

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**



**“EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD ENTRE EL CEMENTO ASFALTICO PEN  
120/150 MEJORADO CON UN PROMOTOR DE ADHERENCIA Y EL AGREGADO  
PIEDRA TIPO GRANITO (C. LEOPOLDO) Y SU EFECTO EN LA CALIDAD Y  
RESISTENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CASO TRAMO  
BAMBAMARCA – HUALGAYOC DE LA CARRETERA CHONGOYAPE –  
COCHABAMBA – CAJAMARCA”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL**

**AUTOR:**

**Br. ALEXSANDRA GRIMANESA MACEDO VILCA**

**ASESOR (A):**

**Ms. RICARDO NARVAEZ ARANDA**

**Trujillo, Junio del 2016**

## **Dedicatoria**

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además por ser mi fortaleza en cada momento, por protegerme, bendecirme y por su infinito amor.

A mi amada hija Valentina por su amor,  
por ser mi motor y motivo.

A mi querida Mamá Clorinda  
Prudencia por su amor y constante apoyo.

### **Agradecimiento**

Al Ms. Ricardo Narvaez Aranda, por su asesoramiento y apoyo constante durante el proceso de elaboración para poder culminar y presentar esta tesis y optar el grado de grado de maestra en transportes y conservación vial.

## Resumen

El presente trabajo de investigación, fue realizado con el fin de evaluar la compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, la determinación de la compatibilidad del agregado tipo granito con el cemento asfáltico, se realizaron con ensayos en laboratorio caracterizando las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados según las normas ASTM y AASHTO; la adherencia que presentó el agregado y el cemento asfáltico, según los resultados de laboratorio era deficiente por lo que se empleó el aditivo Quimibond 3000, material que al ser empleado en diferentes muestras de ensayo y a diferentes dosis brindó excelentes resultados de adherencia; de acuerdo al comportamiento que presentaban las muestras se seleccionó a la mejor muestra, la que se asemejaba al comportamiento real (material ya puesto en obra). El diseño de la mezcla asfáltica se desarrolló en base a la metodología Marshall, se emplearon briquetas de ensayos con distintas proporciones de muestras de agregado y cemento asfáltico y se logró determinar la proporción óptima del agregado y del cemento asfáltico. Los resultados obtenidos muestran mejoras significativas en las propiedades de la mezcla asfáltica lo cual permitió concluir que la incorporación del aditivo Quimibond 3000 en la mezcla asfáltica ayudó al incremento de sus propiedades físico-mecánicas de la capa de rodadura para disminuir el deterioro y daño vial producidos por cargas de tráfico.



### **Abstract**

This research was conducted in order to evaluate the compatibility between the asphalt cement PEN 120/150 improved with an adhesion promoter and granite stone aggregate type and its effect on the quality and strength of the asphalt hot mix, determining the compatibility of granite aggregate with the asphalt cement type, were performed with laboratory tests characterizing the physical and mechanical materials used according to ASTM standards and AASHTO properties; adherence to present the agregado and asphalt cement, according to laboratory results was poor so the additive Quimibond 3000, material to be used in different test samples and different doses I provide excellent adhesion results was used, according to behavior they are presenting samples, the best sample was selected, that resembled the actual behavior (equipment already on site). The asphalt mix design was developed based on the method of Marshall test briquettes were used with different proportions of added samples and asphalt cement was possible to determine the optimal ratio of the aggregate and asphalt cement. The results show significant improvements in the properties of the asphalt mix which led to the conclusion that the incorporation of the additive qQuimibond 3000 in the asphaltic mix helped increase their physical-mechanical the surface layer properties to reduce damage and road damage caused by traffic loads.

## Contenido

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	i
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problema.....	2
1.2. Análisis del problema.....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.4. Hipótesis de investigación.....	4
1.4.1. Variables.....	4
1.4.2. Indicadores.....	5
1.5. Objetivos de la investigación.....	7
1.5.1. Objetivo general.....	7
1.5.2. Objetivos específicos.....	7
<b>II. Marco teórico.....</b>	<b>8</b>
2.1. Pavimentos.....	8
2.1.1. Definición.....	8
2.1.2. Tipos de pavimentos.....	9
2.1.3. Diseño de pavimentos.....	10
2.2. Compatibilidad entre el cemento asfáltico y los agregados.....	11
2.2.1. Cemento asfáltico.....	12

2.2.2.	Los agregados.....	18
2.2.3.	Aditivos mejoradores de adherencia para asfalto.....	21
2.2.4.	Compatibilidad entre el árido y los pétreos.....	22
2.3.	Calidad y resistencia de la mezcla asfáltica .....	23
2.3.1.	Mezcla asfáltica.....	23
2.3.2.	Indicadores de calidad.....	26
2.3.3.	Indicadores de resistencia.....	26
<b>III.</b>	<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>28</b>
3.1.	Metodología.....	28
3.2.	Universo o población muestral.....	28
3.2.1.	Muestras.....	28
3.3.	Diseño de la investigación .....	31
3.3.1.	Equipo para el ensayo.....	31
3.3.2.	Procedimiento de ensayo, tabulación de datos y cálculos.....	31
3.3.3.	Interpretación de los resultados .....	39
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección y procedimiento de datos .....	40
3.4.1.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	40
3.4.2.	Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos: .....	40
<b>IV.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>42</b>
4.1.	Estudio de los agregados finos y gruesos en base a la mecánica de suelos.....	42
4.2.	Ensayos en laboratorio del cemento asfáltico .....	66
4.3.	Estudio de la adherencia del agregado.....	69
4.4.	Diseño de la mezcla asfáltica en caliente .....	71

<b>4.5. Compatibilidad de la mezcla asfáltica y su enfoque en el nivel de su calidad y resistencia.....</b>	<b>73</b>
<b>V. Discusión .....</b>	<b>78</b>
<b>VI. Conclusiones.....</b>	<b>81</b>
<b>VII. Recomendaciones.....</b>	<b>83</b>
<b>VIII. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>85</b>
<b>IX. Anexos.....</b>	<b>88</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Mezclas en caliente tipo de cemento asfáltico clasificado según penetración.....	13
Tabla 2. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.....	14
Tabla 3. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad.....	14
Tabla 4. Especificaciones técnicas Petroperú.....	15
Tabla 5. Especificaciones técnicas Petroperú.....	16
Tabla 6. Especificaciones técnicas Petroperú.....	17
Tabla 7. Especificaciones técnicas Petroperú.....	18
Tabla 8. Gradación de materiales.....	32
Tabla 9. Porcentaje (%) de agregados para la preparación de la mezcla.....	33
Tabla 10. Determinación de porcentaje de agregados para la preparación de la mezcla.....	33
Tabla 11. Resultados de relaciones de las pruebas (Muestras) de ensayos.....	39

## Índice de figuras

Figura 1. Estudio de la grava chancada de $\frac{3}{4}$ " , en base a la mecánica de suelos.....	42
Figura 2. Estudio de la gravilla chancada de $\frac{3}{8}$ " , en base a la mecánica de suelos.....	43
Figura 3. Estudio de la arena chancada de $\frac{1}{4}$ " en base a la mecánica de suelos.....	44
Figura 4. Estudio de la arena natural de $\frac{1}{4}$ " , en base a la mecánica de suelos.....	45
Figura 5. Estudio de la cal hidratada, en base a la mecánica de suelos.....	46
Figura 6. Ensayo de abrasión (Máquina de los ángeles), respecto a los agregados gruesos retenidos en los tamices.....	47
Figura 7. Ensayo de agregado grueso respecto a una cara fracturada.....	48
Figura 8. Ensayo del agregado grueso respecto a las partículas chatas y alargadas.....	49
Figura 9. Ensayo de agregado grueso respecto a la durabilidad de la grava.....	50
Figura 10. Ensayo del peso específico del agregado grueso respecto a las gravas retenidas en los tamices mayores al No 4.....	51
Figura 11. Ensayo del agregado grueso, en base al ensayo de solubles.....	52
Figura 12. Ensayo del agregado fino en base al ensayo de su angularidad.....	53
Figura 13. Ensayo del agregado fino, en base al equivalente de arena mezclada con cal hidratada.....	54
Figura 14. Ensayo del agregado fino, en base al equivalente de arena mezclada con cal hidratada.....	55
Figura 15. Ensayo del agregado fino respecto a los límites de consistencia.....	56
Figura 16. Ensayo de durabilidad de arena en el agregado fino en base al agregado grueso retenido en tamices mayores No 4.....	57

Figura 17. Ensayo de sales solubles en el agregado fino.....	58
Figura 18. Ensayo de límites de consistencia respecto al agregado fino.....	59
Figura 19. Ensayo de la gravedad específica y absorción de los agregados finos y gruesos.....	60
Figura 20. Ensayo de inmersión y compresión de las mezclas asfálticas.....	66
Figura 21. Ensayo de inmersión y compresión de las mezclas asfálticas.....	67
Figura 22. Ensayo de efecto de agua en ebullición sobre mezclas asfálticas en caliente.....	69
Figura 23. Diseño de mezclas asfálticas en caliente se desarrolló en base a la norma ASTM D-1559 - Método de Marshall.....	71
Figura 24. Ensayo de asfalto Bólido 120/150 PEN.....	73
Figura 25. Viscosidad cinemática – temperatura ASTM D 341.....	74
Figura 26. Certificado de calidad.....	75
Figura 27. Certificado de calidad.....	76

## I. Introducción

Tomando en cuenta que día a día las reservas de petróleos en el mundo tienden a disminuir, por consiguiente la obtención de sus derivados como es el asfalto y la disminución de los agregados, debido a ello surge la necesidad de buscar nuevos materiales que mejoren las propiedades físico-mecánicas de las mezclas asfálticas.

La tecnología (Mezcla asfáltica en caliente) del cemento asfáltico al ser empleados a diferentes penetraciones PEN 120/150 ha sido un técnica ampliamente estudiada. Con la adición del agregado tipo granito y el cemento asfáltico en la preparación de la mezcla asfáltica se aprecia que su adherencia es notablemente baja, afectando esto a las propiedades mecánicas con el que contara la mezcla asfáltica. Cuando se pretende utilizar esta compatibilidad del producto se pretende mejorar el comportamiento que experimentan las muestras en laboratorio respecto a las diferentes condiciones de carga y del medio ambiente a las que son sometidas.

Siendo el principal objetivo de la presente investigación determinar en qué medida la compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (Cantera Leopoldo) tiene un efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca-Hulgayoc de la carretera Chongoyape-Cochabamba - Cajamarca y a la vez siendo el principal objetivo del ingeniero diseñador de mezclas asfálticas mejorar la afinidad entre el agregado tipo granito y el cemento asfáltico para así poder mejorar el comportamiento estructural del pavimento, ofreciendo comodidad y seguridad al usuario; para lo cual se realizó pruebas con diferentes tipos de promotores de adherencia y en diferentes dosis, siendo que finalmente se empleó el aditivo Quimibond 3000 para mejorar la adhesividad entre el agregado tipo granito y el cemento asfáltico, quien ofreció buenas propiedades físico-mecánicas gracias a su excelentes resultados de adherencia.



El grado de aporte de la incorporación del agregado tipo granito en la mezcla asfáltica a través de la ayuda de un aditivo promotor de adherencia en la mejora de las propiedades de la mezcla asfáltica, depende de los factores en las cuales podemos mencionar, por lo que para este caso es el diseño de la mezcla asfáltica en caliente el cual gracias a la contribución de las normas ASTM y AASHTO y en base a la metodología Marshall se logró determinar los contenidos óptimos de agregados de tipo granito finos y gruesos y la cantidad optima de cemento asfáltico a ser utilizado en el presente diseño de la carpeta de rodadura.

El propósito de esta investigación es contribuir al mejoramiento de las asfálticas con la adición de agregados finos y gruesos de tipo granito apoyado de un aditivo promotor de adherencia que ayude a optimizar la calidad y resistencia de la carpeta de rodadura.

### **1.1.Problema**

Considerando el incremento en la intensidad de tráfico vehicular a través de los años, y más importante aún los niveles de carga en las carreteras; razón por la cual ha generado la necesidad de emplear materiales idóneos para pavimentos con mayor resistencia. En lo que respecta a los pavimentos flexibles, el estudio del comportamiento de los materiales que conforman el concreto asfáltico: agregado pétreo y ligante asfáltico son de gran importancia para obtener mezclas asfálticas de alto desempeño.

### **1.2.Análisis del problema**

De acuerdo a la publicación conjunta del Asphalt Institute Inc. & European Bitumen Association –Eurobitume (2011), se sabe que aproximadamente el 85% del asfalto producido en

el mundo es utilizado por la industria de construcción de carreteras. De ahí que surge la importancia de conocer el comportamiento del asfalto producido en el Perú.

La degradación prematura en la carpeta asfáltica por pérdida de adhesividad, problemas en la ligación adhesiva desenvuelta en la interface agregado-asfalto o ligaciones adhesivas deficientes entre los materiales; observada en algunas regiones del país, ha dado origen el empleo de aditivos promotores de adherencia en diseños de mezclas asfálticas en caliente. La degradación prematura está asociada a la falta de interacción química entre el agregado pétreo y el ligante asfáltico (afinidad arido-ligante).

A 4.0 km. de Hualgayoc existe una cantera denominada “Leopoldo”, fuente de material macizo rocoso del tipo granito de composición cuarzo, cuarcita, etc.; disponible para el tramo carretero Bambamarca – Hualgayoc de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, pero dicho material presenta un alto porcentaje de absorción al agua y casi nula afinidad arido-ligante (agregado y el cemento asfáltico para el caso); por lo que es necesario analizar, determinar y diseñar mezclas asfálticas empleando aditivos mejoradores de adherencia.

### **1.3. Formulación del problema**

¿En qué medida la compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (C. Leopoldo) tiene un efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca-Hualgayoc de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca?

#### **1.4.Hipótesis de investigación**

La compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (C. Leopoldo) tiene un efecto significativo en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente.

##### **1.4.1. Variables.**

V.I.: Compatibilidad del cemento asfáltico PEN 120/150 con el agregado piedra tipo granito.

V.D.: Calidad y resistencia de la mezcla asfáltica.

### 1.4.2. Indicadores.

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<p>Compatibilidad del cemento asfáltico PEN 120/150 con el pétreo de tipo granito.</p>	<p>Consiste en la evaluación, análisis de compatibilidad del ligante asfáltico con dos agregados: uno tipo granito y otro tipo calcáreo (afinidad arido_ligante); con el fin de diseñar mezclas asfálticas que atienda solicitudes como clima, tránsito y trazo para el tramo en evaluación.</p>	<p>Ensayos del Cemento Asfáltico.</p> <p>Ensayos de los agregados finos y grueso del pétreo.</p> <p>Ensayo Mezcla asfáltica en caliente, método Marshall.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Punto de Inflamación (°C)</li> <li>- Ductilidad (cm)</li> <li>- Solubilidad en Tricloroetileno (%)</li> <li>- Índice de Penetración (%)</li>   <li>- Análisis Granulométrico</li> <li>- Contenido de humedad natural</li> <li>- Índice de plasticidad</li> <li>- Peso específico y absorción</li> <li>- Equivalente de arena</li> <li>- Abrasión los ángeles</li> <li>- Durabilidad</li> <li>- Sales solubles</li> <li>- Partículas chatas y alargadas</li> <li>- Partículas caras fracturadas</li>   <li>- Análisis de Adherencia de agregado grueso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Especificaciones Técnicas de obra.</li> <li>✓ Especificaciones Técnicas Generales EG-2013.</li> <li>✓ Memoria descriptiva del proyecto.</li> <li>✓ Diseño del pavimento del proyecto</li> </ul>
<p>Calidad y resistencia de la mezcla asfáltica</p>		<p>Resistencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Roderas.</li> <li>- Degradamiento.</li> </ul>	<p>- Prueba de Hamburgo</p>

		Calidad	- Volumetría - Estabilidad y flujo	- Metodología superpave - Marshall
--	--	---------	---------------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia (2016)

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo general.**

Determinar en qué medida la compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (C. Leopoldo) tiene un efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca-Hulgayoc de la carretera Chongoyape-Cochabamba, Cajamarca.

### **1.5.2. Objetivos específicos.**

- Realizar un estudio de mecánica de suelos para determinar las características físico-mecánicas del agregado piedra tipo granito.
- Realizar ensayos al cemento asfáltico de penetración PEN 120/150.
- Analizar la adherencia del agregado en estudio y cómo mejorarlos.
- Elaborar el diseño de mezclas asfálticas en caliente (MAC), determinar el óptimo de contenido de asfalto mediante los ensayos de laboratorio y cumplir los requerimientos de las especificaciones técnicas de obra y generales EG-2013.

## II. Marco teórico

### 2.1. Pavimentos

#### 2.1.1. Definición.

De acuerdo a Osuna (2008), define:

El pavimento es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la subrasante y la superficie de rodamiento y cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en ellas. (p. 3)

Por otro lado Renmgifo (2014) menciona:

El pavimento es una estructura que proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito. (p. 3)

De las otras dos investigaciones para Rosado (1999), define al pavimento como:

Una estructura de pavimento flexible puede constar de dos o más capas. Las capas, comenzando en la subrasante y siguiendo en orden hacia arriba, generalmente se designan como revestimiento o capa de sub-base, revestimiento o capa de base y capa superficial. (p. 15)

Y según Camposano (2012) “se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente”. (p. 17)

## **2.1.2. Tipos de pavimentos.**

### ***2.1.2.1. Pavimentos flexibles.***

Renmgifo (2014), define al pavimento flexible:

Como un tipo de pavimento que se caracteriza por estar conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya sobre capas de material granular, las cuales generalmente van disminuyendo su calidad conforme se acercan más a la subrasante. Esto se debe a que los esfuerzos que se producen por el tránsito van disminuyendo con la profundidad y por razones económicas. (p. 3)

### ***2.1.2.2. Pavimentos rígidos.***

Miranda (2010), nos menciona:

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losa y juntas sin pasajuntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. (p. 9)



### **2.1.2.3. Pavimentos compuestos.**

Osuna (2008), considera:

El pavimento compuesto es un tipo de pavimento que consta de una losa de concreto hidráulico, sobre la cual se tiende y compacta una sobre carpeta de concreto asfáltico, la cual servirá como superficie de rodamiento por la cual circularán vehículos a altas velocidades, siendo la losa el elemento estructural principal. Reúne las ventajas y desventajas de ambos tipos de pavimentos, si bien, aun cuando la carpeta asfáltica puede estar a salvo del fenómeno de la fatiga, su vida útil es corta en comparación con la losa de concreto, requiriendo una conservación similar a la de un pavimento flexible. Otro problema lo constituyen la flexión de la juntas y eventualmente de las grietas de las losas de concreto, aspecto que debe tenerse en cuenta para su diseño. (p. 6)

### **2.1.2.4. Pavimentos especiales.**

Según Osuna (2008), dentro de los pavimentos especiales nos dice que “son los pavimentos contruidos con adoquín de cemento o de piedra debidamente acomodada”. (p. 6)

### **2.1.3. Diseño de pavimentos**

De acuerdo a las investigaciones de Camposano (2012), en el diseño de pavimentos sustenta:

En el proceso de modelación y diseño de pavimentos flexibles existen criterios subjetivos sobre algunos de los parámetros. Se observa una tendencia a la aplicación de fórmulas empíricas por parte de los diseñadores, derivadas de algunas experiencias particulares, sin tener en cuenta patrones establecidos por entidades como por ejemplo la SHELL,

AASTHO y otras que desarrollaron métodos de cálculo de uso común en el medio. El diseño de un pavimento consiste en establecer una estructura para una duración dada, bajo las solicitaciones del tránsito y las características de la subrasante. (p. 23)

## **2.2. Compatibilidad entre el cemento asfáltico y los agregados**

Según los Tresingenieros (2016):

La carga aplicada a un pavimento asfáltico es principalmente asumida por los agregados en la mezcla. La porción de agregados en una mezcla es alrededor del 95% en peso del material. Buenos agregados y su adecuada gradación son factores críticos para el desempeño de una mezcla. Idealmente, debería proporcionarse una gradación de agregados que requiera la mínima cantidad de cemento asfáltico. El cemento asfáltico llena la mayoría de los vacíos entre las partículas de agregado tanto como los vacíos dentro de ellos. (párr. 1)

De tal forma Chavarri (2007), menciona:

Algunos agregados y cementos asfálticos tienen problemas de compatibilidad y el asfalto se separará del agregado durante la vida útil del pavimento. Este problema se evalúa durante el diseño de mezcla, y si las pruebas indican la posibilidad de que exista desprendimiento, es necesario un aditivo que evite este fenómeno, el cual será especificado. Los materiales líquidos que previenen el desprendimiento se agregan al cemento asfáltico caliente durante la producción de la mezcla. (p. 16)

De acuerdo a las definiciones de los dos autores anteriores en mención a la variable Compatibilidad del cemento asfáltico PEN 120/150 con el pétreo de tipo granito, desarrollare una definición propia:

El cemento asfáltico aparte de sus propiedades aglomerantes e impermeabilizantes, posee características de flexibilidad, durabilidad y alta resistencia a la mayoría de los ácidos, sales y álcalis; y el agregado granito es un material que por sus características resultan adecuado para utilizarlo como agregado grueso en las capas de rodadura, ya que tiene cualidades para resistir al pulimento y garantizan la textura superficial necesaria en un periodo de tiempo, incluso con tráficos muy intensos. Los agregados tipo granito pueden presentar una deficiente adhesividad con el cemento asfáltico, pero en la mayoría de los casos el problema se puede resolver con activantes que son sustancias que tienen la misión específica de mejorar la adhesividad con los ligantes asfálticos y mediante ensayos de laboratorio se obtendrá las cualidades de compatibilidad (estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento, etc.) que debe tener la mezcla del pavimento.

