655.0	650	630.0	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	525	530	520.0	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.229	2.226	2.192	2.216
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.278	2.278	2.278	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/7+8) + (4^2/9+10))$	gr/cc.	4.072	4.072	4.072	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.19	2.28	3.78	2.75
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.394	2.394	2.394	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-20.92	-20.92	-20.92	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3+4) * 17/21$	%	44.93	44.89	44.20	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100 - (25 + 20)$	%	52.88	52.83	52.02	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.07	55.11	55.80	55.33
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.29	15.29	15.29	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	96.03	95.86	93.23	95.04
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2176	2125	2426	
31	Factor de estabilidad	kg	0.96	0.96	1.00	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2089	2040	2426	2185
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	pul.	15	19	14	16
34	Fluencia	m.m.	3.81	4.83	3.56	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	5483	4227	6822	5511

Rivadeneira Oblitas Jenny
TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo

: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	56%
Arena Chancada 1/4"	37%
Cemento (Filer RCD)	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1320
Peso de C.A	75 5.0%
Peso del Cemento	105
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

Mezcla
Especificaciones IVB

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8	

1	Número de briqueeta	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briqueeta	cm.	6.3	6.8	6.3	
13	Peso de la briqueeta en el aire	gr.	1120	1220	1150.0	
14	Peso de la briqueeta saturada superficialmente seca	gr.	1130	1220	1150.0	
15	Peso de la briqueeta en el agua	gr.	625.0	670	630.0	
16	Volumen de la briqueeta 14-15	c.c.	505	550	520.0	
17	Peso unitario de la briqueeta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.218	2.218	2.212	2.216
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.281	2.281	2.281	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100/((2/6)+(3*2)/(7+8)+(4*2)/(9+10))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.76	2.75	3.04	2.85
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))$	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-20.18	-20.18	-20.18	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueeta $(3+4)*17/21$	%	44.20	44.21	44.07	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueeta $100-(25+20)$	%	53.04	53.05	52.89	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.80	55.79	55.93	55.84
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$	%	15.89	15.89	15.89	
29	Relación betún vacíos $(26/27)*100$	%	95.05	95.07	94.57	94.90
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2270	2213	2319	
31	Factor de estabilidad		1.04	0.89	1.00	
32	Estabilidad corregida $31*32$	kg	2361	1970	2319	2216
33	Lectura del flexímetro $(0.01") (35 / 0.254)$	pul.	22	23	23	23
34	Fluencia	m.m.	5.59	5.84	5.84	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	4225	3371	3970	3855

Rivadeneira Vilbas Henr,
TECNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	56%
Arena Chancada 1/4"	37%
Cemento (Filer RCD)	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1312.5	
Peso de C.A	82.5	5.5%
Peso del Cemento	105	
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500	

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla
Especificaciones IVB

1	Número de briquea	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briquea	cm.	6.7	6.6	6.5	
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1200	1180	1170.0	
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1210	1180	1170.0	
15	Peso de la briquea en el agua 25 °C	gr.	675.0	655	640.0	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	535	525	530.0	
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.243	2.248	2.208	2.233
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.302	2.302	2.302	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3*2)/(7+8) + (4*2)/(9+10))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	2.55	2.35	4.09	3.00
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.461	2.461	2.461	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-19.75	-19.75	-19.75	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3 + 4) * 17 / 21$	%	44.70	44.79	43.99	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25 + 20)$	%	52.75	52.86	51.92	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.30	55.21	56.01	55.50
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$	%	15.67	15.67	15.67	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	95.39	95.75	92.70	94.61
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2262	2159	2018	
31	Factor de estabilidad		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2172	2073	1937	2060
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	28	31	27	29
34	Fluencia	m.m.	7.11	7.87	6.86	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3053	2632	2825	2837

Ruth Reyes Ruth Noemi
TÉCNICO DE LABORATORIO



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Dosificación de Concreto Asfáltico

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

Grava Chancada 3/4"	56%
Arena Chancada 1/4"	37%
Cemento (Filer RCD)	7%
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	

Peso de Muestra	1305
Peso de C.A	90 6.0%
Peso del Cemento	105
Peso Total de la Mezcla Asfáltica	1500

Material	% Mezcla	% Diseño
A Grava Triturada	30.77	29.04
B Arena	68.23	21.93
C Cemento (Filer RCD)	1	49.02

% Que Pasa el Tamiz								
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
100	81.8	73.5	69.2	48.6	20.8	10.9	5.6	
100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	

Mezcla	Especificaciones	IVB

1	Número de briquea	#	1	2	3	Prom.
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	29.04	29.04	29.04	
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	21.93	21.93	21.93	
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200)	%	42.48	42.48	42.48	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc.	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.504	2.504	2.504	
8	Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc.	2.565	2.565	2.565	2.535
9	Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.583	2.583	2.583	
10	Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc.	2.596	2.596	2.596	2.590
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc.	1.47	1.47	1.47	
12	Altura promedio de la briquea	cm.	7	6.8	6.8	
13	Peso de la briquea en el aire	gr.	1240	1240	1230.0	
14	Peso de la briquea saturada superficialmente seca	gr.	1250	1250	1230.0	
15	Peso de la briquea en el agua	gr.	690.0	690	685.0	
16	Volumen de la briquea 14-15	c.c.	560	560	545.0	
17	Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc.	2.214	2.214	2.257	2.228
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc.	2.298	2.298	2.298	
19	Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$	gr/cc.	3.937	3.937	3.937	
20	% de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505)	%	3.63	3.63	1.77	3.01
21	Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$	gr/cc.	4.689	4.689	4.689	
22	Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$	gr/cc.	4.775	4.775	4.775	
23	Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P - 8) + (4*P - 10))$	gr/cc.	2.456	2.456	2.456	
24	Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	-19.83	-19.83	-19.83	
25	% del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(3+4) * 17/21$	%	44.13	44.13	44.98	
26	% del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $100 - (25+20)$	%	52.24	52.24	53.25	
27	% vacíos del agregado mineral 100-25	%	55.87	55.87	55.02	55.59
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$	%	15.71	15.71	15.71	
29	Relación betún vacíos $(26/27) * 100$	%	93.51	93.51	96.78	94.60
30	Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo)	kg	2008	2831	2906	
31	Factor de estabilidad		0.86	0.86	0.93	
32	Estabilidad corregida $31 * 32$	kg	1727	2435	2703	2288
33	Lectura del flexímetro (0.01") (35 / 0.254)	pul.	25	27	20	24
34	Fluencia	m.m.	6.35	6.86	5.08	
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	2719	3550	5320	3863

