

OPTIMIZACIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRIO UTILIZANDO ASFALTO LIQUIDO MC-30 Y AGREGADOS DE LAS CANTERAS SAN MARTIN Y CERRO CAMPANA, TRUJILLO – LA LIBERTAD.

OPTIMIZATION OF ASPHALT MIXTURES IN COLD USING LIQUID ASPHALT MC-30 AND AGGREGATES FROM THE QUARRIES SAN MARTIN Y CERRO CAMPANA, TRUJILLO – LA LIBERTAD.

Marco Antonio Ramírez Montenegro

Ex alumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo.

Recibido: 23 mayo 2015 - Aceptado: 25 junio 2015

RESUMEN

El objetivo de estudio fue determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico para las mezclas asfálticas en frío elaboradas con asfalto líquido MC-30 y los agregados de las canteras San Martín y Cerro Campana, y estas son las que determinan mediante el método Marshall, en la ciudad de Trujillo - La libertad, obteniendo a través de métodos de ensayos en laboratorios de mecánica de suelos y pavimentos con mezclas asfálticas en frío y para facilitar el procesamiento de dichos ensayos se utilizó tablas, gráficos, imágenes, etc. con el apoyo de normas y parámetros propuestos por el MTC, AASHTO y ASTM respectivamente. Este proyecto se realizó en dos canteras mencionadas anteriormente, la primera cantera se encuentra localizada en el Kilómetro 590+700 en la carretera Panamericana Norte, y su nombre es "San Martín" y la segunda cantera se encuentra localizada en el Kilómetro 529+500 en la carretera Panamericana Norte, y su nombre es "Cerro Campana". Según los análisis de los resultados de ensayos mediante el método Marshall el porcentaje óptimo de asfalto líquido MC-30 en la cantera San Martín es de 5,41% y de la cantera Cerro Campana es de 5,08%, y de acuerdo con los ensayos realizados en la cantera San Martín se obtiene una estabilidad de 1543 lb (700,58kg), y estos resultados cumplen para los de tránsito mediano de carpeta y base, según las especificaciones del Instituto de Asfalto (U.S.A) para el diseño Marshall.

Palabras clave: Mezcla Asfáltica, Optimización, Agregados, Asfalto Líquido, método de ensayo Marshall.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the optimum percentage of asphalt cement that asphalt cold Mixes made with liquid asphalt MC-30 aggregates quarries San Martín and Cerro Campana, and these are the ones determined by the Marshall method in Trujillo – La Libertad, It obtaining THROUGH laboratory test methods of soil mechanics and pavements with cold mix asphalt and to facilitate the processing of such tests tables, graphs, images, etc. are used with the support of rules and parameters proposed by MTC, AASHTO and ASTM respectively. This project was performed in two quarries mentioned above, the first quarry is located at Kilometer 590 + 700 on the North Panamericana highway, and his name is "San Martín" and the second quarry is located at Kilometer 529 + 500 North Panamericana highway and its name is "Cerro Campana". According to the analysis of the results of tests by Marshall method the optimal percentage of liquid asphalt MC-30 in the quarry San Martín is 5.41% and the Cerro Campana quarry is 5.08%, and according to tests performed in the quarry stability San Martín 1543 lb (700.58kg) is obtained, and these results hold for the medium and the base folder transit, as specified by the Asphalt Institute (USA) for the design Marshall.

Key words: Mix Asphalt, Optimization, Aggregates, Asphalt Liquid, Marshall test methods.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación tiene como objetivo determinar el grado óptimo de asfalto líquido MC-30 con los materiales de las canteras "San Martín y Cerro Campana", para preparación de mezcla asfáltica en frío. Se ha verificado que las de carpeta asfáltica construidas en las avenidas y calles en la ciudad de Trujillo, vienen presentando fallas de diverso tipo, como: fisuras, grietas tipo piel de cocodrilo, desprendimiento, ahuellamientos, hundimientos y otros, que afectan la calidad de tránsito. El incremento de tráfico en los últimos años está ocasionando que los pavimentos existentes, sobre todo aquellos que tienen más años de uso, han sobrepasado las condiciones para las cuales fueron diseñados, por ello se evidencia que se están reduciendo su vida útil. En la ciudad de Trujillo se presenta un cambio en las condiciones de medio ambiente que se traduce en lluvias en épocas de verano, que esto genera el deterioro prematuro de las calles de la ciudad de Trujillo. La acción conjunta del tráfico y medio ambiente sobre la superficie de rodadura incrementa los niveles de deterioro observándose desprendimiento de material superficial debido a la acción abrasiva de los neumáticos sobre la superficie de rodadura mostrando una débil adherencia entre el material asfáltico y el material inerte o agregado lo cual incrementa el deterioro de las calles. En tal sentido resulta pertinente considerar la utilización de otros tipos de asfalto que mejoren las condiciones de adherencia con el material de agregado de las canteras que proporcionen dichos agregados para la preparación de mezclas asfálticas en frío para que se utilicen en la construcción de pavimentos flexibles en las calles de la localidad de Trujillo. Para todo esto planteamos cuatro objetivos para nuestra investigación. Primero, Determinar las características físicas mecánicas de los materiales de agregados en las canteras San Martín y Cerro Campana, teniendo en cuenta las normas del MTC, ASTM y AASHTO; segundo, Realizar ensayos de asfalto líquido MC-30 para determinar si cumple con los estándares de calidad de la Norma Técnica Peruana; tercero, Diseñar mezclas asfálticas de prueba y determinar la dosificación óptima

a través de ensayos de laboratorio, y cuarto, Determinar el comportamiento de estabilidad de la mezcla asfáltica en frío mediante el ensayo de Marshall y verificar si cumple con las especificaciones técnicas del instituto del asfalto Americano (USA). Para todo esto tenemos algunas tesis basadas en los ensayos y métodos necesarios para determinar los objetivos como por ejemplo Cedeño Mendoza, Milton Javier (2012) con la tesis titulada: "Análisis comparativo entre una mezcla asfáltica en frío y una mezcla densa en caliente", concluye lo siguiente: "Comportamiento y la duración de los pavimentos flexibles, a lo largo de su vida útil, no solo se debe elegir o diseñar correctamente la estructura sino también es importante diseñar en forma óptima la mezcla asfáltica, con los agregados disponibles y un ligante asfáltico adecuado, teniendo en cuenta la capa correspondiente y el tipo de tráfico que utilizará la vía y para todo esto tiene una justificación con la cual determinamos que la gran demanda de necesidad de encontrar alternativas que armonicen con el medio ambiente se está realizando cada vez más estudios para encontrar un grado óptimo de asfalto para una mezcla, ya que toda actividad realizada por el hombre debe orientarse a un desarrollo sostenible, es por ello que el diseño de mezclas asfálticas para el uso en las vías nacionales requiere un mayor control. Por lo tanto el análisis óptimo de asfalto en la preparación de mezclas asfálticas en frío y además con la adherencia de los materiales de agregados de las canteras San Martín y Cerro Campana con el asfalto líquido tipo MC - 30, cumplan con los estándares de calidad necesarios para su proceso de desarrollo. Además las mezclas asfálticas en frío representa una alternativa en cuanto a la minimización de costos de inversión y mantenimiento, es decir que cuando se utiliza mezclas asfálticas en caliente se tienen que realizar actividades como calentar los agregados pétreos lo cual disminuye la vida útil de los mismos, además de incurrir en gasto de energía eléctrica, combustible, entre otros. Contrario a esto, las mezclas en frío no tienen este inconveniente además de reducir los impactos negativos al medio ambiente.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

El tipo de estudio es cuantitativo, de corte Técnico - Descriptivo, con un diseño no experimental, transversal descriptivo.