### **2.2.1. Cemento asfáltico.**

#### **2.2.1.1. Definición.**

Rosado (1999), menciona:

El cemento asfáltico es un ligante denso que se emplea en la preparación de mezclas asfálticas en caliente, elaborados con los residuos de la destilación fraccionada del petróleo crudo y aceites aromáticos, se designa seleccionando una graduación de penetración de dureza adecuada, para cada tipo de construcción, condiciones climatológicas, y clase y naturaleza del tráfico que ha de soportar el pavimento. Los cementos asfálticos de petróleo se refinan por destilación al vapor de los residuos más pesados del proceso de fraccionamiento, continuándose la destilación hasta que se obtiene la penetración deseada. El verdadero grado de penetración se controla por la cantidad de

aceites fluxantes que se mantienen al final del proceso. Los cementos asfálticos y los asfaltos líquidos de curado lento son bastante similares. (p. 19)

Según la definición anterior Pacco (2015), considera que “el cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175°C”. (p. 61)

De los dos autores anteriores la MTC (2000), nos dice:

Los cementos asfálticos son asfaltos obtenidos de destilación del petróleo para eliminar solventes volátiles y parte de sus aceites. Su viscosidad varía con la temperatura y entre sus componentes, las resinas le producen adherencia con los materiales pétreos, siendo excelentes ligantes, pues al ser calentadas se licúan, lo que les permite cubrir totalmente las partículas del material pétreo.

Tabla 1.

Mezclas en caliente tipo de cemento asfáltico clasificado según penetración.

<b>Temperatura media anual</b>			
<b>24° C o mas</b>	<b>24° C – 15° C</b>	<b>15° C - 5° C</b>	<b>Menos de 5° C</b>
40 – 50 ó		85-100	Asfalto Modificado
60-70 ó	60-70	120-150	
Modificado			

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en caliente del Asphalt Institute. Serie de Manuales N° 22 (MS-22).

Tabla 2.  
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.

Características	Ensayo	Grado de penetración							
		40-50		60-70		85-100		120-150	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Penetración 25°C 100g., 5 segundos.	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150
Punto inflamador, Cleveland °C	MTC E 312	450		450		450		425	
Ductilidad 25°C, 5cm por minuto.	MTC E 306	100		100		100		100	
Solubilidad de triclorotileno, % masa	MTC E 302	99		99		99		99	
Susceptibilidad térmica.									
Ensayo de película delgada en horno, 3.2 mm, 163 °C, 5 hrs									
Pérdida de masa %	MTC E 316		0.8		0.8		1		1.3
Penetración del residuo.% del original	MTC E 304	58		54		50		46	
Ductilidad del residuo a 25 °C 5cm por min. Cm	MTC E 306			50		75		100	
Índice de susceptibilidad térmica		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
Ensayo de la mancha con solvente heptano xileno 20% (opcional)	MTC E 314	Negativo para todos los grados							

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2000 MTC.Perú.2000.

Tabla 3.  
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad

Característica	Ensayo	Grado de viscosidad			
		AC -5	AC - 10	AC - 20	AC -40
Viscosidad absoluta 60° poises	MTC E 308	500±100	1000±200	2000±400	4000±800
Viscosidad cinemática 135° C mínima	MTC E 301	100	150	210	300
Penetración 25° C 100 g., 5 segundos – mínimo	MTC E 304	120	70	40	20
Punto inflamador, Cleveland °C (°F)- mínimo	MTC E 303	177 (350)	219 (425)	232 (450)	232 (450)
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	MTC E 302	99	99	99	99
Susceptibilidad Térmica.					
Ensayo de película delgada en horno, 3.2mm., 163°C, 5 hrs	MTC E 316	200	400	800	1600
Viscosidad absoluta, 60°C poises máximos	MTC E 304	-2000	-4000	-8000	-16000
Ductilidad, 25 °C, 5cm por minuto, cm mínimo	MTC E 306	100	50	20	10
Ensayo de la mancha con solvente Heptano – xileno 20% (opcional)	MTC E 314	Negativo para todos los grados			

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2000 MTC.Perú.2000.

### 2.2.1.2. Tipos de cementos asfálticos.

De acuerdo a Petroperú (2013), nos indica:

Los cementos asfálticos (El asfalto sólido) producidos en el PERÚ son cuatro, las cuales están elaboradas por la empresa Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.

1. El Asfalto Sólido 40/50 PEN es una mezcla multicomponente de hidrocarburos derivados del petróleo, no volátiles, de elevado peso molecular.

Tabla 4.  
Especificaciones técnicas Petroperú

<i>Clase de producto</i>				
<b>Asfalto solido</b>				
<i>Tipo de producto</i>				
<b>Cemento asfaltico</b>				
<i>Nombre de producto</i>				
<b>Asfalto sólido 40/50 PEN</b>				
Ensayos	Especificaciones (a)		Metódo	
	MIN.	MAX	ASTM	AASHTO
Penetración A 25°C. 100 G. 5s. 0.1mm	40	50	D-5	T-49
Volatidad				
Punto de inflamación Cleveland, copa abierta °C	232		D-92	T-48
Gravedad específica a 15.6/15.6 °C	Reportar		D-70	T-228
Ductilidad a 25 °C. 5 cm/min. Cm	100		D-113	T-51
Solubilidad en tricloroetileno, % masa	99.0		D-2042	T-44
Susceptibilidad térmica				
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas			D-1754	T-179
Perdida por calentamiento, % masa		0.8		
Penetración retenida, % del original	55+		D-5	T-49
Índice de susceptibilidad térmica	-1	1		Francés RLB
Fluidez				
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	Reportar		D-2171	T-201
viscosidad cinemática a 135 °C, cSt	240		D-2171	T-201
Requerimiento general:	El cemento asfaltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175 °C.			
Observaciones:				
(a) En concordancia con la norma técnica peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20				

Fuente: Especificaciones técnicas Petroperú.

2. El Asfalto Sólido 60/70 PEN es una mezcla multicomponente de hidrocarburos derivados del petróleo, no volátiles, de elevado peso molecular.

Tabla 5.  
Especificaciones técnicas Petroperú

<i>Clase de producto</i>	<b>Asfalto solido</b>			
<i>Tipo de producto</i>	<b>Cemento asfaltico</b>			
<i>Nombre de producto</i>	<b>Asfalto sólido 60/70 pen</b>			
<b>Ensayos</b>	<b>Especificaciones (a)</b>		<b>Metódo</b>	
	<b>MIN.</b>	<b>MAX</b>	<b>ASTM</b>	<b>AASHTO</b>
Penetración A 25°C. 100 G. 5s. 0.1mm	60	70	D-5	T-49
Volatilidad				
Punto de inflamación Cleveland, copa abierta °C	232		D-92	T-48
Gravedad específica a 15.6/15.6 °C	Reportar		D-70	T-228
Ductilidad a 25 °C. 5 cm/min. Cm	100		D-113	T-51
Solubilidad en tricloroetileno, % masa	99.0		D-2042	T-44
Susceptibilidad térmica				
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas			D-1754	T-179
Perdida por calentamiento, % masa		0,8		
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49
Ductilidad a 25 °C. 5 cm/min. Cm	50		D-113	T-51
Índice de susceptibilidad térmica	-1	1		Frances RLB
Fluidez				
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	Reportar			
viscosidad cinemática a 135 °C, cSt	200		D-2171	T-201
Requerimiento general:	El cemento asfaltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175 °C.			
Observaciones:				
(a) En concordancia con la norma técnica peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20				

Fuente: Especificaciones técnicas Petroperú

3. El Asfalto Sólido 85/100 PEN es una mezcla multicomponente de hidrocarburos derivados del petróleo, no volátiles, de elevado peso molecular.

Tabla 6.  
Especificaciones técnicas Petroperú

<i>Clase de producto</i>				
<b>Asfalto solido</b>				
<i>Tipo de producto</i>				
<b>Cemento asfaltico</b>				
<i>Nombre de producto</i>				
<b>Asfalto sólido 85/100 pen</b>				
Ensayos	Especificaciones (a)		Método	
	MIN.	MAX	ASTM	AASHTO
Penetración A 25°C. 100 G. 5s. 0.1mm	85	100	D-5	T-49
<b>VOLATIDAD</b>				
Punto de inflamación Cleveland, copa abierta °C	232		D-92	T-48
Gravedad específica a 15.6/15.6 °C	Reportar		D-70	T-228
Ductilidad a 25 °C. 5 cm/min. Cm	100		D-113	T-51
Solubilidad en tricloroetileno, % masa	99.0		D-2042	T-44
<b>Susceptibilidad térmica</b>				
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas			D-1754	T-179
Perdida por calentamiento, % masa		1		
Penetración retenida, % del original	47+		D-5	T-49
Ductilidad a 25 °C. 5 cm/min. Cm	75		D-113	T-51
Índice de susceptibilidad térmica	-1	1		Frances RLB
<b>Fluidez</b>				
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	Reportar		D-2171	T-201
viscosidad cinemática a 135 °C, cSt	170		D-2171	T-201
Requerimiento general:	El cemento asfaltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175 °C.			
<b>Observaciones:</b>				
(a) En concordancia con la norma técnica peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20				

Fuente: Especificaciones técnicas Petroperú

4. El Asfalto Sólido 120/150 PEN es una mezcla multicomponente de hidrocarburos derivados del petróleo, no volátiles, de elevado peso molecular.



Tabla 7.  
Especificaciones técnicas Petroperú

<i>Clase de producto</i>				
<b>Asfalto sólido</b>				
<i>Tipo de producto</i>				
<b>Cemento asfáltico</b>				
<i>Nombre de producto</i>				
<b>Asfalto sólido 120/150 PEN</b>				
Ensayos	Especificaciones (a)		Método	
	MIN.	MAX	ASTM	AASHTO
Penetración A 25°C. 100 G. 5s. 0.1mm	120	150	D-5	T-49
Volatilidad				
Punto de inflamación Cleveland, copa abierta °C	218		D-92	T-48
Gravedad específica a 15.6/15.6 °C	Reportar		D-70	T-228
Ductilidad a 25 °C. 5 cm/min. Cm	100		D-113	T-51
Solubilidad en tricloroetileno, % masa	99.0		D-2042	T-44
Susceptibilidad térmica				
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas			D-1754	T-179
Perdida por calentamiento, % masa		1.3		
Penetración retenida, % del original	42+		D-5	T-49
Ductilidad a 25 °C. 5 cm/min. Cm	100		D-113	T-51
Índice de susceptibilidad térmica	1.0	1.0		Francés RLB
Fluidez				
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	Reportar		D-2170	T-201
viscosidad cinemática a 135 °C, cSt	140		D-2171	T-201
Requerimiento general:	El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175 °C.			
Observaciones:				
(a) En concordancia con la norma técnica peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20				

Fuente: Especificaciones técnicas Petroperú

## 2.2.2. Los agregados.

Según Castro (2010) “los agregados minerales son caracterizados respecto al origen de procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento”. (p. 23)

### 2.2.2.1. Tipos de agregados.

#### 2.2.2.1.1. Agregado grueso.

De acuerdo a Castro (2010):

Se considera agregado grueso todo material que sea retenido por el tamiz #4 (4.75 mm). Este agregado deberá ser limpio, resistente y durable, sin exceso de partículas planas, alargadas o desintegrables a demás estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias que puedan impedir la adhesión completa del asfalto. (p. 24)

Por otra parte Pacco (2015), define:

El agregado grueso está constituido por piedras, grava fracturada natural o artificial y eventualmente por materiales naturales que se presenten en estado fracturado o muy anguloso, con textura superficial rugosa. Quedarán retenidos en la malla N°08 y estarán limpios, es decir, sin recubrimiento de arcilla u otros agregados de material fino. (p. 63)

#### *2.2.2.1.2. Agregado fino.*

Castro (2010), menciona:

Se considera material fino todo aquel que logre pasar el tamiz #4(4.75mm) y es retenido en el tamiz #200 (0.074mm). En este rango se encuentran las arenas gruesas y finas las cuales son separadas por el tamiz #10 (2mm). Está constituido por arena de trituración o una mezcla con arena natural, los granos del agregado fino deberán estar libres de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto. (p. 24)

De tal manera Pacco (2015), nos explica:

Los agregados finos o materiales que pasa la malla N° 08, serán obtenidos por el machaqueo de piedras o gravas, o también arenas naturales de granos angulosos y el agregado se presentará limpio, que sus partículas no estén cubiertas de arcilla limosa y otras sustancias perjudiciales, ni contendrá grumos de arcilla u otros aglomerados de

material fino. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto. (p. 65)

#### *2.2.2.1.3. Llenante mineral o filler.*

Castro (2010), nos menciona:

La principal característica del llenante mineral o filler es que pasa el tamiz #200 (0.074 mm). Siendo el polvo de roca más utilizado en las mezclas asfálticas realizadas en nuestra región, teniendo su origen durante el proceso de trituración del material granular de mayor tamaño. Aporta un incremento a la magnitud de la resistencia a la deformación de la mezcla, incrementa la durabilidad de la capa de rodadura evitando la acción del desplazamiento que ejerce el agua al asfalto, debido a que reduce los poros superficiales evitando el acceso del agua al interior. (p. 24)

De lo anterior, Pacco (2015), nos dice:

El relleno mineral « filler » provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento Portland, partículas muy finas de caliza, u otra sustancia mineral no plástica, que se presentará seca y sin grumos y la fracción del “filler” y de los agregados que pasan la malla N° 200, que se denomina polvo mineral, no tendrá características plásticas. (p. 66)

#### *2.2.2.2. Características de los agregados.*

De acuerdo a Castro (2010), nos indica:

Para el buen funcionamiento de la carpeta asfáltica, se deben tener en cuenta ciertas características físicas, como la forma y angulosidad, un agregado mineral deseable es

aquel que cuenta con una alta proporción de partículas equidimensionales. También se debe tener en cuenta características mecánicas, como lo son la resistencia al desgaste ya que es un factor importante en la evolución del pavimento después de su puesta en servicio y la resistencia al pulimento que es la resistencia a perder aspereza en su textura superficial, agregados ásperos evitan el deslizamiento del pavimento. De igual forma, las características químicas como la adhesividad son importantes, una buena afinidad polar por el ligante impide el desplazamiento del ligante asfáltico de la superficie del agregado. (p. 23)

### **2.2.3. Aditivos mejoradores de adherencia para asfalto.**

Curco (2013)mensiona:

Los aditivos son productos químicos que al ser incluidos en el cemento asfáltico de la mezcla mejoran notablemente las características de adherencia entre el asfalto y los agregados. Brindándole una mayor durabilidad a la carpeta asfáltica; estos deben ser incorporados al asfalto en estado líquido mediante dispositivos mecánicos de agitación, por circulación o mediante las recomendaciones o especificaciones del fabricante. (p. 4)

De lo anterior QSI(2013), indica:

La falta de adherencia entre el agregado y el ligante asfáltico ha sido tema de numerosos análisis tendientes a solucionar o disminuir los deterioros originados en los pavimentos como consecuencia de este fenómeno. La misma genera la formación de desprendimientos, los que afectan negativamente a la estructura, ya sea, a nivel de superficie de rodadura o favoreciendo el ingreso de los agentes agresivos a las carpetas inferiores del paquete estructural.

Del mismo modo también menciona los diferentes tipos de Mejoradores de adherencia:

- Morlife 2200: Es un aditivo líquido que mejora la adherencia entre el agregado y el asfalto, evitando la formación de bolsas de agua que impiden la adhesión del cemento asfáltico con el agregado.
- Morlife 5000: Es un aditivo líquido que mejora la adherencia entre el agregado y el asfalto, permite una excelente cohesión del pavimento durante un largo tiempo.
- Quimibond 3000: Es un aditivo líquido que mejora la adherencia entre el agregado y el asfalto.
- Quimibond 5000: Es un aditivo líquido que mejora la adherencia entre el agregado y el asfalto, evitando la formación de bolsas de agua que impiden la adhesión del cemento asfáltico con el agregado, permitiendo una excelente cohesión del pavimento durante un largo tiempo.

#### **2.2.4. Compatibilidad entre el árido y los pétreos.**

Correa (2012), considera:

El material árido aquel que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas y se caracteriza por su estabilidad química, resistencia mecánica y tamaño; y, se consideran materiales pétreos, los agregados minerales que son suficientemente consistentes y resistentes a agentes atmosféricos, provenientes de macizos rocosos, generalmente magmáticos. Tanto los materiales áridos como los materiales pétreos pueden ser utilizados como materia prima en actividades de construcción. (p. 3)

## **2.3. Calidad y resistencia de la mezcla asfáltica**

### **2.3.1. Mezcla asfáltica.**

De acuerdo a Castro (2010), “la mezcla asfáltica es el producto de la unión entre agregados minerales pétreos encargado de proporcionar un cuerpo a la mezcla y el cemento asfáltico, que actúa como agente ligante, proporcionando una íntima unión y cohesión entre los agregados pétreos”.

#### ***2.3.1.1. Definición.***

Según SHRP Antecedentes del diseño y análisis de mezclas asfálticas de SUPERPAVE (1995), (como se citó en Hernández, 2014), en donde mensiona:

El concreto asfáltico (algunas veces llamado “mezcla asfáltica en caliente” o simplemente “HMA” = “Hot Mix Asphalt”) es un material vial compuesto de un ligante asfáltico y un agregado mineral. El ligante asfáltico, que puede ser un cemento asfáltico o un cemento asfáltico modificado, actúa como un agente ligante que aglutina las partículas en una masa cohesiva. Al ser impermeable al agua, el ligante asfáltico también impermeabiliza la mezcla. El agregado mineral, ligado por el material asfáltico, actúa como un esqueleto pétreo que aporta resistencia y rigidez al sistema. Al incluir, tanto ligante asfáltico como material pétreo al concreto asfáltico, su comportamiento se afecta por las propiedades individuales de cada componente, y por la interrelación de estos sistemas. (p. 3)

#### ***2.3.1.2. Composición o propiedades.***

Para Castro (2010), la composición de la mezcla asfáltica está constituido en gran parte por agregado mineral el cual es un material inerte de origen natural como gravas, arenas,

cascajo, fragmentos rocosos o su respectiva combinación, éstos carecen de cohesión entre sí, el asfalto proporciona la adhesión necesaria para producir la mezcla asfáltica. El agregado mineral constituye entre el 90 y 95 por ciento del peso y entre 80 y 85 por ciento en volumen de la mezcla asfáltica, y contribuyen a la estabilidad mecánica, al soporte de la carga del tráfico y al mismo tiempo transmitir la carga a la sub-base a una unidad de presión considerablemente reducida.

### ***2.3.1.3. Diseño de la mezcla asfáltica.***

Hernández (2014), indica:

El proceso de diseño de una mezcla asfáltica, independientemente del método de diseño utilizado, involucra la selección del agregado, selección del asfalto, compactación de los especímenes de prueba, el cálculo de los parámetros volumétricos y la determinación del contenido de asfalto óptimo.

De la misma manera también nos indica el objetivo principal en el diseño de mezclas asfálticas es determinar una combinación y graduación económica de los agregados (dentro de los límites especificados), y el contenido de asfalto correspondiente que conducen a una mezcla que tenga lo siguiente:

- Asfalto suficiente para cubrir por completo las partículas de agregado e impermeabilizarlas, y pegarlas para asegurar un pavimento durable con una compactación adecuada.
- Estabilidad suficiente para satisfacer los requerimientos de servicio y las demandas del tráfico sin deformación ni desplazamiento.

- Vacíos suficientes en la mezcla total compactada para dejar un espacio de reserva para la expansión del asfalto y para una ligera compactación adicional, que con las cargas del tráfico se va a producir.
- Trabajabilidad suficiente para permitir la colocación y compactación de la capa de pavimento y una operación eficiente de construcción.

#### *2.3.1.3.1. Método de diseño Marshall.*

De acuerdo a Maila (2013):

El concepto de este método fue desarrollado por Bruce Marshall, ingeniero del estado de Mississippi. En su forma actual surgió de una investigación iniciada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1943. Su propósito es determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. El método también provee información sobre propiedades de la mezcla asfáltica en caliente y establece densidades y contenidos óptimos de vacíos que deben ser cumplidos durante la construcción del pavimento. El método Marshall solo se aplica a mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación, que usan cemento asfáltico clasificado por penetración o viscosidad y que contienen agregados con tamaño máximo de 25 mm (1 pulgada). Puede ser usado para el diseño en laboratorio o para el control de campo de pavimentos. (p. 18)

De la misma forma también nos menciona que se deben utilizar probetas  $64 \times 102$  mm de diámetro. Una serie de muestras, cada una con la misma combinación de agregados pero con diferente contenido de asfalto, son preparadas de acuerdo a procedimientos específicos.