Ruth Reyes Ruth Noemi
TÉCNICO DE LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



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

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".

ENSAYO : Ensayo RICE con 7% de Filler (RCD)

LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo

: Chiclayo - Lambayeque

TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	439	439	439	439	439
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	1337	1337	1337	1337	1337
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	892	899	899	903	902
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	1891.6	1898.5	1899.0	1903.0	1902.2
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1000	1000	1000	1000	1000
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	446	439	438	434	435
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.243	2.278	2.281	2.302	2.298

Salvador Reyes Ruth Noemi
TÉCNICO DE LABORATORIO





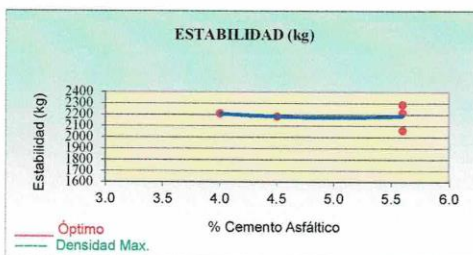
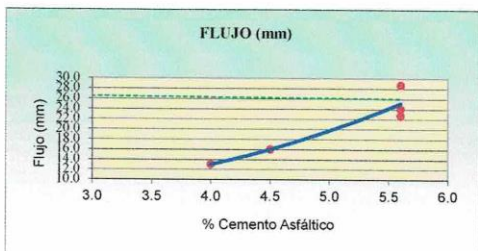
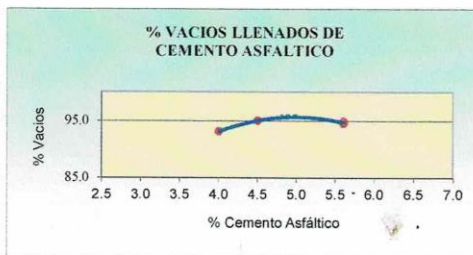
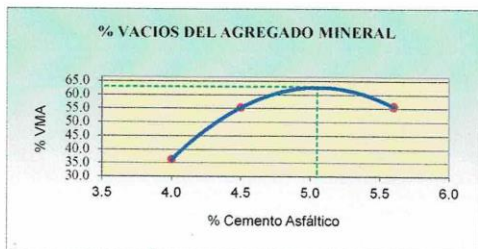
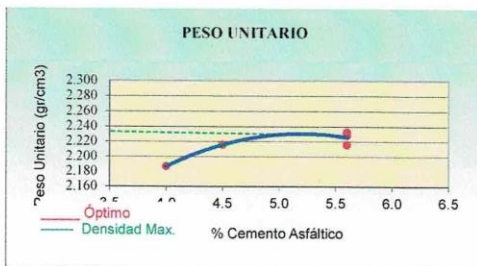
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD cómo filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Representación Grafica para 7% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi



Salvador Reyes Ruth Noemi
 Salvador Reyes Ruth Noemi
 TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE ENSAYOS DE GEOTECNIA Y CAMINOS
USAT
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE GEOTECNIA Y CAMINOS
 TÉCNICO DE LABORATORIO

RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.8
Peso Unitario (gr/cm ²)	2.240
Vacios (%)	3.00
Vacios del Agregado mineral (%)	63.00
Vacios Llenados de C.A (%)	96.00
Flujo (mm)	6.86
Estabilidad (Kg)	2300
Relación Polvo Asfalto	0.86

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



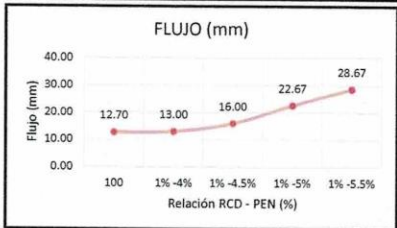
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE RCD Y PEN

TESIS : "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas utilizando RCD como filler en el departamento de Lambayeque".
ENSAYO : Resultados de Diseño de Mezcla con 7% de Filler (RCD)
LABORATORIO : Laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo
 : Chiclayo - Lambayeque
TESISTA : Salvador Reyes Ruth Noemi

RESULTADOS								
Relación Filler - PEN	Peso Unitario (gr/cm ³)	Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
100	2.28	4.50	22.00	68.00	12.70	1755.68	1.23	1809.22
1%-4%	2.19	2.50	36.22	93.14	13.00	2208.67	1.23	6708.03
1%-4.5%	2.22	2.75	55.33	95.04	16.00	2184.99	1.23	5510.74
1%-5%	2.22	2.85	55.84	94.90	22.67	2216.46	1.23	3855.23
1%-5.5%	2.23	3.00	55.50	94.61	28.67	2060.48	1.23	2836.81
1%-6%	2.23	3.01	55.59	94.60	24.00	2288.04	1.23	3863.21



Rivendreyro Oblitas Ferris
 TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENLACE DE ASFALTO
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO