

“CONTROL DE CALIDAD DE CEMENTOS ASFÁLTICOS TIPO AP-3 UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN ASFÁLTICO PARA CAPAS DE RODADURA DE LAS CARRETERAS DEL ECUADOR, MEDIANTE ENSAYOS EN LABORATORIO”

Ing. F. Rojas¹, Ing. H. Bonifaz¹, J. Tipán¹

¹Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción, Escuela Politécnica del Ejército,
Campus Sangolquí,
Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador.
E-mail: frojas@espe.edu.ec, hbonifaz@espe.edu.ec

²Carrera de Ingeniería Civil, Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción,
Escuela Politécnica del Ejército, Campus Sangolquí,
Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador.
E-mail: jairo6tpn@hotmail.com.

RESUMEN

El Proyecto denominado “Control de calidad de cementos asfálticos tipo AP-3 utilizados en la fabricación de hormigón asfáltico para capas de rodadura de las carreteras del Ecuador, mediante ensayos en laboratorio” se presenta como una guía en el proceso de control de calidad que se debe seguir al asfalto ecuatoriano y así garantizar la calidad de este material que es de vital importancia en la construcción de carreteras.

Este proyecto comprende la caracterización del asfalto muestreado en cinco zonas del Ecuador tales como: Esmeraldas, Guayllabamba, Quito y Riobamba, mediante la aplicación de ensayos realizados en el laboratorio de asfaltos de la Carrera de Ingeniería Civil, respetando los procedimientos establecidos en las normativas para dicho efecto.

Finalmente de los resultados obtenidos se realiza un análisis cuantitativo de los mismos dando como resultado importantes conclusiones acerca del cumplimiento o no de los parámetros exigidos al asfalto ecuatoriano en el Manual de Especificaciones Técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

ABSTRACT

The Thesis Project “Quality Control of asphaltic cements fellow AP-3 utilized in the manufacture of asphaltic concrete for capes of rolling of the roads of the Ecuador, by means of essays at laboratory” This project shows up like a guide in the control process of quality that must ensue to the Ecuadorian asphalt and thus guaranteeing the quality of this material that is vitally important in the road construction.

This project show the characterization of the asphalt sampled at five zones of the Ecuador thales like: Esmeraldas, Guayllabamba, Calacalí, Quito and Riobamba, by means of the application of essays in the asphalts laboratory of Civil Engineering, respecting the nested procedures in the ground ruleses for said effect.

Finally of the results obtained it is done a quantitative analysis of the same ones giving important conclusions about accomplished or no of parameters demanded to the asphalt in the Book of Technical Specifications of Transporting Ministry and Public Works.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ⊕ Realizar el control de calidad de cementos asfálticos Tipo AP-3 utilizados en la fabricación de hormigón asfáltico para capas de rodadura de las carreteras del Ecuador, mediante ensayos en laboratorio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⊕ Realizar un proceso de estandarización en lo concerniente a la toma de muestras de asfalto en plantas asfálticas de propiedad de empresas constructoras dedicadas a la construcción de carreteras con capas de rodadura de pavimento flexible.
- ⊕ Realizar los ensayos correspondientes al asfalto, guardando un estricto apego a las normativas.
- ⊕ Verificar el cumplimiento de los parámetros de calidad en el Manual de Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, para de esta manera saber si el asfalto ecuatoriano cumple o no con los requerimientos establecidos.
- ⊕ Fomentar lo que podría ser el inicio de un manual ecuatoriano que enmarque los procesos de control de calidad que se debe seguir en el asfalto ecuatoriano y conocer a fondo sus características y comportamiento.

ANTECEDENTES

La importancia de las carreteras radica en que es la columna vertebral del transporte, su construcción y mantenimiento se vuelven estratégicas en el desarrollo de un país. Una carretera de mala calidad implica un mayor desgaste y un mantenimiento más frecuente de la misma. Desde enero de 2007 hasta diciembre de 2011, se ha invertido en vialidad más de 4500 millones de dólares con un total de 5400 km de vías intervenidas. ^[1]