Los dos datos más importantes del diseño de mezclas del método Marshall son: (p. 19)



- Análisis de la relación vacíos- densidad.
- Prueba de estabilidad- flujo de las muestras compactadas.

### **2.3.2. Indicadores de calidad.**

Para la CMT (2000):

Los materiales pétreos y los materiales asfálticos que se utilicen en la elaboración de mezclas asfálticas, cumplirán con los establecido en las Normas N-CMT-4-04, Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas, N-CMT-4-05-001, Calidad de Materiales Asfálticos Y N-CMT-4-05-002, Calidad de Materiales Asfálticos Modificados. (p. 4).

### **2.3.3. Indicadores de resistencia.**

Según Anguas (2005) en la en la secretaria de comunicaciones y transportes del instituto mexicano de transporte, nos menciona las resistencias que tiene una mezcla asfáltica, las mismas que se detallan a acontinuacion. (p. 3)

- Resistencia a la fatiga: Es la capacidad de la mezcla asfáltica para resistir cargas repetidas causadas por el paso de los vehículos. El agrietamiento por fatiga está relacionado con el contenido y la rigidez del asfalto. Por su parte, los contenidos de asfalto muy altos harán que la mezcla tienda más a deformarse elásticamente (o a deformarse menos) que a fracturarse bajo carga repetida. Aunque también debe señalarse que la resistencia a la fatiga depende en gran medida de la relación entre el espesor estructural de la capa y la carga.

- Resistencia al fracturamiento por baja temperatura: Es la capacidad de la mezcla asfáltica para no agrietarse en condiciones de bajas temperaturas. Depende principalmente de la rigidez del asfalto a bajas temperaturas.
- Resistencia al daño por humedad o impermeabilidad: Es la resistencia al paso de agua y aire hacia el interior, o a través de la mezcla asfáltica. La resistencia al daño por humedad se relaciona con las propiedades químicas del agregado mineral y el contenido de vacíos de aire en la mezcla compactada, y por tanto con los procesos de oxidación del asfalto, su adherencia y el drenaje del pavimento.
- Resistencia al deslizamiento Es la capacidad de la mezcla asfáltica para no perder adherencia entre el neumático y la superficie de rodamiento, en particular cuando está húmeda. Una resistencia al deslizamiento baja se relaciona generalmente con las características del agregado y el contenido de asfalto.

### III. Materiales y métodos

#### 3.1. Metodología

Se empleó el método inductivo analítico (Describir y analizar sistemáticamente lo que existe con respecto a las variaciones o las condiciones de la situación).

#### 3.2. Universo o población muestral

La obra de rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chongoyape-Cochabamba-Cajamarca; tramo: Chota-Bambamarca-Hualgayoc.

##### 3.2.1. Muestras.

La muestra empleadas en la evaluación de la compatibilidad entre el agregado tipo granito y el cemento asfáltico PEN 120/150, los cuales formaran parte de la carpeta de rodadura, en la presente investigación está dada por los siguientes materiales analizados en base a ensayos en laboratorios:

- 14 muestras de grava chancada 3/4", a diferentes pesajes cada unidad de muestra (Ver Anexo 1- Tabla 12).
- 13 muestras de gravilla chancada 3/8", a diferentes pesajes cada unidad de muestra (Ver Anexo 1- Tabla 13).
- 13 muestras de arena chancada 1/4", a diferentes pesajes cada unidad de muestra (Ver Anexo 1- Tabla 14).
- 5 muestras de arena natural 1/4", a diferentes pesajes cada unidad de muestra (Ver Anexo 1- Tabla 15).

- 3 muestras de cal hidratada, a diferentes pesajes cada unidad de muestra (Ver Anexo 1- Tabla 16).
- 2 muestras de diferentes pesajes para determinar el diseño de la mezcla asfáltica y 1 muestra empleada para determinar la durabilidad del agregado fino y grueso para la fabricación de la mezcla asfáltica (Ver Anexo 1- Tabla 17).
- 2 muestras de diferentes pesajes tanto para el agregado fino como para el agregado grueso, empleado para determinar la gravedad específica y absorción de los agregados (Ver Anexo 1- Tabla 18).
- 2 muestras de un mismo pesaje 0.01 gr, tanto para el agregado grueso como para el agregado fino, fueron empleados para determinar el contenido de sales solubles en agregados gruesos (Ver Anexo 1- Tabla 19).
- Las muestras empleadas en los agregados mezclados  $< 4$  fueron: 3 muestras de diferentes pesajes para determinar ña angularidad del agregado fino; 3 muestras de diferentes pesajes para determinar el límite de consistencia (limite liquido); 1 muestra de 1300.5 gr, empleado para determinar la durabilidad del agregado grueso y 1 muestra de 500.0 gr, empleado para determinar la durabilidad del agregado fino (Ver Anexo 1- Tabla 20).
- 2 muestras de 0.01 gr de peso empleado para determinar el contenido de sales solubles en agregados finos y gruesos; 3 muestras de diferentes pesajes empleadas para determinar el límite de consistencia (Limite liquido) y 2 muestras de diferentes pesajes tanto para el agregado fino como para el agregado grueso, empleados para determinar la gravedad especifica de dichos agregados (Ver Anexo 1- Tabla 21).

- 1 muestra de 10000.0 gr, empleado para determinar el diseño granulométrico para mezclas de áridos (Ver Anexo 1- Tabla 22).
- 6 muestras empleadas para determinar el análisis de adherencia a un mismo pesaje (Ver Anexo 1- Tabla 23).
- 28 briquetas (muestras), a diferentes pesajes cada unidad de muestra, empleadas en el ensayo de mezclas asfálticas en caliente en base al método Marshall (Ver Anexo 1- Tabla 24).
- 7 probetas (muestras), a diferentes pesajes cada unidad de muestra, empleadas para determinar la máxima gravedad especifican de mezclas bituminosas (Ver Anexo 1- Tabla 25).
- 6 probetas (muestras), a diferentes pesajes cada unidad de muestra de ensayos empleados en la mezcla asfáltica en caliente, materiales para la carpeta de rodadura (Ver Anexo 1- Tabla 26).
- 6 briquetas (muestras), a diferentes pesajes cada unidad de muestra para determinar el índice de compatibilidad (Ver Anexo 1- Tabla 27).
- 12 briquetas (muestras), a diferentes pesajes cada unidad de muestra empleadas al diseño del método Marshall (Ver Anexo 1- Tabla 28).
- 12 muestras, a diferentes pesajes cada unidad de muestra de diseño de mezclas asfálticas en caliente (Ensayos especiales) (Ver Anexo 1- Tabla 29).
- 3 muestras de inmersión – compresión de la mezcla asfáltica en estado seco, a diferentes pesajes cada unidad de muestra (Ver Anexo 1- Tabla 30).
- 3 muestras de inmersión – compresión de la mezcla asfáltica en estado saturado, a diferentes pesajes cada unidad de muestra (Ver Anexo 1- Tabla 31).

### **3.3.Diseño de la investigación**

Para el presente diseño de investigación se empleó el método Marshall para diseño de mezclas de agregados con cemento asfáltico.

#### **3.3.1. Equipo para el ensayo.**

- Juego de elementos para ensayo Marshall, que incluye molde de compactación especial de 4 pulgadas de diámetro y 3 de altura con su collar de extensión, martillo de compactación con una zapata circular de 3 y 7/8 pulgadas de diámetro, peso de 10 libras y altura de caída de 18 pulgadas, pedestal de compactación firmemente anclado al piso, prensa de ensayo y mordazas para ensayo con sus guías.
- Otros elementos tales como calentadores, termómetros, estufa, bandejas metálicas, baño maría, extractores de muestras, etc.

#### **3.3.2. Procedimiento de ensayo, tabulación de datos y cálculos.**

##### ***3.3.2.1.Número de muestras.***

Se preparó tres muestras para cada combinación de agregados y contenido de cemento asfáltico elegido. Tanto los agregados como el asfalto cumplieron individualmente las especificaciones correspondientes a ellos.

##### ***3.3.2.2.Preparación de los agregados.***

En primer término, se secan a 110°C hasta peso constante. Como casi nunca es posible obtener un agregado que cumpla con los requisitos granulométricos exigidos, deberá hacerse una combinación con los disponibles.

Tabla 8.  
Gradación de materiales

Gradación de materiales										
Tamaño tamiz	% usado	Tamaño tamiz – porcentaje que pasa								
		1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
Grupo 1										
Grupo 2										
Gradación combinada para la mezcla										
Tamaño tamiz	% usado	Tamaño tamiz – porcentaje que pasa								
		1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
Grupo 1										
Grupo 2										
Mezcla										
Especificación										

Fuente: INV. Normas De Ensayo Para Materiales De Carreteras, Tomo II. Editorial Escuela Colombiana De Ingeniería. Bogotá, Colombia. 1998.

### ***3.3.2.3.Determinación de las temperaturas de mezcla y compactación.***

La temperatura a la cual debe calentarse el cemento asfáltico para producir viscosidades Saybolt – Furol de  $85 \pm 10$  y  $140 \pm 15$  segundos, debe establecerse como la de mezcla con los agregados y compactación respectivamente. Debe evitarse un calentamiento excesivo del cemento asfáltico, el cual trae como consecuencia su endurecimiento.

### ***3.3.2.4.Preparación de las mezclas.***

La experiencia ha demostrado que las mezclas de agregados y cemento asfáltico de 1200 gramos de peso permiten obtener muestras compactadas de  $2.5 \pm 0.01$  pulgadas de altura. Por lo tanto para elaborar cada probeta se mezclarán las cantidades necesarias de cada fracción de agregados y cemento asfáltico para alcanzar dicho peso. Como en los 1200 gramos habrá un 4% de cemento asfáltico, el 96% lo componen los agregados pétreos y por ende, se empleará un 96% de cada fracción:

Tabla 9.  
Porcentaje (%) de agregados para la preparación de la mezcla.

% agregado grueso con respecto a la mezcla total	$33 \times 0.96 = 31.68$
% agregado fino con respecto a la mezcla total	$67 \times 96 = 64.32$
% de cemento asfáltico con respecto a la mezcla total	4.00
Total	100.00

Fuente: INV. Normas De Ensayo Para Materiales De Carreteras, Tomo II. Editorial Escuela Colombiana De Ingeniería. Bogotá, Colombia. 1998.

Como la mezcla ha de pesar 1200 gramos la cantidad por incluir en ella, de cada uno de los materiales disponibles se determina aplicando los anteriores porcentajes así:

Tabla 10.  
Determinación de porcentaje de agregados para la preparación de la mezcla.

Agregado grueso	$1200 \times 0.3168 = 380.2 \text{ gr}$
Agregado fino	$1200 \times 0.6432 = 771.8 \text{ gr}$
Cemento asfáltico	$1200 \times 0.04 = 48.0 \text{ gr}$
Total	1200.0 gr

Fuente: INV. Normas De Ensayo Para Materiales De Carreteras, Tomo II. Editorial Escuela Colombiana De Ingeniería. Bogotá, Colombia. 1998.

En la bandeja de mezcla deberá colocarse la cantidad indicada de cada fracción de agregado a la temperatura especificada, mezclándose éstas rápidamente y abriéndose un cráter dentro del cual se añade la cantidad calculada de cemento asfáltico, también a la temperatura especificada (275°C, 140 S.S. – Variación de la viscosidad de un cemento asfáltico con la temperatura, caso típico). Este procedimiento se repite para las otras dos muestras que se van a preparar con el mismo porcentaje de cemento asfáltico.

### ***3.3.2.5. Compactación de las mezclas.***

- a) Antes de colocar la mezcla dentro del molde, tanto éste como el pisón de compactación deben limpiarse con gasolina o kerosene y colocarse a estufa entre 100 y 150°C por unos 30 minutos.



- b) Al retirarlo de la estufa, se arma el molde, se le coloca su base y collar de extensión y se le coloca un falso fondo, previamente untado con aceite, colocando luego de manera rápida dentro de él, la mezcla de 1200 gramos, la cual debe emparejarse con una espátula o palustre caliente.
- c) A continuación, se sujeta el molde con el aro de ajuste que tiene para tal efecto, se coloca en el pedestal de compactación, se apoya sobre la mezcla la zapata del pisón y se aplican 75 golpes a caída libre y cuidado que el vástago del pisón se mantenga siempre vertical.
- d) Terminada la aplicación del número de golpes requerido, se retira el molde del dispositivo de ajuste, se le quita la placa de base y el collar de extensión, se invierte el molde y se vuelve a montar el dispositivo, aplicando el mismo número de golpes a la que ahora es la cara superior de la muestra.
- e) Se retira el molde del pedestal, se le quita el collar y la base y se deja enfriar a la temperatura ambiente.
- f) Se le coloca al molde el collar de extensión y se saca de él la probeta compactada, la cual debe identificarse marcándola en cada cara con una crayola.
- g) Se pesa la probeta y se mide su espesor.
- |                         |                |
|-------------------------|----------------|
| Probeta 1: h = 7.12 cm. | W = 1178.6 gr. |
| Probeta 2: h = 7.02 cm. | W = 1144.6 gr. |
| Probeta 3: h = 7.20 cm. | W = 1181.5 gr. |
- h) Finalmente, se coloca la probeta sobre una superficie lisa y bien ventilada durante toda la noche.

### 3.3.2.6. *Ensayo de probetas compactadas*

En el método de ensayo Marshall, cada muestra compactada se somete a los siguientes ensayos en el orden indicado:

- a) Determinación del peso específico “bulk”.
- b) Ensayo de estabilidad y flujo.
- c) Análisis de la densidad y vacíos.

#### 3.3.2.6.1. *Determinación del peso específico “bulk” de las probetas compactadas.*

El peso específico “bulk” de una probeta compactada es la relación entre su peso en el aire y su volumen incluyendo los vacíos permeables. Como la probeta tiene una textura superficial densa e impermeable, su peso específico “bulk” se determina mediante la expresión:

$$G_b = W_a / (W_{ss} - W_w)$$

Dónde:

$W_a$  = Peso de la probeta seca en el aire.

$W_w$  = Peso de la probeta en el agua.

$W_w = W_{wc} - W_c$ ; donde:

$W_{wc}$  = Peso de la probeta en el agua más la canasta.

$W_c$  = Peso de la canasta = 1115 gr.

$W_{ss}$  = Peso en el aire de la probeta saturada y superficialmente seca.

#### 3.3.2.6.2. *Ensayo de estabilidad y flujo.*

El procedimiento que se describe a continuación, es aplicable a todas las probetas compactadas.

- a) Se lleva la probeta a un baño de agua a  $60 \pm 1^\circ \text{C}$  durante un lapso de 30 a 40 minutos.
- b) Se limpia cuidadosamente la superficie interior de la mordaza de prueba y se lubrican las barras guías con una delgada película de aceite, de manera que el segmento superior del anillo deslice libremente. Si se usa un anillo para medir la carga aplicada, debe controlarse que su dial esté bien fijo y en cero cuando no haya carga.
- c) Estando listo el aparato de carga Marshall para el ensayo, se saca la probeta del agua y se seca rápida y cuidadosamente su superficie.
- d) Se coloca la probeta en la mordaza inferior de prueba y se centra. Luego se ajusta el anillo superior en posición y se centra el conjunto en el mecanismo de carga.
- e) A continuación se coloca el medidor de flujo sobre la barra-guía marcada y se lleva su aguja a cero.
- f) Se aplica carga a la probeta a una velocidad de 2 pulgadas/minuto hasta que ocurra la falla. El punto de falla se define mediante la máxima lectura obtenida en el dial de carga. El número de kilonewtons correspondiente a esta lectura se anota como ESTABILIDAD MARSHALL.
- g) Mientras se está aplicando carga, se mantiene el medidor de flujo firmemente en posición sobre la barra-guía y se retira cuando ocurra la carga máxima. La lectura en el dial en este instante se denomina FLUJO y se expresa en centésimas de pulgada.
- h) El procedimiento completo, desde que se saca la probeta del baño de agua hasta que falla en la máquina, no debe tardar más de 30 segundos.

### 3.3.2.6.3. Análisis de densidad y vacíos

Al terminar los ensayos de estabilidad y flujo, debe realizarse un análisis de la densidad y vacíos para cada serie de muestras en la forma siguiente:

- a) Se promedian los pesos específicos “bulk” de todas las probetas elaboradas con el mismo porcentaje de asfalto, descartando las que se alejen demasiado del promedio. Este valor promedio, multiplicado por 62.4, permite obtener la densidad en sistema inglés:

Peso específico “bulk” promedio:

$$G_b = (G_{b1} + G_{b2} + G_{b3}) / 3$$

- b) Se calcula el peso específico promedio del agregado total, mediante la expresión.

$$G_{agr} = \frac{100}{\left(\frac{P1}{G1}\right) + \left(\frac{P2}{G2}\right) + \left(\frac{P3}{G3}\right) + \dots n}$$

Dónde:

P1, P2, P3, ... n = Porcentajes en peso de cada una de las fracciones de material que intervienen en el total del agregado.

G1, G2, G3, ... n = Pesos específicos de los materiales a los que corresponden las fracciones anteriormente mencionadas.

Los pesos específicos son los siguientes:

Para el agregado fino: 2.692

Para el agregado grueso: 2.593

- c) Se calcula el peso específico máximo teórico de la muestra para cada porcentaje de asfalto, el cual corresponde al que teóricamente se obtendría si fuera posible comprimir la muestra hasta obtener una masa de asfalto y agregados carente de vacíos con aire. Este valor se calcula de la siguiente manera:

$$G_{agr} = \frac{100}{\left(\frac{\% \text{ agregados}}{G_{agr}}\right) + \left(\frac{\% \text{ cementoasfáltico}}{G_{asf}}\right)}$$

El peso específico del asfalto, se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$agr = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Dónde:

A = Peso del picnómetro = 23.2 gr.

B = Peso del picnómetro + agua baño María = 47.8 gr.

C = Peso del picnómetro + asfalto.

D = Peso del picnómetro + asfalto + agua destilada.

- d) Se calcula el porcentaje de absorción de asfalto por peso del agregado seco, mediante la fórmula:

$$Aa = \left(\frac{G_{mm} - G_{mt}}{G_{mm} \times G_{mt} \times \% \text{ agregados}}\right) \times 10000$$

Donde:

G<sub>mm</sub> = Peso específico máximo medido.

- e) Se determina el porcentaje en volumen que ocupa el agregado con respecto al volumen total de la probeta.

$$V_{agr} = \frac{(\% \text{ agregados} \times G_b)}{G_{agr}}$$

- f) Se calcula el porcentaje de vacíos con aire con respecto al volumen total de la probeta

$$V_v = \left(1 - \frac{G_b}{G_{mm}}\right) \times 100$$

- g) Se calcula el volumen de asfalto efectivo como porcentaje del volumen total de la probeta.

$$V_{ae} = 100 - (V_{agr} + V_v)$$

- h) Se determina el porcentaje de vacíos en los agregados minerales en la mezcla compactada.

$$V_{am} = 100 - V_{agr}$$

- i) Se determina el contenido de asfalto efectivo con respecto al peso de la mezcla

$$A_e = \% \text{ cemento asfáltico añadido} - \frac{(A_a \times \% \text{ agregados})}{100}$$

### 3.3.3. Interpretación de los resultados

Se deben dibujar gráficos que establezcan las siguientes relaciones:

1. Densidad Vs % de cemento asfáltico.
2. Estabilidad Vs % de cemento asfáltico.
3. Flujo Vs % de cemento asfáltico.
4. % de vacíos con aire en la mezcla total Vs % de cemento asfáltico.
5. % de vacíos en los agregados minerales Vs % de cemento asfáltico.

Cabe anotar que se graficará con los resultados de todos los grupos, los cuales se muestran en la tabla 11.

Tabla 11.  
Resultados de relaciones de las pruebas (Muestras) de ensayos

Muestra	% Agregado	% CA	Densidad	Estabilidad	Flujo	V <sub>v</sub>	V <sub>am</sub>
Probeta N° 01							
Probeta N° 02							
Probeta N° 03							

Fuente: Montejo, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras. Universidad Católica de Colombia. 2ª. Edición. 1998.

### ***3.3.3.1.Pautas de comportamiento.***

El comportamiento normal de una mezcla asfáltica es el siguiente:

- a) La densidad aumenta con el contenido de asfalto hasta un máximo después del cual comienza a decrecer.
- b) La curva de estabilidad es similar a la de la densidad, salvo que la máxima estabilidad ocurre normalmente (no siempre) a un contenido de asfalto ligeramente inferior al de máxima densidad.
- c) Los valores de flujo aumentan con los incrementos en el contenido de asfalto.
- d) El porcentaje de vacíos en los agregados minerales disminuye al incrementarse el contenido de asfalto, hasta alcanzar un mínimo a partir del cual comienza a aumentar.

## **3.4.Técnicas e instrumentos de recolección y procedimiento de datos**

### **3.4.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.**

Técnica documental, directa de observación y medición. Los instrumentos de recolección fueron procedimientos técnicos y normativos de aplicación general en el país y/o extranjero.

### **3.4.2. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos:**

Los datos fueron analizados en laboratorio en base a hojas de cálculo de Excel validadas por las normas ASTM y AASHTO respecto al diseño de mezclas asfálticas en caliente.

El análisis granulométrico, contenido de humedad natural, índice de plasticidad, peso específico y absorción, equivalente de arena, abrasión los ángeles, durabilidad, sales solubles, partículas chatas y alargadas, partículas caras fracturadas dicho análisis se desarrolló gracias a los ensayos en laboratorio en base a ensayos, respecto de la mecánica de suelos..

En base a ensayos de laboratorio se pudo evaluar la adherencia de agregado grueso con el cemento asfáltico, su punto de inflamación ( $^{\circ}\text{C}$ ), ductilidad (cm), solubilidad en tricloroetileno (%) y el índice de penetración (%) que fueron los indicadores de estudio según la operacionalización de las variables compatibilidad del cemento asfáltico PEN 120/150 con el pétreo de tipo granito y calidad y resistencia de la mezcla asfáltica, dichos estudios de las variables fueron desarrollados gracias al ensayo de la mecánica de suelos, ensayos de granulometrías, ensayos del cemento asfáltico, ensayos abrasión de los ángeles y por último el ensayos de mezclas asfálticas en caliente a través del método de Marshall, donde se logró determinar el contenido óptimo de los materiales que será empleado en la mezcla capa de rodadura, respecto a las diferentes muestras empleadas en los ensayos de laboratorio, a todos las muestras de ensayos de la mezcla asfáltica se le emplea una dosificación diferente para cada unidad (Probetas de ensayo) del aditivo adherente el quimibond 3000, este aditivo tiene como finalidad apoyar en la conglomeración entre los agregados de tipo granito y el cemento asfáltico para brindarle una mejor calidad a la resistencia y así generarle nuevas propiedades físico-mecánicas al nuevo material obtenido (Carpeta de rodadura).



## IV. Resultados

### 4.1. Estudio de los agregados finos y gruesos en base a la mecánica de suelos



		<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>																															
ESTRUCTUR : PAVIMENTOS						CANTERA : LEOPOLDO						HECHO POR : JAVIER LOZANO CHAVEZ																					
ELEMENTO : CARPETA ASFALTICA						MATERIAL : GRAVA CHANCADA 3/4"						REVISADO POR : CRISTIANO HERCILIO DA SILVA																					
MUESTRA : DE PRODUCCION						FECHA : AGOSTO DEL 2014						ING. RESP : ING. ALEXSANDRA MACEDO VILCA																					
RESUMEN DE ENSAYOS																																	
ITEM	N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANTERA	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MÁXIMO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORCENTAJES QUE PASAN TAMIZ																		W% DE HUMEDAD	ABRASIÓN	SALES SOLUBLES	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS		PESO UNITARIO			
							3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N 4	N 8	N 10	N 16	N 30	N 40	N 50	N 80	N 100				N 200	%	AGR. GRUESO	AGR. GRUESO	ABSORCIÓN	SUELTO
1	1415-A	16/08/2014	M-1	LEOPOLDO	PRODUCCIÓN LEOPOLDO	3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	63.7	22.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.21						
2	1463-A	18/08/2014	M-1			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	69.2	24.1	1.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	1.81							
3	1464-A	18/08/2014	M-2			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	76.1	28.1	1.4	1.2	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	1.85							
4	1465-A	19/08/2014	M-1			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	77.4	33.1	3.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.2	1.1	1.0	0.8	0.7	0.63							
5	1466-A	19/08/2014	M-2			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	79.8	32.6	1.7	1.1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	1.09							
6	1467-A	19/08/2014	M-1			1"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	57.5	21.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.23							
7	1469	19/08/2014	M-1			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	76.3	31.6	1.3	0.9	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	1.36	20.0	0.017	2.655	1.37	1.340	1.421	
8	1488	21/08/2014	M-1			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	80.1	27.8	1.3	0.9	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	1.41			2.601	2.08			
9	1501	25/08/2014	M-1			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	60.6	10.9	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.05							
10	1505	25/08/2014	M-1			1"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2	63.7	24.7	2.8	1.7	1.4	1.2	1.0	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	1.15							
11	1514	25/08/2014	M-1			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	60.0	12.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.23							
12	1515	25/08/2014	M-1			1"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2	58.4	14.6	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.10							
13	1516	25/08/2014	M-1			3/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	78.0	29.2	2.0	1.1	1.0	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	1.20							
14	1531	27/08/2014	M-1			1"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	77.4	34.8	2.6	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	1.86								
RESUMEN ESTADÍSTICO	CANTIDAD						14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	1	1	2	2	1	1			
	SUMA						1400.0	1400.0	1400.0	1400.0	1400.0	1400.0	1397.7	1000.4	389.8	52.9	13.0	9.2	8.3	7.6	6.7	6.3	5.8	5.1	4.4	18.2	20.0	0.0	5.3	3.4	1.3	1.4	
	PROMEDIO						100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.84	71.46	27.84	3.78	0.93	0.66	0.59	0.54	0.48	0.45	0.41	0.36	0.31	1.30	20.00	0.017	2.628	1.72	1.340	1.421	
	COF. VARIACIÓN						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.57	2.37	0.85	0.92	0.90	0.88	0.85	0.83	0.83	0.81	0.82	0.26	-	-	-	-	-	-	-
	DESVIACIÓN						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	11.76	16.00	8.97	0.79	0.61	0.54	0.48	0.41	0.38	0.34	0.30	0.26	0.34	-	-	-	-	-	-	-
	MÁXIMO						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	77.4	34.8	2.6	1.9	1.7	1.5	1.2	1.1	1.0	0.8	0.7	1.9	20.0	0.02	2.7	2.1	1.3	1.4	
	MÍNIMO						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2	57.5	10.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	20.0	0.02	2.6	1.4	1.3	1.4	

Figura 1. Estudio de la grava chancada de 3/4", en base a la mecánica de suelos.

ITEM		N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANTERA	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MÁXIMO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORCENTAJES QUE PASAN TAMIZ														W% DE HUMEDAD	SALES SOLUBLES		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS		PESOS UNITARIOS								
								3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N 4	N 8	N 10	N 16	N 30		N 40	N 50	N 80	N 100	N 200	AGR. FINO	AGR. FINO	ABSORCIÓN	SUELTO	COMPACTADO			
1	1462-A	16/08/2014	M-1	LEOPOLDO	PRODUCCIÓN LEOPOLDO	3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	38.6	5.5	2.1	3.3	2.9	1.4	1.3	0.9	0.8	0.3	1.99							
2	1469-A	18/08/2014	M-1			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	54.9	7.1	4.9	3.6	3.1	2.8	1.8	1.0	0.9	1.6	1.57						
3	1470-A	18/08/2014	M-2			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	45.2	10.5	9.6	6.7	3.5	2.4	2.2	1.6	1.5	0.8	1.66							
4	1472-A	19/08/2014	M-1			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	42.9	4.2	3.9	1.9	1.6	1.3	1.2	1.0	0.9	0.7	0.86							
5	1473-A	19/08/2014	M-2			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	56.7	6.7	5.4	3.6	1.9	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0.87							
6	1486	19/08/2014	M-1			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	41.4	4.0	3.1	1.8	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.83	0.024	-	-	1.355	1.399		
7	1486	21/08/2014	M-1			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	28.7	2.6	1.8	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.5	0.5	1.84							
8	1499	23/08/2014	M-1			1/2"	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	97.7	82.5	77.5	62.4	46.5	38.4	34.1	26.7	23.7	16.1	4.01							
9	1506	25/08/2014	M-1			1/2"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	42.7	11.7	9.4	6.8	3.9	2.5	2.4	1.4	1.2	0.5	1.18						
10	1511	25/08/2014	M-1			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	48.2	6.7	5.5	3.1	1.9	1.6	1.5	1.2	1.2	1.0	1.56							
11	1512	25/08/2014	M-1			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	40.7	3.9	3.0	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.7	1.44							
12	1513	25/08/2014	M-1			3/8"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	29.9	1.5	1.1	0.8	0.7	0.6	0.0	0.5	0.0	0.5	1.39							
13	1529	27/08/2014	M-1			1/2"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	44.4	8.9	6.1	4.3	2.7	2.2	2.0	1.6	1.5	1.0	2.11							

RESUMEN ESTADÍSTICO	CANTIDAD	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1			1	1
	SUMA	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1298.4	612.0	155.8	133.4	101.4	72.7	58.3	51.1	40.0	35.1	25.4	21.3	0.0						1.4	1.4	
	PROMEDIO	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.88	47.08	11.98	10.26	7.80	5.59	4.48	3.93	3.08	2.70	1.95	1.64	0.024						1.36	1.40	
	COF. VARIACIÓN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	1.79	1.99	2.12	2.20	2.28	2.31	2.31	2.34	2.18	0.50									
	DESVIACIÓN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	17.18	21.40	20.37	16.51	12.33	10.21	9.09	7.10	6.32	4.26	0.83									
	MÁXIMO	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.7	82.5	77.5	62.4	46.5	38.4	34.1	26.7	23.7	16.1	4.0	0.02						1.4	1.4	
	MÍNIMO	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	28.7	1.5	1.1	0.8	0.7	0.6	0.0	0.5	0.0	0.3	0.8	0.02					1.4	1.4	

Figura 2. Estudio de la gravilla chancada de 3/8", en base a la mecánica de suelos





ITEM		N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANTERA	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MÁXIMO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORCENTAJES QUE PASAN TAMIZ																W% DE HUMEDAD	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS				
								3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N 4	N 8	N 10	N 16	N 30	N 40	N 50		N 80	N 100	N 200	AGR. FINO	ABSORCIÓN
1	1533	27/08/2014	M-1		1/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	77.0	61.9	47.8	28.4	18.9	15.8	9.4	8.5	7.0	5.44		
2	1534	27/08/2014	M-2		1/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7	69.4	54.7	41.1	23.6	15.9	13.3	8.1	7.4	6.0	5.70		
3	1535	27/08/2014	M-3		1/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	78.1	63.6	49.0	28.7	18.8	15.2	8.4	7.3	5.5	5.53		
4	1536	27/08/2014	M-4		1/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.4	75.3	61.2	46.8	26.7	18.0	14.1	8.0	7.1	5.6	4.69		
5	1537	27/08/2014	M-5		1/4"	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7	67.1	51.8	38.2	21.0	13.6	11.1	6.8	6.1	5.0	4.36	2.637	1.283
RESUMEN ESTADÍSTICO		CANTIDAD		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1		
		SUMA		500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	496.0	366.9	293.2	222.9	128.4	85.2	69.5	40.7	36.4	29.1	25.7	2.637	1.283			
		PROMEDIO		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.20	73.38	58.64	44.58	25.68	17.04	13.90	8.14	7.28	5.82	5.14	2.637	1.283			
		COF. VARIACIÓN		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.09	0.11	0.13	0.13	0.13	0.11	0.12	0.13	0.11	-	-			
		DESVIACIÓN		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	4.86	5.10	4.68	3.31	2.27	1.84	0.93	0.86	0.75	0.58	-	-			
		MÁXIMO		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	78.1	63.6	49.0	28.7	18.9	15.8	9.4	8.5	7.0	5.7	2.637	1.283			
		MÍNIMO		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7	67.1	51.8	38.2	21.0	13.6	11.1	6.8	6.1	5.0	4.4	2.637	1.283			

Figura 4. Estudio de la arena natural de 1/4", en base a la mecánica de suelos.



ITEM		N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANTERA	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MAXIMO	ANALISIS GRANULOMETRICO PORCENTAJES QUE PASAN TAMIZ																						
								3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N 4	N 8	N 10	N 16	N 30	N 40	N 50	N 80	N 100	N 200				
1	1466-A	19/08/2014	M-1	PRODUCCIÓN CAL HIDRATADA			-	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9			
2	1481-A	21/08/2014	M-1				-	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8
3	1577	02/09/2014	M-1				-	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9
RESUMEN ESTADISTICO		CANTIDAD				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0			
		SUMA				300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	299.6		
		PROMEDIO				100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.9		
		COF. VARIACIÓN				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	
		DESVIACIÓN				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1	
		MAXIMO				100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	
		MÍNIMO				100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	

Figura 5. Estudio de la cal hidratada, en base a la mecánica de suelos.

	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO 4</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUESTRA: 1583 
---	---	--

**ENSAYO DE ABRASION ( MAQUINA DE LOS ANGELES )**  
(NORMA MTC E-207, AASHTO T-96)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTOS	<b>HECHO POR</b>	: JORGE PASCO CASTRO
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO POR</b>	: CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
<b>CANTERA</b>	: LEOPOLDO	<b>ING. RESP.</b>	: ALEXSANDRA MACEDO VILCA
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO N° 01	<b>FECHA</b>	: 02-sep-14

DATOS DE LA MUESTRA			
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	<b>MUESTRA</b>	: AGREGADO GRUESO > N°4
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO N° 01	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	: 0

TAMIZ	GRADUACIONES			
	A	B	C	D
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"		2500		
3/8"		2500		
1/4"				
N° 4				
PESO TOTAL		5000.0		
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO		1000.2		
PESO OBTENIDO		3999.8		
N° DE ESFERAS		11		
PESO DE LAS ESFERAS				
PORCENTAJE OBTENIDO		20.0%		

Figura 6. Ensayo de abrasión (Máquina de los ángeles), respecto a los agregados gruesos retenidos en los tamices.

	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUESTRA: 1583 

## DETERMINACION DE CARAS FRACTURADAS

(NORMA MTC E-210, ASTM D-5821)

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

<b>ESTRUCTURA</b> : PAVIMENTOS <b>ELEMENTO</b> : CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA) <b>CANTERA</b> : LEOPOLDO <b>DISEÑO</b> : DISEÑO N° 01	<b>HECHO POR</b> : JORGE PASCO CASTRO <b>REVISADO POR</b> : CRISTIANO HERCILIO DA SILVA <b>ING. RESP.</b> : ALEXSANDRA MACEDO VILCA <b>FECHA</b> : 02/09/14
---	--

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MATERIAL</b> : MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA <b>DISEÑO</b> : DISEÑO N° 01 <b>CALICATA</b> : - <b>MUESTRA</b> : AGREGADO GRUESO > N°4	<b>PROFUNDIDAD (m.):</b> 0
--	----------------------------

#### A.- CON UNA CARA FRACTURADA

TAMAÑO DEL AGREGADO		AGREGADO GRUESO			D	E	F	G
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	Peso Ret. (A)	% Ret (B)	% Pasa (C)	(g)	(g)	((D/E)*100)	F*B
1 1/2"	1"							
1"	3/4"			100.0				
3/4"	1/2"	672	36.2	63.8	1200.0	1200.0	100.00	3618.7
1/2"	3/8"	1185	63.8	0.0	300.0	300.0	100.00	6381.3
TOTAL		1857.0	100.0		1500.0			10000.0
%CON UNA CARA FRACTURADA =					TOTAL E	100.0		
					TOTAL (b)			

#### A.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		AGREGADO GRUESO			D	E	F	G
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	Peso Ret. (A)	% Ret (B)	% Pasa (C)	(g)	(g)	((D/E)*100)	F*B
1 1/2"	1"							
1"	3/4"			100.0				
3/4"	1/2"	672	36.2	63.8	1200.0	1185.0	98.75	3573.5
1/2"	3/8"	1185	63.8	0.0	300.0	297.0	99.00	6317.4
TOTAL		1857.0	100.0		1500			9891.0
%CON 2 O MAS CARA FRACTURADA =					TOTAL E	98.9		
					TOTAL (b)			

Figura 7. Ensayo de agregado grueso respecto a una cara fracturada.



	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUESTRA: 1583 

**DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS**  
(NORMA ASTM D-4791)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>ESTRUCTURA :</b>	PAVIMENTOS	<b>HECHO POR :</b>	JORGE PASCO CASTRO
<b>ELEMENTO :</b>	CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO POR :</b>	CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
<b>CANTERA :</b>	LEOPOLDO	<b>ING. RESP. :</b>	ALEXSANDRA MACEDO VILCA
<b>DISEÑO :</b>	DISEÑO N° 01	<b>FECHA :</b>	02-09-14

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>MATERIAL :</b>	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	<b>PROFUNDIDAD (m.) :</b>	0
<b>DISEÑO :</b>	DISEÑO N° 01		
<b>CALICATA :</b>	-		
<b>MUESTRA :</b>	AGREGADO GRUESO > N°4		

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS				CHATAS Y ALARGADAS
TAMIZ	apertura	Peso Ret. (A)	% Ret (b)	% Pasa (c)	Peso de La Fraccion (g)	Peso (g) (e)	(%) (f) = e/d*100	% Coregido (g) = f*b/100	(%) PARCIAL (h) = g
(pulg)	(mm)								
3"	76.200								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.050			100.0					
1/2"	12.700	673.0	53.5	46.5	673.0	35.0	5.2	2.78	2.78
3/8"	8.750	447.0	35.5	11.0	447.0	67.0	15.0	5.32	5.32
1/4"	6.350	139.0	11.0	0.0	139.0	14.0	10.1	1.11	1.11
TOTAL		1259.0	100		1259.0	116.0		9.21	

<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA</b>	(g)	1259
<b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>	(%)	9.2

OBSERVACIONES: **Relación 1 en 3**

Figura 8. Ensayo del agregado grueso respecto a las partículas chatas y alargadas.



	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO N° 4</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUESTRA: 1583 

## ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE ARIDOS (DURABILIDAD)

(NORMA MTC E - 209, ASTM -C - 88)

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA :	PAVIMENTOS	HECHO POR :	JORGE PASCO CASTRO
ELEMENTO :	CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	REVISADO POR :	CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
CANTERA :	LEOPOLDO	ING. RESP. :	ALEXSANDRA MACEDO VILCA
DISEÑO :	DISEÑO N° 01	FECHA :	02/09/14

### DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL :	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	PROFUNDIDAD (m.) :	0
DISEÑO :	DISEÑO N° 01		
CALICATA :	-		
MUESTRA :	AGREGADOS PARA MAC D-01		

#### AGREGADO GRUESO > 4.76 mm

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	RECIPIENTE N°	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
						PESO	%		
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"								
1"	3/4"								
3/4"	1/2"								
1/2"	3/8"	1000	1	1000.0	989.0	11.0	1.1	77.4	0.85
3/8"	4"	300.5	2	300.5	288.5	12.0	4.0	22.6	0.90
<b>TOTALES</b>							5.1	100.0	2.55

#### AGREGADO FINO < 4.76 mm

TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	RECIPIENTE N°	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
						PESO	%		
3/8"	N° 04	100							
N° 04	N° 08	100	3	100	83.2	16.8	16.8	19.8	3.33
N° 08	N° 16	100	4	100	88.5	11.5	11.5	16.7	1.92
N° 16	N° 30	100	5	100	89.2	10.8	10.8	17.0	1.84
N° 30	N° 50	100	6	100	89.5	10.5	10.5	23.8	2.50
N° 50	N° 100	100.0	7	100	88.4	11.6	11.6	22.7	2.63
> N° 100									
<b>TOTALES</b>							61.2	100.0	12.24

Observaciones : ENSAYO REALIZADO CON SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO

Figura 9. Ensayo de agregado grueso respecto a la durabilidad de la grava.




	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>		<b>N° DE MUESTRA</b> 1583  <b>Consorcio Supervisor</b> <b>Cajamarca II</b>		
	<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS</b> (NORMA MTC E - 205, MTC E - 206)				
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>					
<b>ESTRUCTURA :</b>	PAVIMENTOS	<b>HECHO POR :</b>		JORGE PASCO CASTRO	
<b>ELEMENTO :</b>	CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO :</b>		CRISTIANO HERCILIO DA SILVA	
<b>CANTERA :</b>	LEOPOLDO	<b>ING. RESP. :</b>		ALEXSANDRA MACEDO VILCA	
<b>DISEÑO :</b>	DISEÑO N° 01	<b>FECHA :</b>		02/09/2014	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>MATERIAL :</b>	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	<b>MUESTRA :</b>		-	
<b>DISEÑO :</b>	DISEÑO N° 01	<b>PROFUNDIDAD :</b>		-	
<b>CALICATA :</b>	-				
<b>MUESTRA :</b>	AGREGADO < N° 4				
<b>AGREGADO FINO MTC E 205</b>					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	300.04	299.68		
B	Peso Frasco + agua	699.86	699.86		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	999.90	999.54		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	886.48	886.32		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	113.42	113.22		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	296.10	296.00		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	109.48	109.54		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.611	2.614		2.613
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.645	2.647		2.646
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.705	2.702		2.703
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.331	1.243		1.287
<b>AGREGADO GRUESO MTC E 206</b>					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	988.0	987.6		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	607.0	608.3		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	381.0	379.3		
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	961	961.1		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	354.0	352.8		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.522	2.534		2.528
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.593	2.604		2.598
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.715	2.724		2.719
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	2.810	2.757		2.783

Figura 10. Ensayo del peso específico del agregado grueso respecto a las gravas retenidas en los tamices mayores al No 4.

	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO N° 4</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUEST 1583  Consorcio Supervisor Cajamarca II

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

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTOS	<b>HECHO POR</b>	: JORGE PASCO CASTRO
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO POR</b>	: CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
<b>CANTERA</b>	: LEOPOLDO Y CHOTA	<b>ING. RESP.</b>	: ALEXSANDRA MACEDO VILCA
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO N° 01	<b>FECHA</b>	: 02/09/14

**AGREGADO GRUESO**

MUESTRA	:	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	IDENTIFICACION				Promedio
			1	2			
(1) Peso Tarro ( Biker 100 ml. )			106.58	105.48			
(2) Peso Tarro + agua + sal			210.49	195.71			
(3) Peso Tarro Seco + sal			106.59	105.49			
(4) Peso de Sal ( 3 -1)			0.01	0.01			
(5) Peso de Agua ( 2-3 )			103.90	90.2			
(6) Porcentaje de Sal			0.010	0.011			<b>0.010%</b>



**AGREGADO FINO**

MUESTRA	:	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	IDENTIFICACION				Promedio
			1	2			
(1) Peso Tarro ( Biker 100 ml. )			112.58	115.84			
(2) Peso Tarro + agua + sal			190.84	201.47			
(3) Peso Tarro Seco + sal			112.59	115.85			
(4) Peso de Sal ( 3 -1)			0.01	0.01			
(5) Peso de Agua ( 2-3 )			78.25	85.62			
(6) Porcentaje de Sal			0.013	0.012			<b>0.012%</b>

Observaciones : AGREGADOS MAC. DISEÑO N° 01

Figura 11. Ensayo del agregado grueso, en base al ensayo de solubles.



	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	
---	---	---

**ANGULARIDAD AGREGADO FINO**  
(NORMA MTC E-222-2000 NATIONAL AGGREGATES ASSOCIATION)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>ESTRUCTURA</b> :	PAVIMENTO	<b>TECNICO</b> :	JORGE P. C.
<b>ELEMENTO</b> :	CARPETA ASFALTICA	<b>HECHO POR</b> :	JORGE P. C.
<b>MATERIAL</b> :	MEZCLA DE ARENAS (ACH=27% + AN=10% + CAL = 2.0% )	<b>ING. RESPONSABLE</b> :	ALEXSANDRA
<b>UBICACIÓN</b> :	CANTERA LEOPOLDO Y CHOTA	<b>FECHA</b> :	15/09/2014

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>ORIGEN</b> :	Muestra de Laboratorio
<b>MUESTRA</b> :	Agregado Fino tamizado entre Malla N° 8 y N° 200 (No considera Cal)
<b>Proporción</b> :	

**AGREGADO FINO**

Serie n°1							
A	Volumen Molde (Pirex )	cc	99.44	99.44	99.44		
B	Peso Agregado empleado < 2.36 mm	gr	141.00	141.30	141.30		
C	Peso Especifico Bulk material fino (N°8 - N°200)	gr/cc	2.683	2.683	2.683		
D	Volumen empleado para colmar molde	cc	52.6	52.7	52.7		
E	% Vacios : Angularidad Agregado	%	47.2	47.0	47.0		

Serie n°2							
A	Volumen Molde (Pirex )	cc					
B	Peso Agregado empleado < 2.36 mm	gr					
C	Peso Especifico Bulk material fino (N°8 - N°200)	gr/cc					
D	Volumen empleado para colmar molde	cc					
E	% Vacios : Angularidad Agregado	%					

ANGULARIDAD PROM. (%) : 47.1

DESV. STAND

0.05

COEF. VAR : 0.11

Figura 12. Ensayo del agregado fino en base al ensayo de su angularidad.

	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO N° 4</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	<b>N° DE MUESTRA</b> 1583  <b>Consorcio Supervisor</b> <b>Cajamarca II</b>
---	--	---

**EQUIVALENTE DE ARENA**  
(NORMA MTC E - 114, AASHTO T-176, ASTM D2419)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTOS	<b>HECHO POR</b>	: JORGE PASCO CASTRO
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO POR</b>	: CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
<b>CANTERA</b>	: LEOPOLDO Y CHOTA	<b>ING. RESP.</b>	: ALEXSANDRA MACEDO VILCA
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO N° 01	<b>FECHA</b>	: 02/09/2014

MATERIAL	DISEÑO	MUESTRA	IDENTIFICACION				PROMEDIO
			1	2			
: MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	: DISEÑO N° 01	: AGREGADO FINO < N° 4					
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm						
Hora de entrada a saturación			17:10	17:12	17:14		
Hora de salida de saturación (mas 10")			17:20	17:22	17:24		
Hora de entrada a decantación			17:22	17:24	17:26		
Hora de salida de decantación (mas 20")			17:42	17:44	17:46		
Altura máxima de material fino	mm		5.30	5.40	5.40		
Altura máxima de la arena	mm		3.70	3.70	3.70		
<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>	%		<b>69.9</b>	<b>68.6</b>	<b>68.6</b>		<b>69.0</b>

**Observaciones:** AGREGADO FINO Y CAL HIDRATADA

Figura 13. Ensayo del agregado fino, en base al equivalente de arena mezclada con cal hidratada.

	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO N° 4</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUESTRA 1583  Consorcio Supervisor Cajamarca II
---	--	--

**EQUIVALENTE DE ARENA**  
(NORMA MTC E - 114, AASHTO T-176, ASTM D2419)

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**


<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTOS	<b>HECHO POR</b>	: JORGE PASCO CASTRO
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO POR</b>	: CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
<b>CANtera</b>	: LEOPOLDO	<b>ING. RESP.</b>	: ALEXSANDRA MACEDO VILCA
<b>PROG (KM.)</b>	: -	<b>FECHA</b>	: 02/09/2014

MATERIAL	PROGRESIVA	CALICATA	IDENTIFICACION			PROMEDIO
			1	2		
MATERIAL	: MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA					
PROGRESIVA	: -					
CALICATA	: -					
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm					
Hora de entrada a saturación			10:30	10:32	10:34	
Hora de salida de saturación (mas 10")			10:40	10:42	10:44	
Hora de entrada a decantación			10:42	10:44	10:46	
Hora de salida de decantación (mas 20")			11:02	11:04	11:06	
Altura máxima de material fino	mm		5.60	5.40	5.30	
Altura máxima de la arena	mm		3.60	3.50	3.40	
<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>	%		<b>64.3</b>	<b>64.9</b>	<b>64.2</b>	<b>64.5</b>

**Observaciones:** Ensayo de la mezcla asfáltica.

Figura 14. Ensayo del agregado fino, en base al equivalente de arena mezclada con cal hidratada.



	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	<b>N° DE MUESTRA:</b>
		 <b>Consorcio Supervisor</b> <b>Cajamarca II</b>

### LIMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

#### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

<b>ESTRUCTURA</b> :	PAVIMENTOS	<b>HECHO POR</b> :	JORGE PASCO CASTRO
<b>ELEMENTO</b> :	CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO POR</b> :	CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
<b>CANTERA</b> :	LEOPOLDO Y CHOTA	<b>ING. RESP.</b> :	ALEXSANDRA MACEDO VILCA
<b>DISEÑO</b> :	DISEÑO N° 01	<b>FECHA</b> :	2-sep-14

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>MATERIAL</b> :	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	<b>CALICATA</b> :	-
<b>DISEÑO</b> :	DISEÑO N° 01	<b>MUESTRA</b> :	PASANTE MALLA N° 40
		<b>PROFUNDIDAD</b> :	-

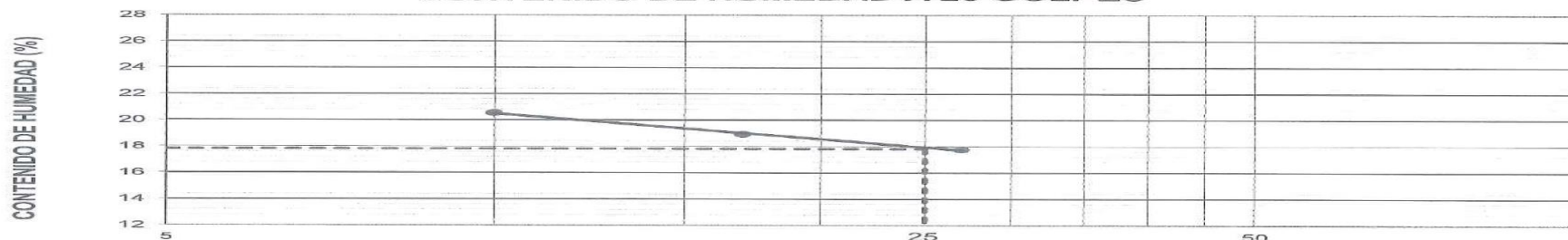
#### LIMITE LIQUIDO

N° TARRO		46	41	48
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	46.78	49.15	48.05
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	44.78	47.43	46.02
PESO DE AGUA	(g)	2.00	1.72	2.03
PESO DEL TARRO	(g)	33.52	38.34	36.13
PESO DEL SUELO SECO	(g)	11.26	9.09	9.89
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.76	18.92	20.53
NUMERO DE GOLPES		27	17	10

#### LIMITE PLASTICO

N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)			
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)			
PESO DE AGUA	(g)			
PESO DEL TARRO	(g)			
PESO DEL SUELO SECO	(g)			
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)			

#### CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



#### CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	17.8
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

#### Observaciones:

Ensayo realizado con material de tamaño máximo nominal malla N° 40

Figura 15. Ensayo del agregado fino respecto a los límites de consistencia.

	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO N° 4</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUESTRA: 1583 

**ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE ARIDOS (DURABILIDAD)**  
(NORMA MTC E - 209, ASTM -C - 88)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
ESTRUCTURA :	PAVIMENTOS	HECHO POR :	JORGE PASCO CASTRO
ELEMENTO :	CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	REVISADO POR :	CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
CANTERA :	LEOPOLDO	ING. RESP. :	ALEXSANDRA MACEDO VILCA
DISEÑO :	DISEÑO N° 01	FECHA :	02/09/14
DATOS DE LA MUESTRA			
MATERIAL :	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	PROFUNDIDAD (m.) :	0
DISEÑO :	DISEÑO N° 01		
CALICATA :	-		
MUESTRA :	AGREGADOS PARA MAC D-01		


AGREGADO GRUESO > 4.76 mm									
TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	RECIPIENTE N°	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
						PESO	%		
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"								
1"	3/4"								
3/4"	1/2"								
1/2"	3/8"	1000	1	1000.0	989.0	11.0	1.1	77.4	0.85
3/8"	4"	300.5	2	300.5	288.5	12.0	4.0	22.6	0.90
<b>TOTALES</b>							<b>5.1</b>	<b>100.0</b>	<b>2.55</b>

AGREGADO FINO < 4.76 mm									
TAMAÑO		PESO REQUERIDO (g)	RECIPIENTE N°	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	PERDIDA		ESCALONADO ORIGINAL	PERDIDA CORREGIDA
						PESO	%		
3/8"	N° 04	100							
N° 04	N° 08	100	3	100	83.2	16.8	16.8	19.8	3.33
N° 08	N° 16	100	4	100	88.5	11.5	11.5	16.7	1.92
N° 16	N° 30	100	5	100	89.2	10.8	10.8	17.0	1.84
N° 30	N° 50	100	6	100	89.5	10.5	10.5	23.8	2.50
N° 50	N° 100	100.0	7	100	88.4	11.6	11.6	22.7	2.63
> N° 100									
<b>TOTALES</b>							<b>61.2</b>	<b>100.0</b>	<b>12.24</b>

Observaciones : ENSAYO REALIZADO CON SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO

Figura 16. Ensayo de durabilidad de arena en el agregado fino en base al agregado grueso retenido en tamices mayores No 4.



	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO N° 4</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUEST 1583  Consorcio Supervisor Cajamarca II

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

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTOS	<b>HECHO POR</b>	: JORGE PASCO CASTRO
<b>ELEMENTO</b>	: CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO POR</b>	: CRISTIANO HERCILIO DA SILVA
<b>CANTERA</b>	: LEOPOLDO Y CHOTA	<b>ING. RESP.</b>	: ALEXSANDRA MACEDO VILCA
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO N° 01	<b>FECHA</b>	: 02/09/14

**AGREGADO GRUESO**



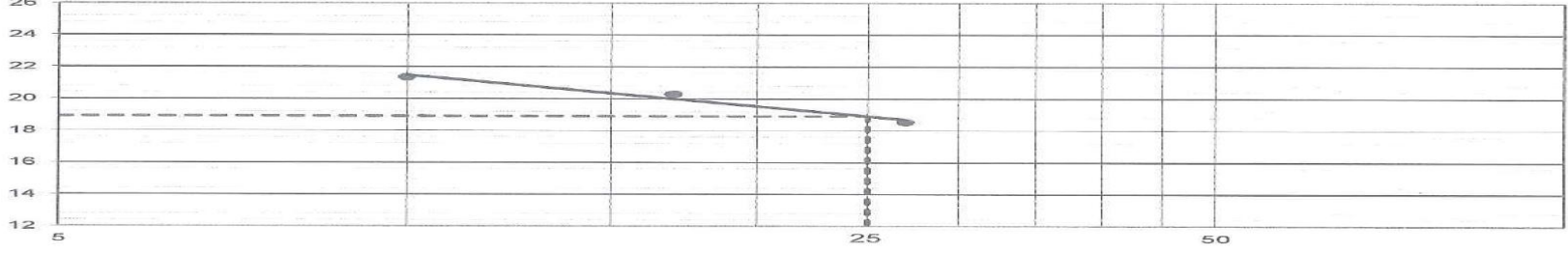
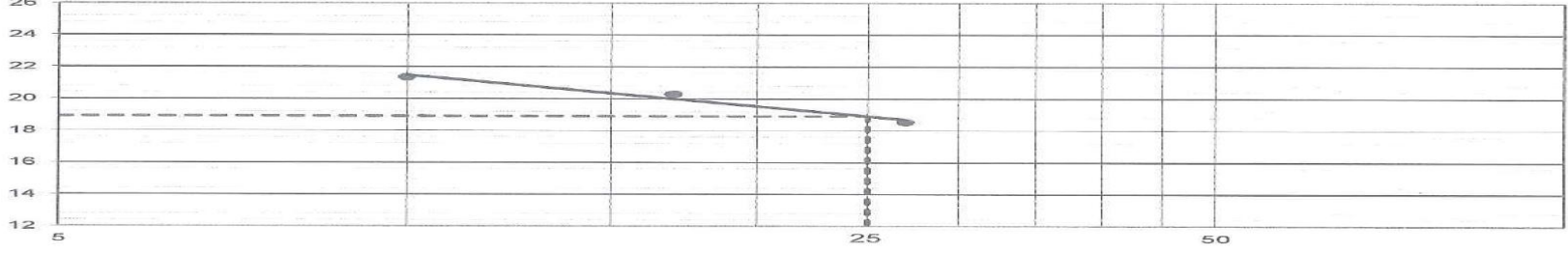
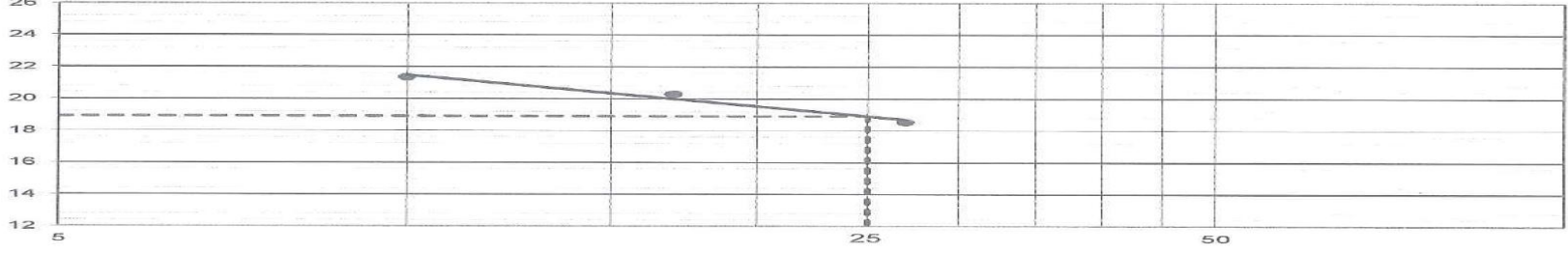
MUESTRA	:	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	IDENTIFICACION				Promedio
			1	2			
(1) Peso Tarro ( Biker 100 ml. )			106.58	105.48			
(2) Peso Tarro + agua + sal			210.49	195.71			
(3) Peso Tarro Seco + sal			106.59	105.49			
(4) Peso de Sal (3 -1)			0.01	0.01			
(5) Peso de Agua ( 2-3 )			103.90	90.2			
(6) Porcentaje de Sal			0.010	0.011			0.010%

**AGREGADO FINO**

MUESTRA	:	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	IDENTIFICACION				Promedio
			1	2			
(1) Peso Tarro ( Biker 100 ml. )			112.58	115.84			
(2) Peso Tarro + agua + sal			190.84	201.47			
(3) Peso Tarro Seco + sal			112.59	115.85			
(4) Peso de Sal (3 -1)			0.01	0.01			
(5) Peso de Agua ( 2-3 )			78.25	85.62			
(6) Porcentaje de Sal			0.013	0.012			0.012%

Observaciones : AGREGADOS MAC. DISEÑO N° 01

Figura 17. Ensayo de sales solubles en el agregado fino.

	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	N° DE MUESTRA: 1583  <b>Consorcio Supervisor</b> <b>Cajamarca II</b>																																																											
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> (NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)																																																													
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>																																																													
<b>ESTRUCTURA :</b> PAVIMENTOS <b>ELEMENTO :</b> CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA) <b>CANTERA :</b> LEOPOLDO Y CHOTA <b>DISEÑO :</b> DISEÑO N° 01	<b>HECHO POR :</b> JORGE PASCO CASTRO <b>REVISADO POR :</b> CRISTIANO HERCILIO DA SILVA <b>ING. RESP. :</b> ALEXSANDRA MACEDO VILCA <b>FECHA :</b> 2-sep-14																																																												
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																													
<b>MATERIAL :</b> MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA <b>DISEÑO :</b> DISEÑO N° 01	<b>CALICATA :</b> - <b>MUESTRA :</b> PASANTE MALLA N° 200 <b>PROFUNDIDAD :</b> -																																																												
<b>LIMITE LIQUIDO</b>																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">N° TARRO</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">10</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td style="text-align: center;">55.34</td> <td style="text-align: center;">55.79</td> <td style="text-align: center;">56.41</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td style="text-align: center;">52.35</td> <td style="text-align: center;">52.58</td> <td style="text-align: center;">53.03</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td style="text-align: center;">2.99</td> <td style="text-align: center;">3.21</td> <td style="text-align: center;">3.38</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td style="text-align: center;">36.21</td> <td style="text-align: center;">36.75</td> <td style="text-align: center;">37.19</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td style="text-align: center;">16.14</td> <td style="text-align: center;">15.83</td> <td style="text-align: center;">15.84</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> <td style="text-align: center;">18.53</td> <td style="text-align: center;">20.28</td> <td style="text-align: center;">21.34</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE GOLPES</td> <td></td> <td style="text-align: center;">27</td> <td style="text-align: center;">17</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	N° TARRO		8	9	10			PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	55.34	55.79	56.41			PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	52.35	52.58	53.03			PESO DE AGUA	(g)	2.99	3.21	3.38			PESO DEL TARRO	(g)	36.21	36.75	37.19			PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.14	15.83	15.84			CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.53	20.28	21.34			NUMERO DE GOLPES		27	17	10							
N° TARRO		8	9	10																																																									
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	55.34	55.79	56.41																																																									
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	52.35	52.58	53.03																																																									
PESO DE AGUA	(g)	2.99	3.21	3.38																																																									
PESO DEL TARRO	(g)	36.21	36.75	37.19																																																									
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.14	15.83	15.84																																																									
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.53	20.28	21.34																																																									
NUMERO DE GOLPES		27	17	10																																																									
<b>LIMITE PLASTICO</b>																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">N° TARRO</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO HUMEDO</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO TARRO + SUELO SECO</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DE AGUA</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL TARRO</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO</td> <td style="text-align: right;">(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE DE HUMEDAD</td> <td style="text-align: right;">(%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	N° TARRO							PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)						PESO TARRO + SUELO SECO	(g)						PESO DE AGUA	(g)						PESO DEL TARRO	(g)						PESO DEL SUELO SECO	(g)						CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)																	
N° TARRO																																																													
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)																																																												
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)																																																												
PESO DE AGUA	(g)																																																												
PESO DEL TARRO	(g)																																																												
PESO DEL SUELO SECO	(g)																																																												
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)																																																												
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES</b>																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;"> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> </td> <td style="width: 90%; text-align: center;">  </td> </tr> </table>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>																																																												
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>																																																													
<b>CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA</b>																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">LIMITE LIQUIDO</td> <td style="text-align: center;">18.9</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLASTICO</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>INDICE DE PLASTICIDAD</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> </table>	LIMITE LIQUIDO	18.9	LIMITE PLASTICO	NP	INDICE DE PLASTICIDAD	NP																																																							
LIMITE LIQUIDO	18.9																																																												
LIMITE PLASTICO	NP																																																												
INDICE DE PLASTICIDAD	NP																																																												

Observaciones:

Ensayo realizado con material de tamaño máximo nominal malla N° 200

CONSORCIO CAJAMARCA

Figura 18. Ensayo de límites de consistencia respecto al agregado fino.



	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>		<b>N° DE MUESTRA</b> 1583  <b>Consorcio Supervisor</b> <b>Cajamarca II</b>		
	<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS</b> (NORMA MTC E - 205, MTC E - 206)				
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>					
<b>ESTRUCTURA :</b>	PAVIMENTOS	<b>HECHO POR :</b>	JORGE PASCO CASTRO		
<b>ELEMENTO :</b>	CARPETA ASFÁLTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>REVISADO :</b>	CRISTIANO HERCILIO DA SILVA		
<b>CANTERA :</b>	LEOPOLDO	<b>ING. RESP. :</b>	ALEXSANDRA MACEDO VILCA		
<b>DISEÑO :</b>	DISEÑO N° 01	<b>FECHA :</b>	02/09/2014		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>MATERIAL :</b>	MEZCLA FÍSICA DE AGREGADOS CAPA DE RODADURA	<b>MUESTRA :</b>	-		
<b>DISEÑO :</b>	DISEÑO N° 01	<b>PROFUNDIDAD :</b>	-		
<b>CALICATA :</b>	-				
<b>MUESTRA :</b>	AGREGADO < N° 4				
<b>AGREGADO FINO MTC E 205</b>					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	300.04	299.68		
B	Peso Frasco + agua	699.86	699.86		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	999.90	999.54		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	886.48	886.32		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	113.42	113.22		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	296.10	296.00		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (gr)	109.48	109.54		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.611	2.614		2.613
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.645	2.647		2.646
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G	2.705	2.702		2.703
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.331	1.243		1.287
<b>AGREGADO GRUESO MTC E 206</b>					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	988.0	987.6		
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	607.0	608.3		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	381.0	379.3		
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	961	961.1		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	354.0	352.8		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.522	2.534		2.528
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.593	2.604		2.598
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.715	2.724		2.719
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	2.810	2.757		2.783

Figura 19. Ensayo de la gravedad específica y absorción de los agregados finos y gruesos.

Visto las figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19, del estudio de los agregados finos y gruesos en base a la mecánica de suelos, se realizaron el estudio de todos los materiales a emplearse en la mezcla asfáltico el cual abarco la mecánica de suelos, todos los ensayos se realizaron en laboratorio brindando así las propiedades físicas y mecánicas que tienen los agregados pétreos (tanto agregados gruesos, como también agregados finos y la cal hidratada), tenemos:

- La grava chancada de 3/4", presento un porcentaje (%) de humedad promedio de 1.30 %, en base a sus 14 muestras que hicieron una suma de 18.2 %, un coeficiente de variación de 0.60, una desviación de 0.34, un índice máximo de humedad admisible de 1.9 % y un índice mínimo de humedad admisible de 0.6 %. Datos a tomar en cuenta para el diseño de la mezcla asfáltica de la carpeta de rodadura.
- La gravilla chancada de 3/8", presento un porcentaje (%) de humedad promedio de 1.64 %, en base a sus 13 muestras que hicieron una suma de 21.3 %, un coeficiente de variación de 0.50, una desviación de 0.83, un índice máximo de humedad admisible de 4.0 % y un índice mínimo de humedad admisible de 0.8 %. Datos a tomar en cuenta para el diseño de la mezcla asfáltica de la carpeta de rodadura.
- La arena chancada de 1/4", presento un porcentaje (%) de humedad promedio de 2.41 %, en base a sus 13 muestras que hicieron una suma de 31.3 %, un coeficiente de variación de 0.34, una desviación de 0.81, un índice máximo de humedad admisible de 4.0 % y un índice mínimo de humedad admisible de 1.4 %. Datos a tomar en cuenta para el diseño de la mezcla asfáltica de la carpeta de rodadura.
- La arena natural de 1/4", presento un porcentaje (%) de humedad promedio de 5.14 %, en base a sus 5 muestras que hicieron una suma de 25.7 %, un coeficiente de

variación de 0.11, una desviación de 0.58, un índice máximo de humedad admisible de 5.7 % y un índice mínimo de humedad admisible de 4.4 %. Datos a tomar en cuenta para el diseño de la mezcla asfáltica de la carpeta de rodadura.

- La cal hidratada paso todos los tamices y dentro de su porcentaje mínimo y máximo de utilización respecto al a muestra se usa al 100 % generando un promedio de 100 % para todos los tamices acepto para el tamiz N° 200 que genera un 99 % de uso de la muestra en su aspecto máximo y mínimo para la utilización en la preparación del ensayo de la mezcla asfáltica.
- El ensayo de abrasión (maquinaria de los ángeles), en base al agregado grueso que son los agregados retenidos en los tamices mayores al tamiz N° 4, se utilizó una muestra de agregado grueso de 5000.0 gr, que después de meterlo al ensayo genero una pérdida de 1000.2 gr, obteniendo así un peso de 3999.8 gr, según las 11 esferas empleadas se obtuvo un porcentaje de 20.0% de abrasión a utilizarse en la mezcla para la capa de rodadura.
- En el ensayo del agregado grueso el porcentaje grueso respecto a una cara fracturada el porcentaje que se utiliza es de 100.0%, que es el porcentaje que pasa del peso total de la muestra entre el porcentaje de partículas retenidas en los tamices de ensayo y por otro lado respecto a dos caras fracturadas del agregado grueso se utiliza un porcentaje de 98.9 % que es el porcentaje de agregado que pasa del peso total de la muestra entre el porcentaje de agregado retenidos en los tamices de ensayo.
- El ensayo de agregado grueso respecto a las partículas chatas y alargadas para este diseño se empleó una muestra de 1259 gr el cual dio como resultado un porcentaje de 9.2 % de empleo de partículas chatas y alargadas para el diseño de la mezcla asfáltica.



- En el ensayo del agregado grueso respecto a la durabilidad de grava en base a la muestra uno se generó una pérdida del 5.1 % de la muestra total y para la muestra dos respecto al mismo ensayo se generó una pérdida del 61.2 % del total de las empleadas, el cual indica que se tiene que hacer una corrección para así obtener un índice óptimo de los agregados para el diseño de la mezcla asfáltica.
- En el agregado grueso el peso específico de las gravas retenidas en los tamices mayores a los del N° 4, presentan un pe bulk (base seca) promedio de 2.613, un promedio de pe bulk (base saturada) de 2.646, un promedio de pe aparente (base seca) de 2.703 y un porcentaje promedio de absorción de 1.287 %. y de la misma forma para el agregado fino presente un pe bulk (base seca) promedio de 2.528, un promedio de pe bulk (base saturada) de 2.598, un promedio de pe aparente (base seca) de 2.719 y un porcentaje promedio de absorción de 2.783 %, que son las mezclas físicas para el diseño de la capa de rodadura.
- el ensayo de agregado grueso en base al ensayo de solubles presentó un promedio de 0.010 % de contenido de sal y respecto al agregado fino presentó un porcentaje de 0.012 % de contenido de sal, mezclas físicas para la capa de rodadura.
- El ensayo del agregado fino en base a su ensayo de angularidad del agregado fino presentó una angularidad promedio de 47.1 %, una desviación estándar de 0.05, el cual indica que está dentro del límite para el diseño de la mezcla asfáltica.
- El ensayo del agregado fino en base al ensayo del equivalente de arena mezclada con cal hidratada presentó un promedio de 69.0% y su equivalente de arena mezclado con mezcla asfáltica generó un promedio de 64.5 % respuesta a las muestras analizadas en laboratorio.

- El ensayo del agregado fino respecto a los límites de consistencia a la muestra que pasan el tamiz N° 4, presentaron una constante física de la muestra puesto que dentro del límite líquido se obtuvo un 17.8% de humedad en base a los 25 golpes de diseño y su límite plástico y su índice de plasticidad no se presentaron.
- El ensayo de durabilidad de arena en el agregado fino en base al agregado grueso que es la muestra retenida en los tamices mayores al N° 4 se presentó una pérdida de 5.1 % de la misma muestra y en lo que respecta al agregado fino que es la muestra retenida en los tamices menores a los del N°4 se presentó una pérdida de 61.2 % de la muestra utilizada, por lo que para el diseño de la mezcla asfáltica se realizó la solución con el empleo de sulfato de sodio para optimizar la pérdida de la muestra de ensayo en laboratorio.
- EL ensayo de sales solubles en el agregado fino para las mezcla física de agregados para capa de rodadura se dio en dos aspectos una que se basa en el agregado grueso que presentó un promedio 0.010 % de sales que contienen sus muestras, mientras que en el agregado fino se presentó un promedio de 0.012 % de sales presentes en su muestra.
- El ensayo de límites de consistencia que son las muestras que pasan el tamiz N° 200, en base al ensayo del agregado fino presentó un límite líquido de 18.9 % respecto a la contenido de humedad en base a los 25 golpes de diseño de la mezcla asfáltica.
- El peso específico de la arena respecto al ensayo del agregado fino que es de la muestra que pasan el tamiz N° 4, el agregado grueso obtenido se desarrolló en base a la norma MTC E 205 en donde se presentó un promedio de pe bulk (base seca) de 2.613, un promedio de pe bulk (base saturada) de 2.646, un promedio de pe aparente

(base seca) de 2.703 y un promedio de porcentaje de absorción de 1.287 %, y por otro lado el agregado fino se analizó en base a la norma MTC E 206 en donde se presentó un promedio de pe bulk (base seca) de 2.528, un promedio de pe bulk (base saturada) de 2.598, un promedio de pe aparente (base seca) de 2.719 y un promedio de porcentaje de absorción de 2.783 %, que son el ensayo de las mezclas físicas para el diseño de la capa de rodadura.



## 4.2. Ensayos en laboratorio del cemento asfáltico

CONSTRUCCION		CONSORCIO SUPERVISOR				
CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA		CONSORCIO SUPERVISOR CAJAMARCA II				
TRAMO						
CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC						
KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47						
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS						
ESTRUCTURA :	PAVIMENTO	HECHO POR :	JORGE PASCO CASTRO			
ELEMENTO :	CARPETA ASFALTICA (CAPA DE RODADURA)	ING. RESPONSABLE :	ALEXSANDRA MACEDO			
MATERIAL :	MEZCLA ASFALTICA CALIENTE	FECHA :	SEPTIEMBRE DE 2014			
PROCEDENTE :	CANTERA LEOPOLDO - CHOTA	ADITIVO :	QUIMIBOND 3000			
PROGRESIVA :		DOSIS :	0.9 (%)			
ENSAYO DE INMERSION - COMPRESION (Mezclas Asfálticas)						
ASTM - D 1075 - AASHTO T 165						
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO N° 02 : GRUPO N° 01 SECO						
Muestra N°		1	2	3	PROMEDIO	
CONTENIDO PEN	%	6.6	6.6	6.6		
DIAMETRO	cm	10.20	10.20	10.10		
ESPESOR	cm	10.20	10.2	10.4		
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	gr.	1884.0	1894.97	1871.49		
SSD DE LA MUESTRA	gr.	1887.8	1897.2	1878.4		
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	gr.	1067.5	1067.7	1063.6		
VOLUMEN	c.c.	820.3	829.5	814.77		
P.e. BULK DE LA MUESTRA	gr/c.c.	2.297	2.285	2.297		2.293
P.E Maximo : ASTM D-2041 RICE - Promedio	gr/c.c.	2.405	2.405	2.405		
VACIOS	%	4.5	5.0	4.5		4.67
P E BULK LABORATORIO	gr/c.c.	2.343	2.343	2.343		
% DE COMPACTACION APROX.	%	98.0	97.5	98.0		97.9
LECTURA DE DIAL		2.26	2.68	2.75		
FUERZA	Kg-f	2260.0	2680.0	2750.0		2563.3
AREA (CM <sup>2</sup> )	cm <sup>2</sup>	81.7	81.7	80.1		81.2
RESISTENCIA A LA COMPRESION ( Kg/cm <sup>2</sup> )	Kg/cm <sup>2</sup>	27.7	32.8	34.3		31.6
OBSERVACIONES:						
* Testigos compactados a esfuerzo creciente en prensa digital por 2.5 minutos hasta 17500 kg por ambas caras (se invirtió la superficie de aplicación de carga)						
* Pesos Unitarios calculados a 25°C						
* Briquetas expuestas al aire a 25°C, durante 24 horas, luego sumergidas en agua por dos horas a 25°C						
* Velocidad de Prensa = 5.08 mm/min						
RESISTENCIA PROMEDIO GRUPO 1 ( R1 ) : 31.6 Kg/cm <sup>2</sup> = 3.10 Mpa						

Figura 20. Ensayo de inmersión y compresión de las mezclas asfálticas.

	<b>CONSTRUCCION</b> <b>CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA</b> <b>TRAMO</b> <b>CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC</b> <b>KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47</b>	 <b>Consorcio Supervisor</b> <b>Cajamarca II</b>
---	---	--

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
<b>ESTRUCTURA:</b>	PAVIMENTO	<b>HECHO POR:</b> JORGE PASCO CASTRO
<b>ELEMENTO:</b>	CARPETA ASFALTICA (CAPA DE RODADURA)	<b>ING. RESPONSABLE:</b> ALEXSANDRA MACEDO
<b>MATERIAL:</b>	MEZCLA ASFALTICA CALIENTE	<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE DE 2014
<b>PROCEDENTE:</b>	CANTERA LEOPOLDO - CHOTA	<b>ADITIVO:</b> QUIMIBOND 3000
<b>PROGRESIVA:</b>		<b>DOSIS:</b> 0.9 (%)

## ENSAYO DE INMERSION - COMPRESION (Mezclas Asfálticas)

ASTM - D 1075 - AASHTO T 165

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Nº 02 : GRUPO Nº 02 SATURADO

INMERSIOIN A 60°C

	Muestra Nº	1	2	3			PROMEDIO
CONTENIDO PEN	%	6.6	6.6	6.6			
DIAMETRO	cm	10.20	10.10	10.10			
ESPEJOR	cm	10.10	10.3	10.2			
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	gr.	1875.3	1911.47	1880.9			
SSD DE LA MUESTRA	gr.	1878.8	1914.3	1886.8			
PESO DE LA MUESTRA EN AGUA	gr.	1061.1	1078.2	1067.9			
VOLUMEN	c.c.	817.7	836.1	818.89			
P.e. BULK DE LA MUESTRA	gr/c.c.	2.293	2.286	2.297			2.292
P.E Maximo : ASTM D-2041RICE - Promedio	gr/c.c.	2.405	2.405	2.405			
VACIOS	%	4.6	4.9	4.5			4.69
P E BULK LABORATORIO	gr/c.c.	2.343	2.343	2.343			
% DE COMPACTACION APROX.	%	97.9	97.6	98.0			97.8
LECTURA DE DIAL		1.95	1.98	2.02			
FUERZA	Kg-f	1950.0	1977.0	2020.0			1982.3
AREA (CM <sup>2</sup> )	cm <sup>2</sup>	81.7	80.1	80.1			80.6
RESISTENCIA A LA COMPRESION ( Kg/cm	Kg/cm <sup>2</sup>	23.9	24.7	25.2			24.6

### OBSERVACIONES:

\* Testigos compactados a esfuerzo creciente en prensa digital por 2.5 minutos hasta 17300 kg por ambas caras (se invirtió la superficie de aplicación de carga)  
 \* Pesos Unitarios calculados a 25°C

\* Briquetas sumergidas en baño regulado a 60°C, durante 24 horas, luego sumergidas en agua por dos horas a temperatura ambiente y finalmente dos horas sumergidas en agua a 25°C

\* Esfuerzo final y creciente de compactación = 210 kg/cm

\* Velocidad de Prensa = 5.08 mm/min

RESISTENCIA PROMEDIO GRUPO 2 (R2)                      24.6      Kg/cm2                      2.41  
 INDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%) (R2/R1)\*100  
 INDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA (%)                      77.8

Figura 21. Ensayo de inmersión y compresión de las mezclas asfálticas.

Visto las figuras 20, 21; se observa de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio respecto a los ensayos del cemento asfáltico de penetración PEN 120/150, se desarrollaron dos grupos de ensayos de inmersión y compresión de la mezcla asfáltica que consiste de acuerdo a la inmersión la resistencia que muestra la mezcla asfáltica al tratar de ser introducida por otro material, y la compresión es la resistencia que muestra la mezcla asfáltica al ser reducida hasta un punto en que logra romperse, por ende de acuerdo al primer grupo (grupo de tres muestras) de ensayo la mezcla asfáltica mostro una resistencia promedio respecto a su inmersión y compresión de  $31.6 \text{ kg/cm}^2$ ; y de acuerdo al segundo grupo (grupo de tres muestras), presento una resistencia promedio respecto a la inmersión y compresión de  $24.6 \text{ kg/cm}^2$ , y también presento una resistencia conservadora de  $77.8 \%$  que es la división entre la resistencia promedio del primer grupo entre la resistencia promedio de segundo grupo multiplicado por el 100 que es el  $100 \%$  de resistencia que muestra un material en su estado natural.

### 4.3. Estudio de la adherencia del agregado



		CONSTRUCCION CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA TRAMO CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47										
<b>EFFECTO DEL AGUA EN EBULLICIÓN SOBRE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE</b> DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE ADHERENCIA NORMA ASTM D-3625												
MATERIAL	ADITIVO ENSAYADO	MÉTODO DE PRUEBA	% ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA									ESPECIFICACIONES
			% 0.00	% 0.30	% 0.40	% 0.50	% 0.60	% 0.70	% 0.80	% 0.90	% 1.00	
CANTERA LEOPOLDO MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE ASTM D-3515, SUPERPAVE TMN 12.5 mm.	Sin Aditivo	ASTM D-3625	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	+95
	Quimibond 3000		-	60%	-	80%	-	90%	94%	97%	100%	+95
	Quimibond 5000		-	-	-	-	65%	-	85%	91%	95%	+95
	Radicote Plus		-	-	-	-	27%	-	65%	78%	85%	+95
OBSERVACIONES:		MATERIALES EVALUADOS : CEMENTO ASFÁLTICO MEZCLA EN CALIENTE CANTERA AGREGADO GRUESO AGREGADO FINO PEN 120 - 150 DISEÑO 01 (ASTM D-3515 - SUPERPAVE TMN 1/2") LEOPOLDO - RIO CHOTA Grava 3/4" =29% y Gravilla 3/8" = 32 % (Leopoldo) Arena Trit. = 27% (Leopoldo) - A. Natural=10% (Chota) - Cal=2%										
NOTA :		LOS VALORES INDICAN PORCENTAJES DE ADHERENCIA DESPUES DEL ENSAYO Y SE CUANTIFICAN SUBJETIVAMENTE *** ENSAYO EJECUTADO A LA MEZCLA ASFÁLTICA PROYECTADA										

Figura 22. Ensayo de efecto de agua en ebullición sobre mezclas asfálticas en caliente.

Visto la Figura 22, la adherencia entre el agregado grueso tipo granito, el agregado fino tipo granito y el cemento asfáltico PEN 120/150, sin el apoyo de ningún aditivo su adherencia no es eficiente por lo tanto no se obtendrá un buen desarrollo de la mezcla cuando sea empleado en campo, puesto que no muestran ningún grado de compatibilidad.

Por otro lado la adherencia entre el agregado grueso tipo granito, el agregado fino tipo granito y el cemento asfáltico PEN 120/150, con el empleo de quimibond 3000 para mejorar su adhesividad los agregados pétreos y el cemento asfáltico, la aplicación del aditivo en la mezcla asfáltica genero excelentes porcentajes de adherencia con valores cuantificables que ayudan apreciar la efectividad que tiene dicho aditivo.

De tal manera si empleamos el aditivo quimibond 5000, también ayuda a mejorar la adherencia entre los agregados pétreos y el cemento asfáltico, pero su desventaja respecto al quimibond 3000 es que este aditivo actúa en distintos porcentajes de empleo cosa distinta para el quimibond 5000 solo actúa en ciertos porcentajes de empleo cosa que no brinda un porcentaje confiable respecto a su empleo en la mezcla del cemento asfáltico.

Por consiguiente el aditivo radicate plus actúa de la misma manera que el aditivo quimibond 5000 y su porcentaje de confiabilidad no es eficiente porque solo actúa a ciertos porcentajes de aplicación y su porcentaje de adherencia es baja, el cual genera un desequilibrio en el periodo de diseño del pavimento porque puede ser afectada la carpeta de rodadura por patologías tempranas generadas por acción de hombre y/o conductores de vehículos automotores y por los cambios climáticos.