Se trabajó con material proveniente de las canteras San Martín y Cerro Campana ubicadas en Trujillo, departamento de La Libertad. Para el uso del método de ensayo de Granulometría de agregado grueso y fino se utilizó la Norma E204 (parámetros de ensayo de Granulometría) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la cual contempla parámetros de porcentajes en peso que pasa a través de los tamices de malla

cuadrada (mallas de $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " , N°4).

Para el procedimiento de ensayo de estabilidad Marshall se trabajó con 15 briquetas para cada porcentaje de ensayo que posteriormente fueron promediados, arrojando el mejor porcentaje óptimo y su mejor comportamiento de estabilidad del pavimento flexible. Además se realizaron ensayos de laboratorios siguiendo la guía de observación y teniendo en cuenta los procedimientos establecidos en las guías de laboratorio de instituciones reconocidas como AASHTO, ASTM y MTC.

III. RESULTADOS

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Tabla 1. Granulometría para la clasificación de material para piedra de 1/2", Cantera San Martín.

MALLAS	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RET. ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	PARÁMETROS MTC E204
Nº 2"	50.00	0.00	0.00	100	--
Nº 1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00	--
Nº 1"	25.00	0.00	0.00	100.00	--
Nº 3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº 1/2"	12.50	3.75	3.75	96.25	90 - 100
Nº 3/8"	9.50	20.00	23.75	76.25	--
Nº 4	4.75	66.25	90.00	10.00	45 - 70
FONDO		10	100.00	0.00	
		T.M.N.	3/8 "		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Granulometría para la clasificación de material para piedra de 1/2", Cantera Cerro Campana.

MALLAS	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RET. ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	PARÁMETROS MTC E204
Nº 2"	50.00	0.00	0.00	100	--
Nº 1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00	--
Nº 1"	25.00	0.00	0.00	100.00	--
Nº 3/4"	19.00	12.50	12.50	87.50	100
Nº 1/2"	12.50	50.00	62.50	37.50	90 - 100
Nº 3/8"	9.50	20.00	82.50	17.50	--
Nº 4	4.75	17.50	100.00	0.00	45 - 70
FONDO		10	100.00	0.00	
		T.M.N.	3/4 "		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Equivalente de arena para la identificación de materiales finos o apariencia arcillosa, cantera San Martín.

ENSAYO	M-1	M-2	PARÁMETROS MTC E114
Lectura del Nivel de Muestra + Agua	250	250	--
Lectura del Nivel de Arena	228.4	229.1	--
SE (%)	91.36%	91.64%	--
CÁLCULO DEL EQUIVALENTE DE ARENA			
PROMEDIO	91.50%		50% min.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Equivalente de arena para la identificación de materiales finos o apariencia arcillosa), cantera Cerro Campana.

ENSAYO	M-1	M-2	PARÁMETRO S MTC E114
Lectura del Nivel de Muestra + Agua	250	250	--
Lectura del Nivel de Arena	225.1	224.25	--
SE (%)	90.04%	89.70%	--
CÁLCULO DEL EQUIVALENTE DE ARENA			
PROMEDIO	89.87%		50% min.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Máquina de los Ángeles para la determinación de resistencia al desgaste del agregado grueso, cantera San Martín.

Mallas que Pasa - Retiene	Peso Inicial (gr)	Peso después del Ensayo retenido en malla N°12 (gr)	Peso que pasa T.N°12 después del ensayo (gr)	Porcentaje de Abrasión del agregado (%)	Parámetros MTC E207 / ASTM C131
1 1/2" - 1"	1500	-	-	-	-
1" - 3/4"	1500	-	-	-	-
3/4" - 1/2"	1500	1229.17	270.83	18.06	-
1/2" - 3/8"	1500	-	-	-	-
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASIÓN DE :				18.06%	25% Max. (car de rodadura)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Máquina de los Ángeles para la determinación de resistencia al desgaste del agregado grueso, cantera Cerro Campana.

Mallas que Pasa - Retiene	Peso Inicial (gr)	Peso después del Ensayo retenido en malla N°12 (gr)	Peso que pasa T.N°12 después del ensayo (gr)	Porcentaje de Abrasión del agregado (%)	Parámetros MTC E207 / ASTM C131
1 1/2" - 1"	1500	-	-	-	-
1" - 3/4"	1500	-	-	-	-
3/4" - 1/2"	1500	1060.34	189.66	15.17	-
1/2" - 3/8"	1500	1060.55	189.66	15.17	-
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASIÓN DE :				15%	25% Max. (car de rodadura)

Fuente: Elaboración propia.

DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ASFALTO LÍQUIDO TIPO MC-30

Tabla 7. Ensayos del asfalto líquido MC-30 para el control de calidad.

ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD	NORMA PARÁMETROS		
			N°	Min	Max
Viscosidad Cinemática a 60° C	56	cSt.	ASTM D2170	30	60
Punto de Inflamación	73	C°	ASTM D3143	38	---
Destilación (% del volumen destilado total hasta 360°C)					
Hasta 225°C	14	%	ASTM D402	---	25
Hasta 260°C	58	%		40	70
Hasta 315°C	88	%		75	93
Residuo de Destilación a 680°F (360°C) (% del volumen por diferencia)	54	%	ASTM D402	50	---
Contenido de Agua	0	%	ASTM D95	---	0.2
Ensayos al Residuo de la Destilación: Penetración a 25° C, 100 g, 5s	130	0.1mm	ASTM D5	120	150
Ductilidad a 25°C, 5cm/min	96.0	cm	ASTM D113	100	---
Solubilidad en Tricloroetileno	99.79	%	ASTM D2042	99.00	---

Fuente: Elaboración propia.

DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ASFALTO LÍQUIDO TIPO MC-30

Tabla 8. Diseño de Mezcla en frío con los materiales de la cantera San Martín.

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE ASFALTO	RESULTADOS
Peso específico de la mezcla de agregados	2.64
Área superficial equivalente	25.29
Índice asfáltico	0.0016
Relación de pesos específicos (2.65/2.64)	1.002
Tipo de Asfalto	MC - 30
Cemento Asfáltico	4.05%
Contenido de asfalto Original (4.05/0.75)*100	5.41%

Fuente: Elaboración propia.

Resultado con un contenido de asfalto de 5,41% y el diseño de mezcla asfáltica en frío con los agregados de la Cantera San Martín 50% de agregado grueso y 50% de agregado fino.

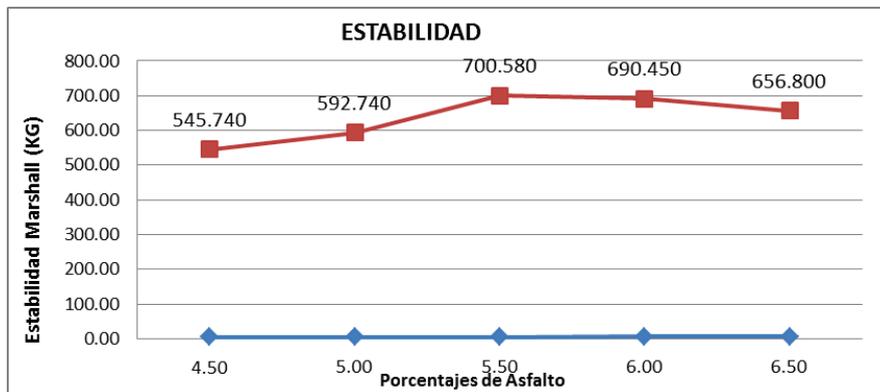
Tabla 9. Diseño de Mezcla en frío con los materiales de la cantera San Martín.

Cálculo del Contenido de Asfalto		RESULTADOS
Peso específico de la mezcla de agregados		2.63
Área superficial equivalente		23.09
Índice asfáltico		0.00167
Relación de pesos específicos	(2.65/2.63)	1.009
Tipo de Asfalto		MC - 30
Cemento Asfáltico		3.81%
Contenido de asfalto Original	(3.81/0.75)*100	5.08%

Resultado con un contenido de asfalto de 5,08%, y el diseño de mezcla asfáltica en frío con los agregados de la Cantera Cerro Campana 40% de agregado grueso y 60% de agregado fino.

DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO MEDIANTE EL ENSAYO MARSHALL

Cantera San Martín.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Curvas de comportamiento de estabilidad Marshall para la determinación de resistencia al desgaste de la mezcla Asfáltica en frío, Cantera San Martín.

Cantera Cerro Campana.

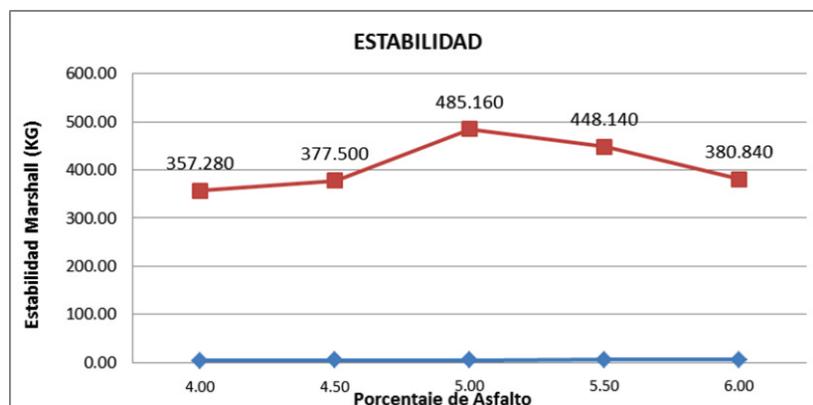


Figura 2. Curvas de comportamiento de estabilidad Marshall para la determinación de resistencia al desgaste de la mezcla Asfáltica en frío, Cantera Cerro Campana.

IV. DISCUSIÓN

Para el logro de este Proyecto, se llevó a cabo la recolección de agregados de las canteras ya mencionadas anteriormente. La adquisición de los agregados se realizó tomándolos directamente de las pilas de material presente en dicha cantera, la cual esta seleccionada por dos tipos de agregados piedra chancada de ½" y arena gruesa. Además podemos observar la tabla 2, pudimos determinar que con la malla ¾" pasa un 100% y con la malla ½" pasa un 96,25%, se puede determinar que la cantera San Martin cumple los parámetro de una piedra chancada de ½". Según MTC (2003). Si observamos en la tabla 3, pudimos determinar que con la malla 1" pasa un 100%, con la malla ¾" pasa un 87,50% y la malla ½" pasa un 37,5%, se puede determinar que la cantera Cerro Campana no cumple los parámetro de una piedra chancada de ½". Según el Manual de Ensayos del MTC (2003). El ensayo de Equivalente de Arena, observamos que la tabla 4 muestra un porcentaje de 91,50%, en la tabla 5 muestran un porcentaje de 89,87%, por lo tanto se indica que para tráfico en ejes equivalentes de >3 - 30 (millones), debe satisfacer por lo menos un 50%, en consecuencia se afirma que el material de las canteras cumplen con los parámetros establecidos (>50%) por MONTEJO FONSECA (2006) Para el ensayo de abrasión con la Máquina De Los Ángeles, con el material de agregado grueso para la cantera San Martin presenta una resistencia a la abrasión de un

18.06% (ver tabla 6) y el agregado grueso para la cantera Cerro Campana presenta una resistencia de 15% (ver tabla 7), cumple con los parámetros establecidos por RICO RODRIGUEZ (1998).

Los ensayos realizados en el laboratorio muestran un reporte de calidad para el asfalto líquido MC-30, los cuales se reflejan en la tabla 8. Al observar, podemos determinar que los ensayos realizados al asfalto líquido MC-30 si cumplen con las especificaciones técnicas, según INDECOPI en la Norma Técnica Peruana 321.027 (2014). Este Tipo de Cemento Asfáltico es de tipo de curado medio y también se puede utilizar mayormente en trabajos de imprimación en carreteras, en lechadas asfálticas, en riego de liga en carretera y bermas, y sobre todo en Tratamiento superficiales. En la determinación del óptimo porcentaje de asfalto en un diseño de mezcla, primero se evalúa los puntos que forma la línea de tendencia en cuanto estabilidad Marshall, en este caso el ensayo arrojó valores de estabilidad máxima de 700,58 Kg con un óptimo de 5,50% de asfalto líquido, agregado grueso 50% y agregado fino 50%. Para la cantera San Martin y valores de estabilidad máxima de 485,16 Kg con un óptimo de 5,00% de asfalto líquido, agregado grueso 40% y agregado fino 60%. Para la cantera Cerro Campana, y estos resultados poseen valores similares reportados por ARROYO G. y RODRIGUEZ C. (2010).

V. CONCLUSIONES

1. Los agregados gruesos de la cantera San Martín y cerro Campana son de características físicas angulares y/o alargadas ya que estos son formados naturalmente o triturados de piedra de cantera, estos tiene una resistencia al desgaste de 18,06% y 15% respectivamente y cumplen con las normas técnicas de MTC E207 ya que su máxima resistencia debe ser de un 25% para una capeta de rodadura.
2. El asfalto líquido MC-30, cumple con las especificaciones establecidas por la Norma Técnica Peruana NTP 321.027.
3. La mezcla asfáltica óptima contiene un 5,5% de asfalto líquido MC-30, 50% agregado fino, 50% agregado grueso para la cantera San Martin y para la cantera Cerro Campana contiene un óptimo de 5,0% de asfalto líquido MC-30, 60% agregado fino, 40% agregado grueso.
4. El comportamiento de estabilidad con la mezcla asfáltica optima es de 700,58kg (1543 lb) para la cantera San Martin y 485,16Kg (1069,60 lb) para la cantera Cerro Campana. Estos resultados cumplen para los criterios de Tránsito Mediano Carpeta y Base, según las especificaciones del instituto de Asfalto (U.S.A.) para el diseño Marshall.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. Pavimentos Flexibles, Problemática Metodologías. Publicación Técnica 104 de Diseño y Tendencias. México. San Fandil. 1998. Pág. 145.
2. ARROYO G., tomas and RODRIGUEZ C., Manuel. Análisis comparativo de diseños de mezclas asfálticas en caliente, empleando cemento asfáltico AC-20 y AC-30, utilizando agregados de la empresa Agremaca. Tesis (grado de Ingeniero Civil). Maracaibo, Venezuela, Universidad Rafael Urdaneta, 2010, 58 pág.
3. DÁVILA M, Juan Manuel. Análisis Comparativo de Modulo Resiliente y Ensayos de Deformación Permanente en Mezclas Asfálticas del Tipo (MDC2) en Briquetas Compactadas con Matillo Marshall y Compactador Giratorio. Primera Edición. Colombia. Universidad Javeriana. 2005. pág. 173.
4. MONTEJO FONSECA Alonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Tercera Edición, Bogotá, 2006, 150 pág.
5. MAILA PAUCAR, Manuel Elías. Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA), Tesis (Grado de ingeniero Civil), Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 2010.
6. INSTITUTO NACIONAL de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual, Norma Técnica Peruana NTP 321.027. 2014.
7. MINISTERIO de Transporte y comunicaciones (Perú), Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras EM-2000 Lima, Perú, Agosto 2003.