Carretera Ibarra-Otavalo



Intercambiador de Santa Rosa

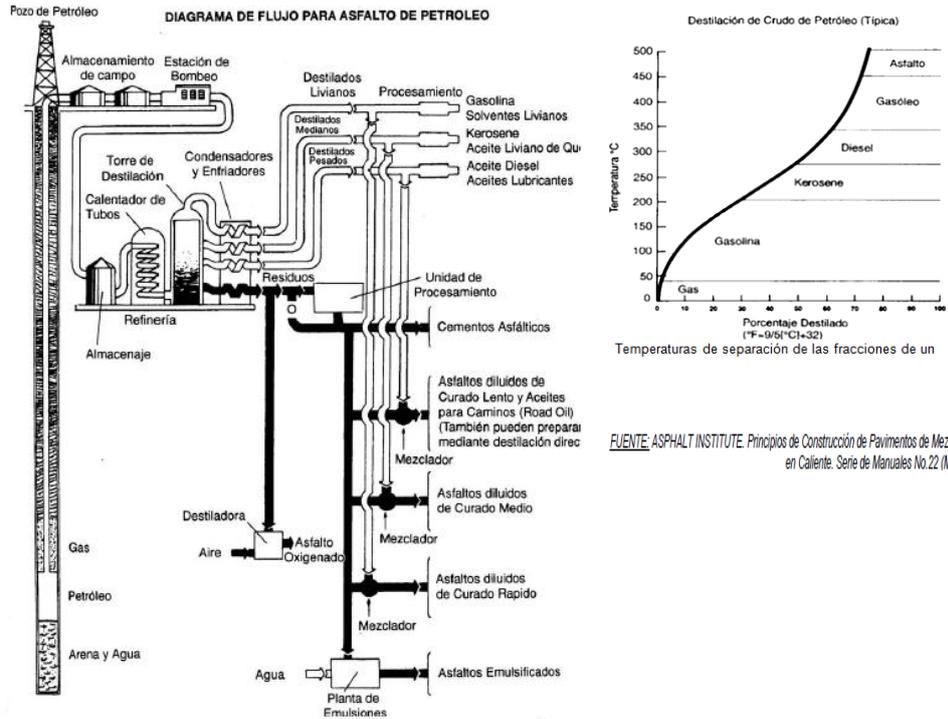
Resulta necesario que se estudie con detalle la calidad del asfalto ecuatoriano lo cual puede resultar una herramienta sumamente útil para evaluar la calidad del mismo y proponer procesos adecuados para realizar un correcto control de calidad

EL ASFALTO

DEFINICIÓN

El asfalto es un residuo de la destilación del petróleo que sirve como material cementante que cuando se calienta lo suficiente, este se ablanda y se vuelve líquido lo cual le permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de la mezcla en caliente.

FABRICACIÓN Y SUMINISTRO [2]

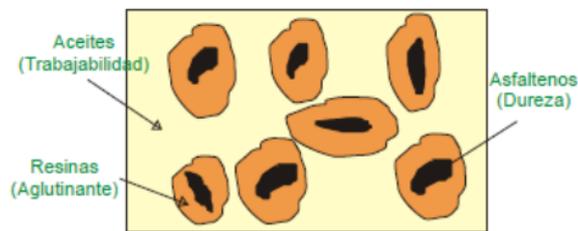


FUENTE: ASPHALT INSTITUTE. Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. Serie de Manuales No.22 (MS-22). USA

FUENTE: ASPHALT INSTITUTE. Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. Serie de Manuales No.22 (MS-22). USA

COMPOSICIÓN QUÍMICA [3]

Está constituido por tres grupos básicos: *asfaltenos*, *resinas* o conocidas también como *maltenos* y *aceites*.



Composición Química del Asfalto.

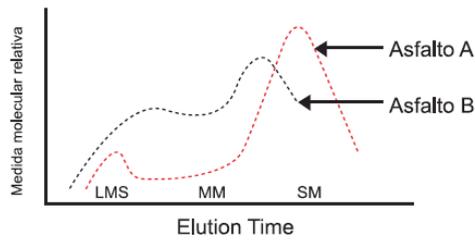
FUENTE: Cartilla del asfalto-ASOPAC

COMPUESTO	DESDE	HASTA
% DE CARBONO	70	90
% DE HIDROGENO	7.3	10.1
% DE AZUFRE	0.56	9.5
% DE CENIZAS	0.06	1.25
% DE NITROGENO	0.05	7

Elementos constitutivos del Asfalto
FUENTE: Cartilla del asfalto-ASOPAC

Para determinar la cantidad de cada uno de los componentes del asfalto se utiliza el Ensayo SARA (saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos)

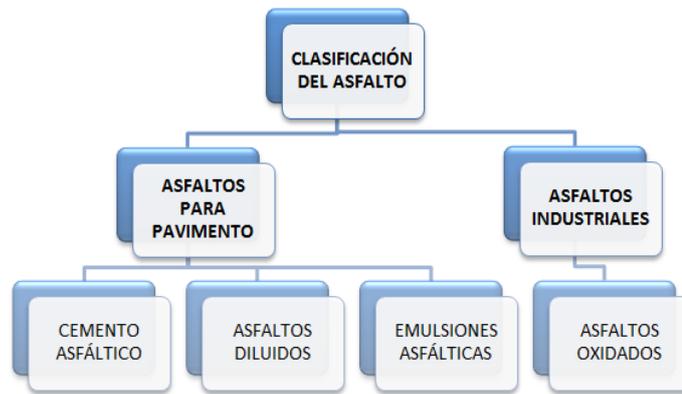
Cromatograma típico de los cementos asfálticos



Fuente: Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, Mezclas asfálticas modificadas con un elastómero (caucho) y un plastómero, PhD. Fredy Alberto Reyes Lizcano, Bogotá 2011.

Consiste en pasar una solución del asfalto a través de una columna de filtración. El sistema permite que las moléculas más grandes pasen rápidamente la columna retardando el proceso de las más pequeñas. ^[4]

CLASIFICACIÓN

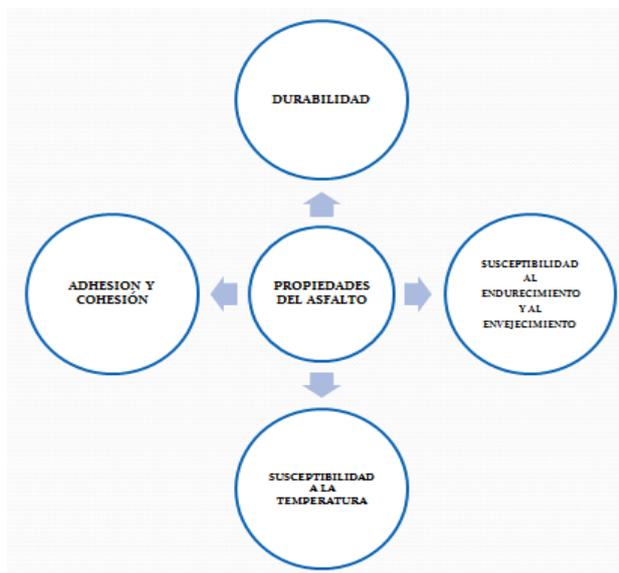


En el Ecuador se comercializan los siguientes tipos de asfaltos:

Asfalto Tipo AP-3 o AC-20 (Viscosidad de 1600 a 2400 Poises)

Asfalto "RC 250" que se utiliza para riego de imprimación

PROPIEDADES



CONTROL DE CALIDAD DEL ASFALTO

CALIDAD

Consiste en la medida en la cual un producto se ajusta a las especificaciones o requerimientos para cumplir una función dada.

CONTROL DE CALIDAD

Se refiere a los ensayos necesarios para controlar un producto y así determinar la calidad del producto que se está elaborando.

PARÁMETROS DE CONTROL MÁXIMOS Y MÍNIMOS QUE DEBE CUMPLIR EL ASFALTO ^[5]

ENSAYOS	60-70		85-100	
Betún original	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Penetración (25°C, 100 gr, 5 s), mm/10.	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C.	48	57	45	53
Índice de penetración (*).	- 1.5	+ 1.5	- 1.5	+ 1.5
Ductilidad (25°C, 5 cm/minuto), cm.	100	-----	100	-----
Contenido de agua (en volumen), %.	-----	0.2	-----	0.2
Solubilidad en Tricloroetileno, %.	99	-----	99	-----
Punto de inflamación, Copa Cleveland, °C.	232	-----	232	-----
Densidad Relativa, 25 °C/ 25 °C	1.00	-----	1.00	-----
Ensayo de la mancha (* *)	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas, %.	-----	2.2	-----	2.2
Ensayos al residuo del TFOT:				
Variación de masa, %.	-----	0.8	-----	1.0
Penetración, % de penetración original.	54	-----	50	-----
Ductilidad, cm.	50	-----	75	-----
Resistencia al endurecimiento (***)	-----	5.0	-----	5.0

Sección 810-2.1, (MOP – 001 – F – 2002 para Pen. 60-70 y 85-100)

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MTOP Dirección de Estudios, Ecuador.

NORMAS VIGENTES DE ENSAYOS EN ASFALTO ^[5]

ENSAYO	NORMA ASTM
1) CEMENTOS ASFALTICOS Y SIMILARES	
MUESTREO	D - 140-09
PENETRACION	D - 5-06
REBLANDECIMIENTO	D - 36-09
DUCTILIDAD	D - 113-07
INFLAMACION	D - 92-11
DENSIDAD	D - 70-09

Normas vigentes de ensayos en productos asfálticos 810-2.1 (MOP – 001 – F – 2002 para Pen. 60-70 y 85-100)

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MTOP Dirección de Estudios, Ecuador.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

Se tomaron muestras de asfalto en tres provincias del Ecuador, en las ciudades de Esmeraldas, Riobamba, Quito, Guayllabamba y Calacalí.

MUESTREO DEL ASFALTO



Recipientes metálicos para Muestreo de cemento asfáltico.



Muestreo de cemento asfáltico.

No. MUESTREO	FECHA	LUGAR
1	23 de abril de 2012	ESMERALDAS
	25 de abril de 2012	RIOBAMBA
	26 de abril de 2012	QUITO, GUAYLLABAMBA Y CALACALI
2	7 de mayo de 2012	ESMERALDAS
	9 de mayo de 2012	RIOBAMBA
	10 de mayo de 2012	QUITO, GUAYLLABAMBA Y CALACALI
3	21 de mayo de 2012	ESMERALDAS
	23 de mayo de 2012	RIOBAMBA
	24 de mayo de 2012	QUITO, GUAYLLABAMBA Y CALACALI
4	4 de junio de 2012	ESMERALDAS
	6 de junio de 2012	RIOBAMBA
	7 de junio de 2012	QUITO, GUAYLLABAMBA Y CALACALI
5	18 de junio de 2012	ESMERALDAS
	20 de junio de 2012	RIOBAMBA
	21 de junio de 2012	QUITO, GUAYLLABAMBA Y CALACALI

Fechas de muestreos de asfalto.

ENSAYOS REALIZADOS

PENETRACIÓN



Equipo para prueba de Penetración al asfalto.

Clasifica los asfaltos en grados según su dureza o consistencia medida en décimas de milímetros. Valores altos de penetración, indicarán consistencias suaves.

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO



Equipo para prueba de Reblandecimiento al asfalto.

La temperatura determinada como de Reblandecimiento, representa aquella a la cual un cemento asfáltico alcanzará un determinado estado de fluidez, existiendo consecuentemente una pérdida de consistencia del mismo. El punto de reblandecimiento es una prueba de resistencia a la deformación del cemento asfáltico y además es también una prueba de la viscosidad.

DUCTILIDAD



Equipo para prueba de Ductilidad al asfalto.

Provee de una medida de las propiedades al estiramiento de los cementos asfálticos y el valor resultante puede ser usado como criterio de aceptación del material asfáltico ensayado. Se considera la ductilidad como la capacidad que tiene el asfalto de resistir esfuerzos de estiramiento bajo condiciones de velocidad y temperatura especificada.

PUNTO DE INFLAMACIÓN



Equipo para prueba de Inflamación al asfalto.

Identifica la temperatura a la cual el asfalto puede ser manejado y almacenado sin peligro que se inflame. El punto de inflamación se mide por el ensayo en copa abierta Cleveland. Es importante conocer esta información, ya que el cemento asfáltico es calentado durante su almacenaje con el fin de mantener una viscosidad lo suficientemente baja para que el material pueda ser bombeado.

DENSIDAD



Equipo para prueba de Peso específico al asfalto.

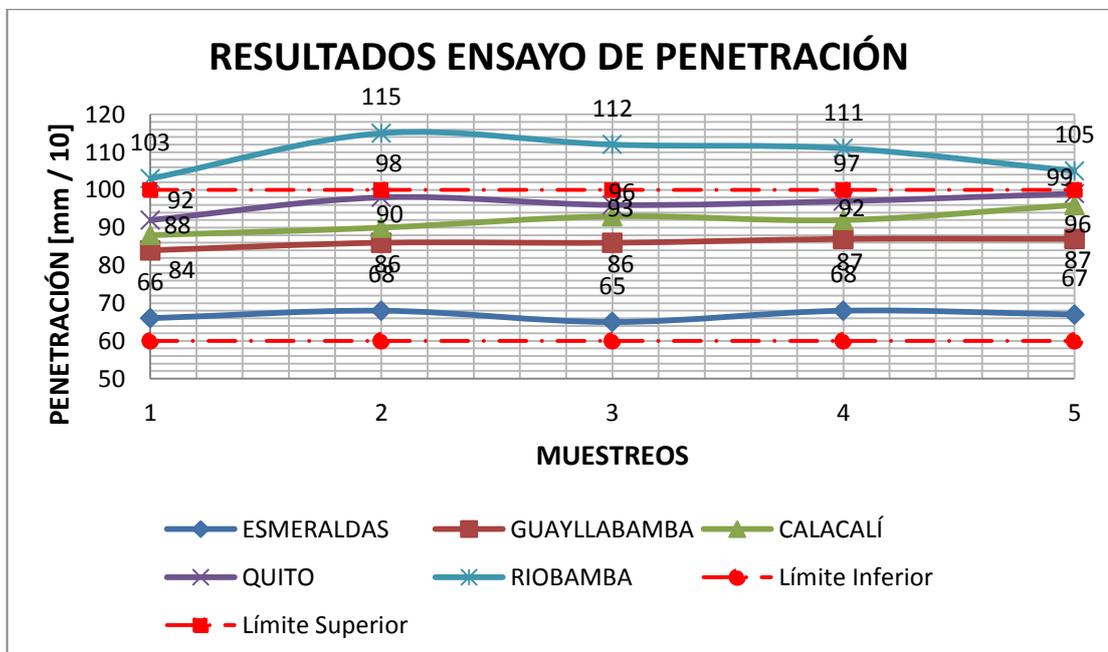
Es la proporción de la masa de cualquier volumen de material a la masa de un volumen igual de agua, ambos a una temperatura determinada. Los resultados para el asfalto, como para el agua, se expresan normalmente en términos de peso específico a una temperatura dada. Esto se debe a que este varía con la expansión y la contracción del cemento asfáltico a diferentes temperaturas.

RESULTADOS

ENSAYO DE PENETRACIÓN

MUESTRA	PRIMER MUESTREO [mm / 10]	SEGUNDO MUESTREO [mm / 10]	TERCER MUESTREO [mm / 10]	CUARTO MUESTREO [mm / 10]	QUINTO MUESTREO [mm / 10]	PROMEDIO [mm / 10]
REFINERÍA DE ESMERALDAS	66	68	65	68	67	66.8
GUAYLLABAMBA	84	86	86	87	87	86
CALACALÍ	88	90	93	92	96	91.8
QUITO	92	98	96	97	99	96.4
RIOBAMBA	103	115	112	111	105	109.2
PROMEDIO GENERAL		90.04		mm/10		

Tabla de resultados



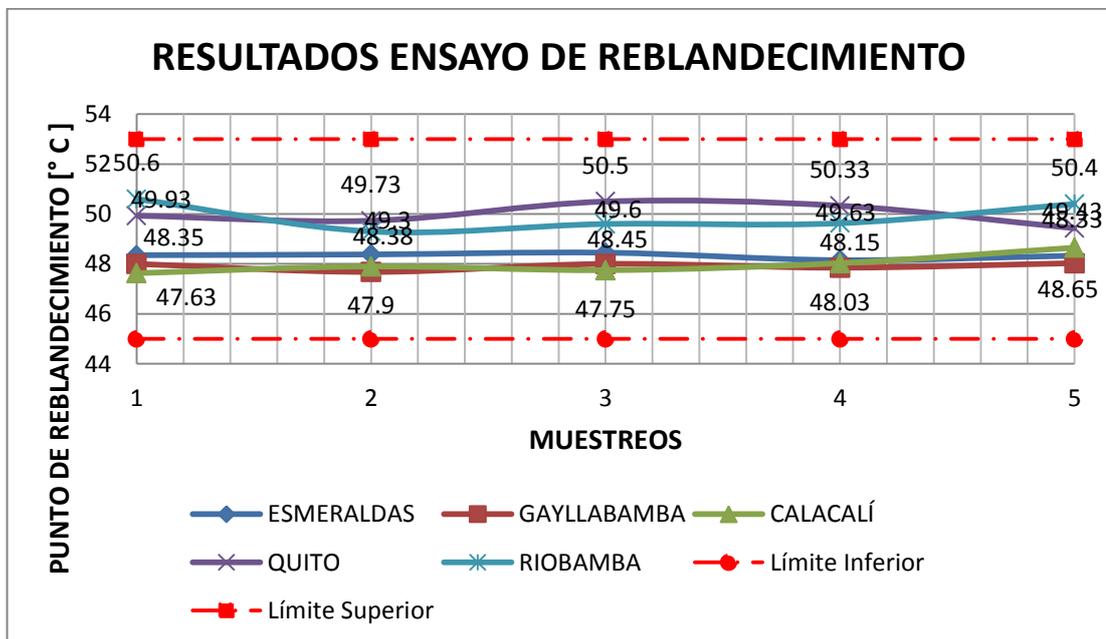
Curva de comportamiento

ENSAYO DE REBLANDECIMIENTO

MUESTRA	PRIMER MUESTREO [°C]	SEGUNDO MUESTREO [°C]	TERCER MUESTREO [°C]	CUARTO MUESTREO [°C]	QUINTO MUESTREO [°C]	PROMEDIO [°C]
REFINERÍA DE ESMERALDAS	48.35	48.38	48.45	48.15	48.33	48.33
GUAYLLABAMBA	48	47.68	48	47.85	48.03	47.91
CALACALÍ	47.63	47.9	47.75	48.03	48.65	47.99
QUITO	49.93	49.73	50.5	50.33	49.43	49.98
RIOBAMBA	50.6	49.3	49.6	49.63	50.4	49.91

PROMEDIO GENERAL	48.82	°C
-------------------------	--------------	-----------

Tabla de resultados

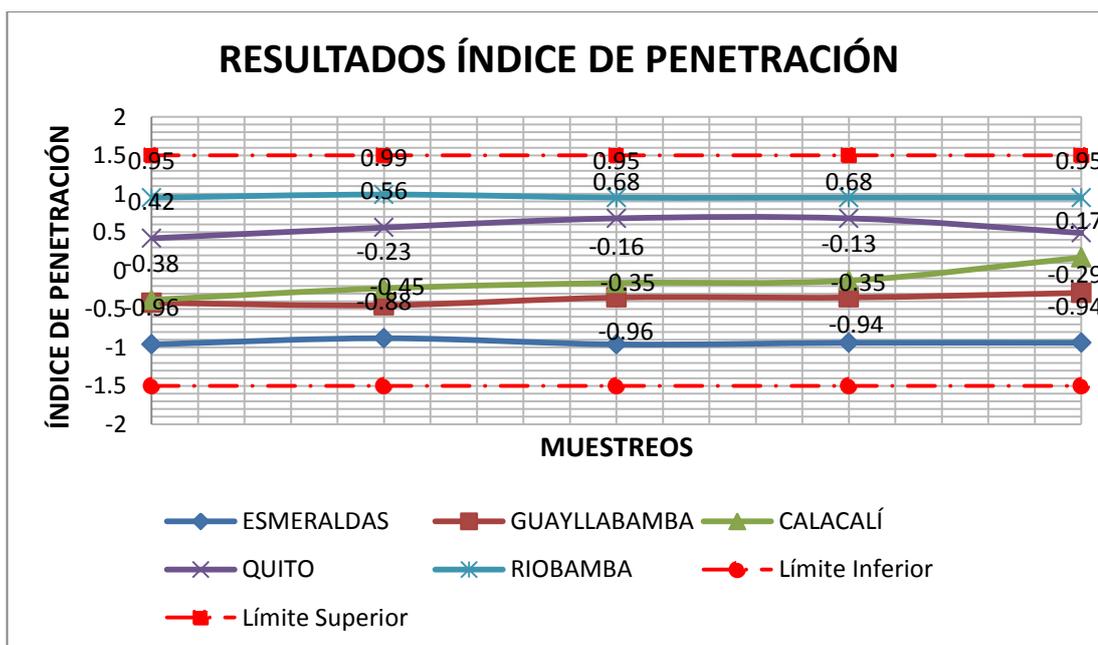


Curva de comportamiento

RESULTADO DEL ÍNDICE DE PENETRACIÓN (*)