#### 4.4. Diseño de la mezcla asfáltica en caliente



					CONSTRUCCION CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA TRAMO CHOTA - BAMBAMARCA - HUALGAYOC KM. 162+038.3 - KM. 221+280.47														
1 - Datos Iniciales:																			
U.T./Obra: Construcción Carretera Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca; Tramo Choia - Bambamarca - Hualgayoc										Peso Específico Real del C. A. P. ( $\gamma$ ):		1.0140		g/cm <sup>3</sup>					
Estudio: Diseño - 01 Carpeta Asfáltica en Caliente - TM 3/4" (incluye cal hidratada)										Peso Específico Bulk de los Agregados ( $\lambda$ ):		2.570		g/cm <sup>3</sup>					
Norma: ASTM D-1559 - Método Marshall										Coeficiente y (Recta de ajuste del anillo):		(X*3.36440) + 5.39286		Kgf					
2 - Moldeo y Ruptura:																			
NÚMERO DE LA BRIQUETA	TEOR DE C.A.P.	PESO			VOLUMEN -	PESO ESPECÍFICO			VACIOS				ESTABILIDAD				FLUJO		
		AL AIRE	S.S.S	AL AGUA		BULK	MAX TEÓRICO	MAX RICE	V.Vacios	V asf efect	V.A.M.	V.F.A	LECTURA	CÁLCULO	FACTOR	EFFECTIVA	LECTURA	R=EST/FLU	
A	B	B1	C	D=B1-C	E=B/D	F	ASTM D-2041	G=(F-E)/F	H=100*(G-100)/E/f	I=G+H	J=H/I	K	L=f(K)	M	N=LxM	O	P=N/O		
-	%	g	g	g	cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	%	%	%	0,001 mm	kg	C.P.	kg	mm	-	
1	6.3	1203.4	1204.9	690.2	514.7	2.338		2.419	3.34	11.41	14.76	77.35	360	1217	1.000	1217	3.30	3684	
2	6.3	1206.2	1208.3	691.0	517.3	2.332		2.419	3.60	11.38	14.99	75.95	365	1233	1.000	1233	3.05	4047	
3	6.3	1205.4	1206.7	690.8	515.9	2.336		2.419	3.41	11.41	14.81	77.00	360	1217	1.000	1217	3.30	3684	
4	6.3	1205.0	1205.6	690.7	516.0	2.335		2.419	3.45	11.40	14.85	76.76	362	1222	1.000	1222	3.22	3799	
<b>Promedio</b>	<b>6.3</b>	<b>1205.0</b>	<b>1205.6</b>	<b>690.7</b>	<b>516.0</b>	<b>2.335</b>		<b>2.419</b>	<b>3.45</b>	<b>11.4</b>	<b>14.9</b>	<b>76.8</b>	<b>361.7</b>	<b>1222.2</b>	<b>1.00</b>	<b>1222.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3803.5</b>	
5	6.6	1208.9	1210.1	694.4	515.7	2.344		2.405	2.54	12.27	14.81	82.86	370	1250	1.000	1250	3.56	3516	
6	6.6	1209.6	1211.1	694.9	516.2	2.343		2.405	2.58	12.26	14.84	82.64	350	1183	1.000	1183	3.56	3327	
7	6.6	1207.1	1208.8	693.2	515.6	2.341		2.405	2.66	12.25	14.92	82.14	360	1217	1.000	1217	3.30	3684	
8	6.6	1208.5	1210.0	694.2	515.8	2.343		2.405	2.59	12.26	14.85	82.54	360	1217	1.000	1217	3.47	3505	
<b>Promedio</b>	<b>6.6</b>	<b>1208.5</b>	<b>1210.0</b>	<b>694.2</b>	<b>515.8</b>	<b>2.343</b>		<b>2.405</b>	<b>2.61</b>	<b>12.3</b>	<b>14.9</b>	<b>82.5</b>	<b>360.0</b>	<b>1216.6</b>	<b>1.00</b>	<b>1216.6</b>	<b>3.5</b>	<b>3507.8</b>	
9	6.9	1212.0	1213.1	694.2	518.9	2.336		2.392	2.34	13.05	15.39	84.82	348	1176	1.000	1176	3.56	3308	
10	6.9	1210.1	1211.2	695.1	516.1	2.345		2.392	1.96	13.10	15.06	86.99	328	1109	1.000	1109	3.81	2911	
11	6.9	1210.5	1211.4	694.2	517.2	2.340		2.392	2.14	13.08	15.21	85.96	354	1196	1.000	1196	3.56	3364	
12	6.9	1210.9	1211.9	694.5	517.4	2.340		2.392	2.14	13.08	15.22	85.92	343	1161	1.000	1161	3.64	3188	
<b>Promedio</b>	<b>6.9</b>	<b>1210.9</b>	<b>1211.9</b>	<b>694.5</b>	<b>517.4</b>	<b>2.340</b>		<b>2.392</b>	<b>2.08</b>	<b>13.08</b>	<b>15.22</b>	<b>85.92</b>	<b>343</b>	<b>1161</b>	<b>1.000</b>	<b>1160.5</b>	<b>3.64</b>	<b>3193</b>	

Figura 23. Diseño de mezclas asfálticas en caliente se desarrolló en base a la norma ASTM D-1559 - Método de Marshall.

Visto la Figura 23; el diseño de mezclas asfálticas en caliente se desarrolló en base a la norma ASTM D-1559 - Método de Marshall, donde se analizaron 12 briquetas de muestra dividiéndolas en tres grupos, obteniendo un promedio de volumen para cada grupo de  $516 \text{ cm}^3$ ,  $515.8 \text{ cm}^3$  y  $517.4 \text{ cm}^3$ , generando así un promedio total de  $516.4 \text{ cm}^3$ , su peso específico para cada grupo de acuerdo a bulk es  $2.335 \text{ g/cm}^3$ ,  $2.343 \text{ g/cm}^3$  y  $2.340 \text{ g/cm}^3$  y su flujo resultante que la división entre la estabilidad efectiva y la lectura de flujo en cual da como resultado un flujo promedio total de 2501.43, resultados obtenidos en laboratorio los cuales ayudan a dar un mejor énfasis para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, utilizando así solo los materiales necesarios y en proporciones optimas, porque de acuerdo a las briquetas analizadas la composición de agregados pétreos y cementos asfálticos en el presente estudio son los requeridos para emplear en la ejecución de la carpeta de rodadura del proyecto vial.

## 4.5. Compatibilidad de la mezcla asfáltica y su enfoque en el nivel de su calidad y resistencia



INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 120/150 PEN)			N° GRCO-LAB-1072-2014		
FECHA DE REPORTE: <b>04.08.2014</b>	FECHA DE RECEPCIÓN: <b>03.08.2014</b>	CÓDIGO DE MUESTRA: <b>17115</b>			
HORA DE RECEPCIÓN: <b>01:05 HORAS</b>	PROCEDENCIA: <b>DPTO. REFINACIÓN</b>	DOCUMENTACIÓN:			
TANQUE DE MUESTRO: <b>35</b>	VOLUMEN CERTIFICADO: <b>0,96 MB</b>	DESTINO: <b>PLANTA CONCHÁN</b>			
ENSAYOS	MÉTODO ASTM <sup>1</sup>	OTRO MÉTODO	RESULTADOS DEL ANÁLISIS	ESPECIFICACIONES	
				MIN.	MAX.
<b>PENETRACIÓN:</b> a 25°C, 100 gr, 5 seg., 1/10 mm	D 5-05 <sup>1</sup>		<b>129</b>	120	130
<b>DUCTILIDAD:</b> a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07		<b>&gt;150</b>	100	
<b>FLUIDEZ:</b> - Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt - Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt - Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	D 2170-07 D 2170-07 D 2170-07		<b>1435</b> <b>209</b>		Reportar 140 Reportar
<b>SOLUBILIDAD:</b> Solubilidad en Tricloroetano, % masa Prueba de la Mancha, 15 % Xileno (Nella Estándar-Xileno)	D 2042-09		<b>99,7</b>	99	Reportar
<b>VOLATILIDAD:</b> Punto de Infameción, C.O.C., °C	D 02-054 (2010)		<b>270</b>	248	
<b>DENSIDAD:</b> Gravedad API a 60°F, °API Gravedad Específica a 60/60°F	D 70-09 <sup>17</sup> D 70-09 <sup>17</sup>		<b>8,0</b> <b>1,014</b>		Reportar Reportar
<b>SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA:</b> Punto de Ablandamiento, °C Índice de Penetración	D 30-12		<b>43,0</b>		Reportar
Efecto de Calor y Aire (Partícula Fina): - Pérdida por calentamiento, % Masa - Penetración Estática, % de la Original - Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 1754-08 D 5-05 <sup>1</sup> D 113-07	T 102	<b>-0,6</b> <b>0,4</b> <b>63</b> <b>110</b>	-1	1 1,3 42 100
<b>OBSERVACIONES:</b>					
1. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN SÓLO A LA MUESTRA ANALIZADA.					
2. PRODUCTO DENTRO DE ESPECIFICACIÓN. La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 127° y 145°C Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.					
3. (American Society for Testing and Materials)					
PREPARADO POR: CORP. S. ASISTENTE GENERAL DE SERVICIOS DE ENSAYO CORP. S. INFORMES DE ENSAYO DE PROYECTOS	ELABORADO POR: 		APROBADO POR: 		

Figura 24. Ensayo de asfalto Bólido 120/150 PEN.



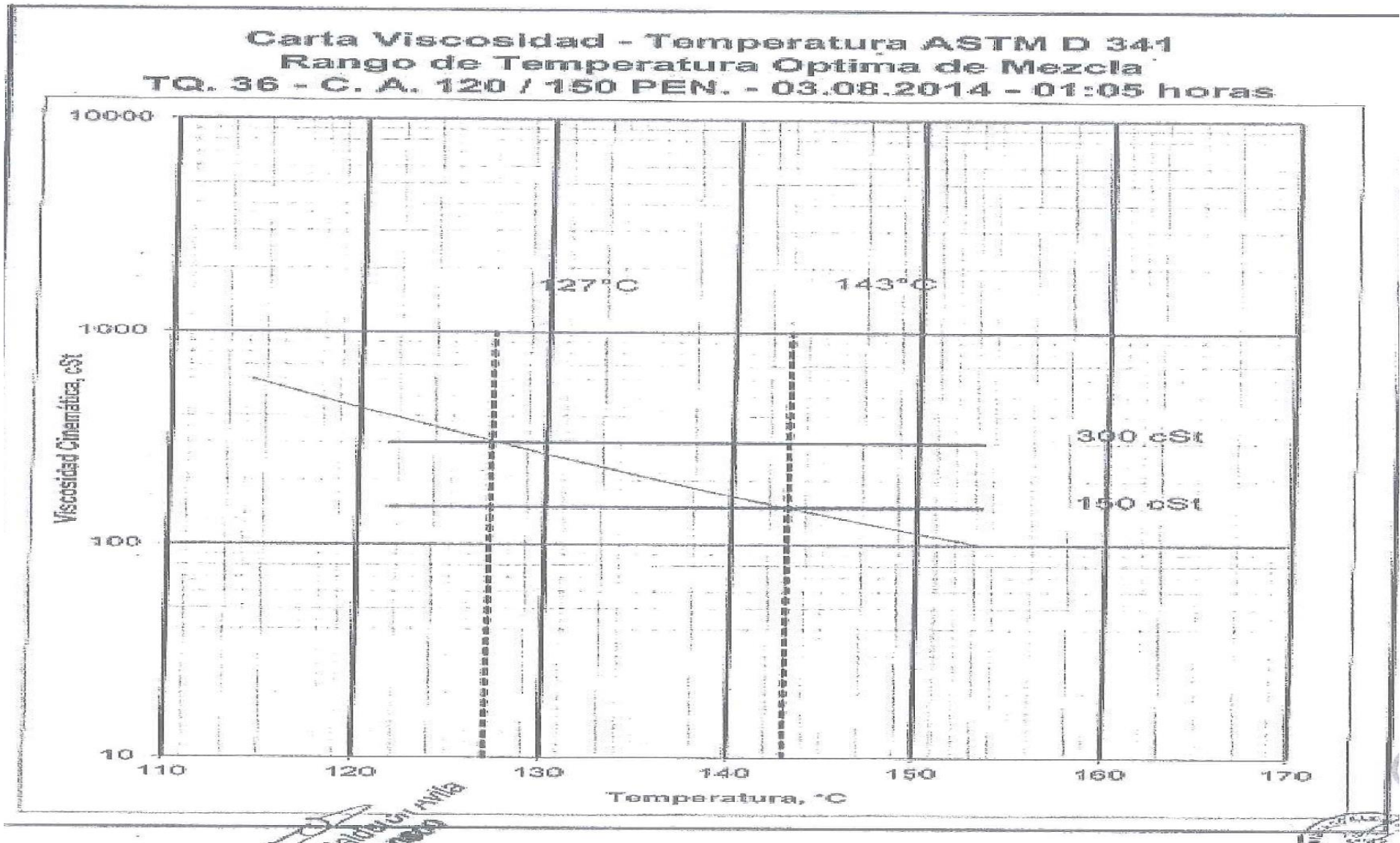


Figura 25. Viscosidad cinemática – temperatura ASTM D 341.

## CERTIFICADO DE CALIDAD

CIUDAD DE DESPACHO	LIMA – PERU
PRODUCTO	QUIMIBOND 3000
ENVASE	CILINDROS X 181.4 Kg
LOTES	WB12894595
FECHA DE EXPIRACION	02/2015

PROPIEDAD	ESPECIFICACION	LOTE
APARIENCIA	LIQUIDO PARDO – GRIS OSCURO	CONFORME
CARACTERISTICAS: . Amina/Valor Base(mg KOH/g)	-----	525.9
. BisHexametenotriamina (BHMT)	20 - 49 %	37
. Agua %	0 - 1.00 %	0.05
. Hexametenodiamina (HMD) %	0 - 5.00 %	1.20

<p><b>OBSERVACIONES:</b>  <b>No almacenar a Temperaturas menores de 10 grados centígrados.</b>  Datos referenciales del producto:  *SOLUBILIDAD AL 10%:  .En agua: Ligeramente soluble.  .En gasolina: Insoluble.  .En alcohol IPA: Soluble</p> <p>*El presente documento se basa en los resultados indicados en el certificado original de análisis del producto.  *La fecha de expiración es un año en condiciones normales de almacenamiento.</p>
--

Figura 26. Certificado de calidad.

## CERTIFICADO DE CALIDAD

CIUDAD DE DESPACHO	LIMA – PERU
PRODUCTO	QUIMIBOND 3000
ENVASE	CILINDROS X 181.4 Kg
LOTES	WB12894697
FECHA DE EXPIRACION	05/2015

PROPIEDAD	ESPECIFICACION	LOTE
APARIENCIA	LIQUIDO PARDO – GRIS OSCURO	CONFORME
CARACTERISTICAS: . Amina/Valor Base(mg KOH/g)	-----	566.2
. BisHexametenotriamina (BHMT)	20 - 49 %	46
. Agua %	0 - 1.00 %	0.06
. Hexametenodiamina (HMD) %	0 - 5.00 %	1.00

<p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <p><b>No almacenar a Temperaturas menores de 10 grados centígrados.</b></p> <p>Datos referenciales del producto:</p> <p>*SOLUBILIDAD AL 10%:</p> <p>.En agua: Ligeramente soluble.</p> <p>.En gasolina: Insoluble.</p> <p>.En alcohol IPA: Soluble</p> <p>*El presente documento se basa en los resultados indicados en el certificado original de análisis del producto.</p> <p>*La fecha de expiración es un año en condiciones normales de almacenamiento.</p>
--

Figura 27. Certificado de calidad.

Visto las figuras 26, 27; se observa de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, el cemento asfáltico en sus pruebas de ensayo con el agregado pétreo (agregado tipo granito) mostro un alto grado de compatibilidad al ser apoyado por el aditivo quimibond 3000 quien ayudo en la cohesión entre el cemento asfáltico y el agregado pétreo, el aditivo se incluye en la mezclas asfáltica cuando está en estado caliente, generando así una carpeta de rodadura mucho más resistente a los deterioros generados por los impactos ambientales y por la acción del hombre a través de los vehículos automotores.

Por otro lado respecto a la carta de viscosidad cinemática entre la temperatura optima, desarrolla en base a la norma ASTM D 341, el aditivo quimibond 3000 en conjunto con el cemento asfáltico se encuentran dentro de los límites de la temperatura, el aditivo y el cemento asfáltico están en el rango óptimo para mezcla que es en un inicio de 127 °C de temperatura y 300 cts., viscosidad cinemática y en su término se encuentra a una temperatura de 140 °C y a una viscosidad cinemática de 150 cts., rangos aceptables de acuerdo a sus propiedades físicas del quimibond 3000 su punto de inflación es a los 165 °C y del cemento asfáltico es de 270 °C.

De tal manera tanto para el cemento asfáltico como para el aditivo quimibond 3000, antes de su aplicación en campo ambos deben estar libres de agua para tener un gran penetración y así evitar los vacíos de aire generados por las inflaciones al momento que es calentado el cemento asfáltico, y obtener así un pavimento resistente de calidad óptima.

## V. Discusión

En la presente tesis se evaluó la compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (C. Leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca – Hualgayoc de la carretera Chongoyape – Cochabamba – Cajamarca”, para el proceso de elaboración de la mezcla asfáltica, se evaluaron las muestras de cada material que compondrá la mezcla asfáltica y se estudió las propiedades físicas de cada material y sus propiedades mecánicas, que es el comportamiento que se genera en los materiales al ser estos conglomerados con otros materiales que cuentan con propiedades físicas similares, con el fin de obtener un producto con propiedades mecánicas mucho más elevadas a las que tenía en un principio antes de ser conglomerado con otros materiales.

De los resultados obtenidos en el estudio de agregados finos y gruesos, se puede deducir que para el buen funcionamiento de la carpeta asfáltica de acuerdo con Castro (2010), los agregados deben tener ciertas características físicas como su forma y angulosidad y también deben tener características mecánicas como es la resistencia al desgaste, factor importante en la evolución del pavimento. Por otro lado Pacco (2015), menciona que los agregados finos y gruesos deberán estar libres de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto.

De acuerdo a los ensayos en laboratorio el agregado de tipo granito que va ser utilizado en la construcción de la carpeta asfáltica tiene que contar con propiedades físicas y mecánicas y por ende no deben presentar más del 35 % de su peso en fragmentos de forma de lascas o que tengan marcada tendencia a romper en forma de lascas cuando se le triture, no se deben emplear agregados que contengan materia orgánica. El empleo del agregado debe ser seco o con una

humedad máxima o igual a la absorción del mismo, no debe tener más del 20% de fragmentos de textura suave, su tamaño máximo no deberá ser mayor a los que las 2/3 del espesor de la carpeta asfáltica proyectada, deberá tener la capacidad suficiente para soportar sin romperse las cargas del equipo de compactación.

De la misma forma en el ensayo de los tamices, la porción que pase por la maya N° 40, debe tener una concentración lineal menor al 3 %, el desgaste del material determinado con la máquina de los ángeles debe ser menor a 40%. Por consiguiente la absorción del material debe ser menor de 3%, su densidad aparente del material debe ser mayor de 2.3 y por ultimo debe ser capaz de resistir la prueba de intemperismo acelerado.

Los ensayos en laboratorio del cemento asfáltico de penetración PEN 120/150, se puede deducir que la resistencia que mostro la mezcla asfáltica a través de todas sus evaluaciones se encuentra dentro de los rangos aptos para su empleo en obra y de acuerdo a la empresa Petroperú (2013), en concordancia con la norma técnica peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20, el cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175 °C. Por lo tanto se puede decir que los materiales extraídos de la cantera de Leopoldo – chota, cuentan con las propiedades requeridas para una penetración PEN 120/150 de cemento asfáltico el cual da como resultado de acuerdo a su resistencia de inmersión y compresión una buena mezcla asfáltica.

El ensayo realizado a la mezcla asfáltica proyectada respecto a la adherencia del agregado tipo granito, se deduce que la adherencia entre estos agregados y el cemento asfáltico se llevó a cabo gracias a un aditivo mejorador de adherencia, porque por si solo estos agregados y el cemento asfáltico no lograban obtener una adherencia factible para el diseño de la mezcla asfáltica. Para Curco (2013) y QSI (2013), para lograr la mejor solución la adherencia entre los

agregados y el cemento asfáltico se tiene que optar por un aditivo que cumpla con todas las características que se requiere para la obtención del producto final (Mezcla asfáltica) de una muy buena calidad.

Respecto al diseño de la mezcla asfáltica en caliente se puede deducir que este diseño se ejecutó en base a ensayos de laboratorios ligados a la norma ASTM D-1559-Metodo de Marshall, puesto que según Hernández (2016), la selección de agregado y la selección del asfalto en base a la compactación de los especímenes de pruebas, determinan el contenido óptimo de asfalto. Por otro lado de acuerdo a Maila (2013), menciona que el método de Marshall ayuda analizar en las mezclas asfálticas en calientes la relación de vacíos-densidad y la prueba de estabilidad-flujo de las muestras, que son los requeridos para emplear en la ejecución de la carpeta de rodadura del proyecto vial.

Por ultimo dentro de la compatibilidad de la mezcla asfáltica respecto a su calidad y resistencia se puede deducir que gracias al aditivo quimibond 3000, la compatibilidad entre los agregados de tipo granito y el cemento asfáltico son factibles generando así un alto grado de calidad y resistencia a la peladura de la carpeta de rodadura, ya que para la CMT (2000), dentro de sus indicadores de calidad dice que los agregados y los materiales asfálticos (cemento asfáltico) deben cumplir con las normas N-CMT- 4 - 04 materiales pétreos para mezclas asfálticas, N-CMT-4-05-001 calidad de materiales asfálticos y N-CMT-4-05-002, calidad de materiales asfálticos modificados y por otro lado según Anguas (2005), menciona que la mezcla asfáltica debe cumplir con la resistencia a la fatiga, fracturamiento, impermeabilidad y deberá resistir al deslizamiento.

## VI. Conclusiones

Se logró determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado tipo granito mediante el estudio de la mecánica de suelos desarrollado en laboratorio, que dicha evaluación se desarrolló gracias a varias muestras de ensayos y a diferentes proporciones, y así también determinar la cantidad específica del agregado tipo granito (Tanto agregado fino como agregado grueso) que va ser empleada en el diseño de la mezcla asfáltica.

Se logró mediante ensayos en laboratorio del cemento asfáltico de penetración PEN 120/150 determinara su resistencia conservadora ante los dos grupos de ensayos, por ende de acuerdo al primer grupo (grupo de tres muestras) de ensayo la mezcla asfáltica mostro una resistencia promedio respecto a su inmersión y compresión de  $31.6 \text{ kg/cm}^2$ ; y de acuerdo al segundo grupo (grupo de tres muestras), presento una resistencia promedio respecto a la inmersión y compresión de  $24.6 \text{ kg/cm}^2$ , y por lo tanto la resistencia conservadora del cemento asfáltico PEN 120/150 es de 77.8 % que es la división entre la resistencia promedio del primer grupo entre la resistencia promedio de segundo grupo multiplicado por el 100 que es el 100 % de resistencia que muestra un material en su estado natural.

La adherencia entre el agregado grueso, el agregado fino y el cemento asfáltico PEN 120/150, con el empleo de quimibond 3000 se mejoró su adhesividad entre los agregados pétreos (tipo granito) y el cemento asfáltico, generando excelentes resultados de adherencia en los ensayos de laboratorio porque este aditivo actúa en distintos porcentajes de empleo (dosis), y a comparación de los otros aditivos empleados en laboratorio solo tienen reacciones a ciertas dosis de empleo.

Se logró determinar el óptimo contenido de asfalto y cumplir los requerimientos de las especificaciones técnicas de obra y generales EG-2013, mediante los ensayos de laboratorio a



través del método de Marshall, este método analizó 12 muestras de briquetas en las cuales se logró observar gracias a los cálculos de laboratorio en el presente estudio las proporciones optimas de composición de agregados pétreos (agregado tipo granito) y cementos asfálticos que son los requeridos para emplear en la ejecución de la carpeta de rodadura del proyecto vial.

La compatibilidad y resistencia de la mezcla asfáltica se logró determinar mediante la resistencia de la mezcla asfáltica y propiedades mecánicas de la mezcla calculadas utilizando fórmulas de laboratorio, lo cual proporciona una idea de su comportamiento real, de esta manera se escoge la muestra que tenga mejor comportamiento dentro de los ensayos de laboratorio para luego ponerlos en marcha en la ejecución de la obra.

## VII. Recomendaciones

Antes de emplear algún tipo de material en la construcción o conglomeración de un producto, se tiene que tener bien en claro cuáles son sus propiedades físicas de las cuales están compuestos dichos materiales y evaluar las distintas propiedades mecánicas (comportamientos) que muestra el material al aplicarse una fuerza externa a su cuerpo.

Se recomienda que para utilizar el cemento asfáltico de penetración PEN 120/150, se tiene que desarrollar ensayos en laboratorio para poder determinar el contenido de agregados (agregados tipo granitos gruesos y finos) y cemento asfáltico que serán requeridos para la elaboración de la carpeta de rodadura, todo esto se debe a que los materiales (agregados) que son extraídos de las canteras muestran distintas propiedades físico-mecánicas, ya que las canteras empleadas para la obtención de dichos materiales no serán las mismas canteras previstas y empleadas por esta investigación, sin embargo las canteras a emplearse para futuras investigaciones serán las previstas por la empresa ejecutora de la obra y el lugar en donde se desarrollara el proyecto de infraestructura vial.

Se recomienda que para medir el grado de adherencia entre el agregado tipo granito y el cemento asfáltico PEN 120/150, se realicen ensayos de laboratorio, porque mediante ello se logra determinar el nivel de adherencia que presentan estos materiales y si su adherencia es deficiente, entonces se debe emplear un mejorador de adherencia (aditivo) quimibond 3000, el cual tiene excelentes características de adherencia ante diferentes las dosis de empleo y mediante ello se puede lograr eficazmente conglomerar dichos materiales para la obtención de un solo producto (Carpeta de rodadura), con las características que se requiere ante una evaluación de tráfico vial, para su puesta en marcha ante un proyecto de infraestructura vial.

Se recomienda a las empresa constructoras encargadas de ejecutar proyectos de infraestructuras viales, que para el diseño de una mezcla asfáltica, se debe desarrollar ensayos en laboratorio en base a la norma AASHTO y ASTM, los cuales gracias a las diferentes muestreos de ensayos en laboratorio se lograra determinar a la mejor muestra y también se lograra determinar los contenidos óptimos que a detener la mezcla asfáltica.

Se recomienda a la empresa encargada de ejecutar la obra de la infraestructura vial emplear esta mezcla asfáltica en su carpeta de rodadura, puesto que de acuerdo a las evaluaciones de las distintas muestras presentadas en laboratorio el grado de compatibilidad entre el agregado de tipo granito y el cemento asfaltico PEN 120/150, apoyado con el promotor de adherencia, el aditivo quimibond 3000 presento una excelente compatibilidad en la conglomeración de los materiales ejerciendo así nuevas propiedades físico-mecánicas al nuevo producto (Mezcla asfáltica), pero también se debe tener presente que esta mezcla asfáltica solo es factible para esta obra vial, puesto que para otras obras viales se tendría que evaluar las condiciones de clima, cantera y diseño, las cuales no cumplirían con las especificaciones técnicas y normas empleadas en este diseño de mezcla asfáltica, pero si puede ser empleada como un modelo de estudio para el desarrollo de futuras investigaciones ante el mismo rubro.

### VIII. Referencias bibliográficas

- Anguas, P. (2005, p. 3). *Caracterización geomecánicas de la mezcla asfáltica*. Queretaro: Instituto Mexicano del Transporte.
- Camposano, J. (2012, p.17). Diagnóstico del estado de la situación actual de la vía: Av. Argentina - Av. 24 de julio por el método: Índice de condición de pavimentos - 2012 . *Tesis de grado*. Huancayo, Perú: Universidad Peruana los Andes.
- Castro, I. (2010, p.23). Protocolo de ensayo para el diseño de mezclas asfálticas con variación de la granulometría. *Tesis de grado*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Chavarri, C. (2007, p. 16). *Academia*. Obtenido de Academia: [http://www.academia.edu/8331811/Pavimentos\\_de\\_Concreto\\_Asf%C3%A1ltico\\_Chavarri\\_Maldonado](http://www.academia.edu/8331811/Pavimentos_de_Concreto_Asf%C3%A1ltico_Chavarri_Maldonado).
- CMT, C. (2000). *Materiales asfálticos, aditivos y mezclas*. México D.F.: N-CTM-4-05-001/00 STC.
- Correa, R. (2012, p. 3). *Reglamento especial para explotación de materiales áridos y pétreos*. Ecuador: Lexis.
- Curco, C. (2013, p. 4). Influencia de aditivos mejoradores de adherencia en la resistencia de hormigones asfálticos diseñados con agregados provenientes de las canteras de Pintag y Guayllabamba. *Tesis de grado*. Quito, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- Hernández, O. (2014, p. 3). comportamiento de las mezclas asfálticas a diferentes niveles de compactación. *Tesis de grado*. México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Maila, M. (2013, p. 18). Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno venil acetato (eva). *Tesis de grado*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Miranda, R. (2010, p.4). Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos. *Tesis de grado*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Osuna, R. (2008, p.3). Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán, Sin. *Tesis de grado*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Osuna, R. (2008, p.6). Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial en la ciudad de Mazatlán, Sin. *Tesis de grado*. Mazatlán, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pacco, N. (2015, p.61). Plan de calidad de la producción de mezcla asfáltica en caliente, en la planta de asfalto en la ciudad de Juliaca. *Tesis de grado*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Pacco, N. (2015, p.63). Plan de calidad en la producción de mezcla asfáltica en caliente, en la planta de asfalto de la ciudad de Juliaca. *Tesis de grado*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Petroperú. (2013). Petroperú 120/150 PEN. *Petroperu*, 1-5.

QSI. (2013). *aditivo para asfalto*. Lima: QSI-Quimico Suiza Industrial.

Renmgifo, K. (2014, p.3). Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189). *Tesis de grado*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Rosado, A. (1999, p.15). Uso de asfalto tipo S.M.A. con viatop 66 en pavimento dentro del municipio de naucalpan de juarez. *Tesis de grado*. Juarez, México: Instituto Tecnológico de la Construcción A.C.

Tresingenieros. (2016, párr. 1). *tresingenieros*. Recuperado de:  
<http://www.tresingenieros.com/tecnologia-de-la-construccion-45-asfalto-agregados/>

## **IX. Anexos**

### Anexo 1

Tablas de muestras y/o materiales de ensayos en laboratorio, para la producción de la mezcla asfáltica en caliente (Determinar en qué medida la compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (C. Leopoldo) tiene un efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca-Hulgayoc de la carretera Chongoyape-Cochabamba, Cajamarca).

Tabla 12.  
Grava chancada 3/4".

GRAVA CHANCADA 3/4"							
ITEM	N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANtera	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MAXIMO	PESO SECO (gr.)
1	1415-A	16/08/2014	M-1			3/4"	2965.0
2	1463-A	18/08/2014	M-1			3/4"	2181.0
3	1464-A	18/08/2014	M-2			3/4"	2318.0
4	1465-A	19/08/2014	M-1			3/4"	2426.0
5	1466-A	19/08/2014	M-2			3/4"	2283.0
6	1467-A	19/08/2014	M-1			1"	3573.0
7	1469	19/08/2014	M-1	LEOPOLDO	PRODUCCIÓN LEOPOLDO	3/4"	3766.0
8	1488	21/08/2014	M-1			3/4"	2478.0
9	1501	23/08/2014	M-1			3/4"	2483.0
10	1505	25/08/2014	M-1			1"	6023.0
11	1514	25/08/2014	M-1			3/4"	2513.0
12	1515	25/08/2014	M-1			1"	2556.0
13	1516	25/08/2014	M-1			3/4"	3094.0
14	1531	27/08/2014	M-1			1"	5652.0

Fuente: Elaboración propia (2016).



Tabla 13.  
Gravilla chancada 3/8".

GRAVILLA CHANCADA 3/8"							
ITEM	N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANTERA	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MAXIMO	PESO SECO (gr.)
1	1462-A	16/08/2014	M-1			3/8"	1058.0
2	1469-A	18/08/2014	M-1			3/8"	1522.0
3	1470-A	18/08/2014	M-2			3/8"	1220.0
4	1472-A	19/08/2014	M-1			3/8"	1199.0
5	1473-A	19/08/2014	M-2			3/8"	1236.0
6	1466	19/08/2014	M-1			3/8"	941.0
7	1486	21/08/2014	M-1	LEOPOLDO	PRODUCCIÓN LEOPOLDO	3/8"	1301.0
8	1499	23/08/2014	M-1			3/8"	604.0
9	1506	25/08/2014	M-1			1/2"	3340.0
10	1511	25/08/2014	M-1			1/2"	1540.0
11	1512	25/08/2014	M-1			3/8"	1810.0
12	1513	25/08/2014	M-1			3/8"	1653.0
13	1529	27/08/2014	M-1			3/8"	1566.0

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 14.  
Arena chancada 1/4".

ARENA CHANCADA 1/4"							
ITEM	N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANTERA	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MAXIMO	PESO SECO (gr.)
1	1460-A	16/08/2014	M-1			1/4"	793.0
2	1471-A	18/08/2014	M-1			1/4"	609.0
3	1475-A	18/08/2014	M-1			1/4"	666.0
4	1475-A	19/08/2014	M-1			1/4"	683.0
5	1477-A	19/08/2014	M-1			1/4"	664.0
6	1478-A	19/08/2014	M-1			1/4"	552.0
7	1486	21/08/2014	M-1	LEOPOLDO	PRODUCCIÓN LEOPOLDO	1/4"	550.0
8	1500	23/08/2014	M-1			1/4"	1420.0
9	1507	25/08/2014	M-1			1/4"	618.0
10	1508	25/08/2014	M-1			1/4"	561.0
11	1509	25/08/2014	M-1			1/4"	577.0
12	1510	25/08/2014	M-1			1/4"	555.0
13	1530	27/08/2014	M-1			1/4"	962.0

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 15.  
Arena Natural 1/4".

ARENA NATURAL 1/4"							
ITEM	N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANTERA	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MAXIMO	PESO SECO (gr.)
1	1533	27/08/2014	M-1			1/4"	735.0
2	1534	27/08/2014	M-2			1/4"	760.0
3	1535	27/08/2014	M-3	LEOPOLDO	PRODUCCIÓN LEOPOLDO	1/4"	737.0
4	1536	27/08/2014	M-4			1/4"	673.0
5	1537	27/08/2014	M-5			1/4"	701.0

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 16.  
Cal hidratada.

CAL HIDRATADA							
ITEM	N° MUESTRA	FECHA	MUESTRA	CANTERA	UBICACIÓN DE MUESTREO	TAMAÑO MAXIMO	PESO SECO (gr.)
1	1466-A	19/08/2014	M-1			-	500.0
2	1481-A	21/08/2014	M-2	-	PRODUCCIÓN CAL HIDRATADA	-	486.0
3	1577	02/09/2014	M-3			-	537.5

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 17.  
Exigencias técnicas para agregados mezclados durante la fabricación de mac (Mezcla asfáltica).

EXIGENCIAS TÉCNICAS PARA AGREGADOS MEZCLADOS DURANTE LA FABRICACIÓN DE MAC.	
DISEÑOS	PESO (gr.)
AGREGADO GRUESO > N° 4	5000.0
AGREGADO GRUESO > N° 4 CON UNA CARA FRACTURADA	1857.0
AGREGADO GRUESO > N° 4 CON DOS O MAS CARA FRACTURADA	1857.0
AGREGADO GRUESO > N° 4 DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	1259.0
ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE ARIDOS (DURABILIDAD)	PESO (gr.)
AGREGADO GRUESO > 4.76 mm - PARA MAC D-01	1300.5
AGREGADO FINO < 4.76 mm - PARA MAC D-01	500.0

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 18.  
Gravedad específica y absorción de los agregados.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	
AGREGADO < N° 4 - AGREGADO FINO MTC E 205	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	300.04
MUESTRA N° 02	299.68
AGREGADO < N° 4 - AGREGADO GRUESO MTC E 206	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	988.0
MUESTRA N° 02	987.6

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 19.  
Contenido de sales solubles en agregados gruesos.

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS GRUESOS	
AGREGADO GRUESO	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	0.01
MUESTRA N° 02	0.01
AGREGADO FINIO	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	0.01
MUESTRA N° 02	0.01

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 20.  
Agregados mezclados < 4.

AGREGADOS MEZCLADOS < 4	
ANGULARIDAD AGREGADO FINO SERIE N° 1	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	141.0
MUESTRA N° 02	141.30
MUESTRA N° 03	141.30
LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO)	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	13.26
MUESTRA N° 02	10.81
MUESTRA N° 03	11.92
ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE ARIDOS (DURABILIDAD)	PESO (gr.)
AGREGADO GRUESO > 4.76 mm - PARA MAC D-01	1300.5
AGREGADO FINO < 4.76 mm - PARA MAC D-01	500.0

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 21.  
Contenido de sales solubles en agregados finos.

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS FINOS	
AGREGADO GRUESO	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	0.01
MUESTRA N° 02	0.01
AGREGADO FINIO	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	0.01
MUESTRA N° 02	0.01
LIMITES DE CONSISTENCIA (LIMITE LIQUIDO)	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	19.13
MUESTRA N° 02	19.04
MUESTRA N° 03	19.22
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	
AGREGADO < N° 4 - AGREGADO FINO MTC E 205	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	300.04
MUESTRA N° 02	299.68
AGREGADO < N° 4 - AGREGADO GRUESO MTC E 206	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	988.0
MUESTRA N° 02	987.6

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 22.  
Diseño granulométrico para mezclas de áridos.

DISEÑO GRANULOMÉTRICO PARA MEZCLAS DE ÁRIDOS		
GRANULOMETRÍA MEZCLA FÍSICA ASTM D-3515 - SUPERPAVE SHRP	TAMAÑO MAXIMO	PESO (gr.)
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	2"	10000.0

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 23.  
Análisis de adherencia.

ANÁLISIS DE ADHERENCIA	
ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDAD (24 HORAS)-CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01 (PROBETA)	6.60
MUESTRA N° 02 (PROBETA)	6.60
MUESTRA N° 03 (PROBETA)	6.60
MUESTRA N° 04 (PROBETA)	6.60
MUESTRA N° 05 (PROBETA)	6.60
MUESTRA N° 06 (PROBETA)	6.60

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 24.  
Mezclas asfálticas en caliente.

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE	
ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559	PESO (gr)
BRIQUETA N° 01	1211.2
BRIQUETA N° 02	1211.3
BRIQUETA N° 03	1206.4
BRIQUETA N° 04	1209.6
BRIQUETA N° 05	1210.5
BRIQUETA N° 06	1208.8
BRIQUETA N° 07	1209.4
BRIQUETA N° 08	1209.6
BRIQUETA N° 09	1210.0
BRIQUETA N° 10	1209.2
BRIQUETA N° 11	1207.5
BRIQUETA N° 12	1208.9
BRIQUETA N° 13	1202.7
BRIQUETA N° 14	1206.8
BRIQUETA N° 15	1207.7
BRIQUETA N° 16	1205.7
BRIQUETA N° 17	1204.2
BRIQUETA N° 18	1202.4
BRIQUETA N° 19	1201.0
BRIQUETA N° 20	1202.5
BRIQUETA N° 21	1199.1
BRIQUETA N° 22	1200.3
BRIQUETA N° 23	1201.7
BRIQUETA N° 24	1200.4
BRIQUETA N° 25	1208.5
BRIQUETA N° 26	1209.3
BRIQUETA N° 27	1206.8
BRIQUETA N° 28	1208.2

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 25.  
Máxima gravedad específica de mezclas bituminosas.

MAXIMA GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLAS BITUMINOSAS ENSAYO RICE AASHTO T-209 ASTM D-2041	
NÚMERO DE MUESTRAS	PESO (gr)
PROBETA N° 01	1203.0
PROBETA N° 02	1208.0
PROBETA N° 03	1200.0
PROBETA N° 04	1205.0
PROBETA N° 05	1218.0
PROBETA N° 06	1223.0
PROBETA N° 07	1227.0

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 26.

Mezclas asfálticas en caliente – Capa de rodadura.

MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - CAPA DE RODADURA	
ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS)	PESO (gr.)
PROBETA N°01	6.60
PROBETA N°02	6.60
PROBETA N°03	6.60
PROBETA N°04	6.60
PROBETA N°05	6.60
PROBETA N°06	6.60

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 27.

Índice de compatibilidad.

ENSAYO DE INDICE DE COMPACTIBILIDAD - ADITIVO QUIMIBOND 3000	
NÚMERO DE MUESTRAS	PESO (gr.)
BRIQUETA N°01	1206.1
BRIQUETA N°02	1209.4
BRIQUETA N°03	1207.7
BRIQUETA N°04	1208.7
BRIQUETA N°05	1210.7
BRIQUETA N°06	1209.7

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 28.

Método Marshall.

DISEÑO - 01 CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE - TM 3/4'' (INCLUYE CAL HIDRATADA)	
AASHTO T-245 Y ASTM D-1559 METODO MARSHALL	
NÚMERO DE MUESTRAS	PESO (gr.)
BRIQUETA N° 01	1203.4
BRIQUETA N° 02	1206.2
BRIQUETA N° 03	1205.4
BRIQUETA N° 04	1205.0
BRIQUETA N° 05	1208.9
BRIQUETA N° 06	1209.6
BRIQUETA N° 07	1207.1
BRIQUETA N° 08	1208.5
BRIQUETA N° 09	1212.0
BRIQUETA N° 10	1210.1
BRIQUETA N° 11	1210.5
BRIQUETA N° 12	1210.9

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 29.

Diseño de mezclas asfálticas en caliente (Ensayos especiales).

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE (ENSAYOS ESPECIALES)	
EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFÁLTICAS ASTM D-4867 / AASHTO T-283: LOTTMAN (Dosis de aditivo en peso de cemento asfáltico 0.9% - QUIMIBOND 3000)	
NÚMERO DE MUESTRAS	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	1199.30
MUESTRA N° 02	1195.60
MUESTRA N° 03	1196.90
MUESTRA N° 04	1190.70
MUESTRA N° 05	1201.90
MUESTRA N° 06	1195.20
MUESTRA N° 07	1192.70
MUESTRA N° 08	1196.60
MUESTRA N° 09	1193.90
MUESTRA N° 10	1196.80
MUESTRA N° 11	1187.40
MUESTRA N° 12	1196.20

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 30.

Inmersión – compresión de la mezcla asfáltica en estado seco.

ENSAYO DE INMERSIÓN - COMPRESIÓN (MEZCLAS ASFÁLTICAS)	
ENSAYO N° 02: GRUPO N° 01 SECO (ASTM - D 1075 - AASHTO T 165)	
MUESTRAS DE ENSAYO	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	1884.0
MUESTRA N° 02	1894.97
MUESTRA N° 03	1871.49

Fuente: Elaboración propia (2016).

Tabla 31.

Inmersión – compresión de la mezcla asfáltica en estado saturado.

ENSAYO DE INMERSIÓN - COMPRESIÓN (MEZCLAS ASFÁLTICAS)	
ENSAYO N° 02: GRUPO N° 02 SATURADO (ASTM - D 1075 - AASHTO T 165)	
MUESTRAS DE ENSAYO	PESO (gr.)
MUESTRA N° 01	1875.3
MUESTRA N° 02	1911.47
MUESTRA N° 03	1880.9

Fuente: Elaboración propia (2016).