MUESTRA	PRIMER MUESTREO	SEGUNDO MUESTREO	TERCER MUESTREO	CUARTO MUESTREO	QUINTO MUESTREO	PROMEDIO
REFINERÍA DE ESMERALDAS	-0.96	-0.88	-0.96	-0.94	-0.94	-0.94
GUAYLLABAMBA	-0.42	-0.45	-0.35	-0.35	-0.29	-0.37
CALACALÍ	-0.38	-0.23	-0.16	-0.13	0.17	-0.15
QUITO	0.42	0.56	0.68	0.68	0.49	0.57
RIOBAMBA	0.95	0.99	0.95	0.95	0.95	0.96
PROMEDIO GENERAL			0.01			

Tabla de resultados



Curva de comportamiento

Nota:

(*) El índice de penetración (IP) se determina a partir del valor de la penetración en mm/10, a 25 °C, 100 gramos y 5 segundos (Pen) y del punto de ablandamiento, °C, por el método de anillo y bola (Tab), según las expresiones siguientes:

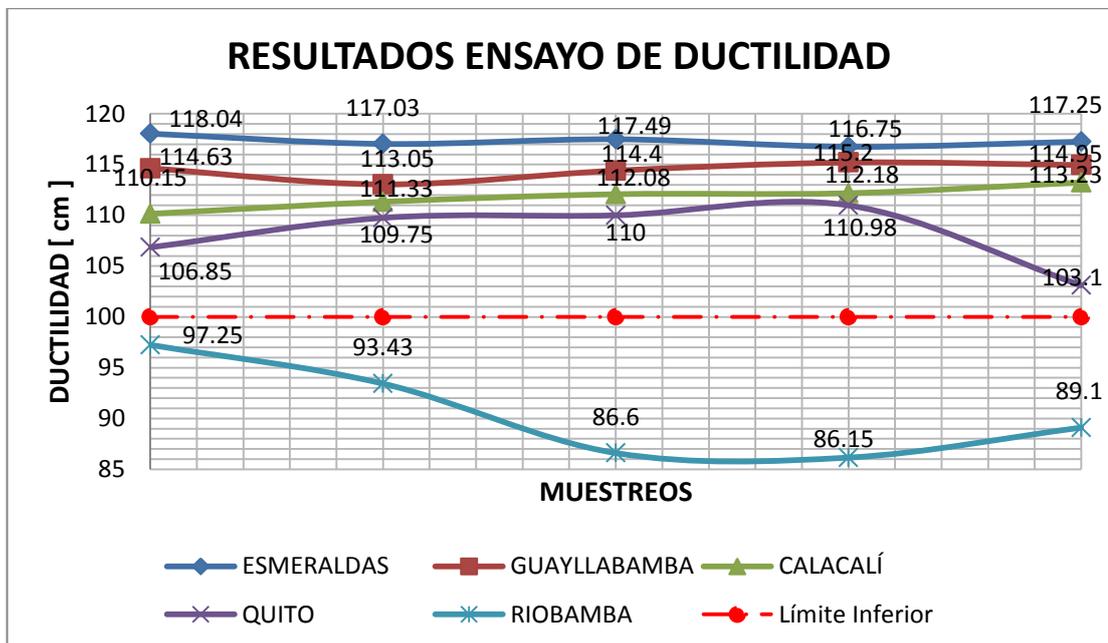
$$A = 50 \cdot \left[\frac{\log 800 - \log Pen}{Tab - 25} \right] ; \quad IP = \frac{20 - 10 \cdot A}{A + 1}$$

ENSAYO DE DUCTILIDAD

MUESTRA	PRIMER MUESTREO [cm]	SEGUNDO MUESTREO [cm]	TERCER MUESTREO [cm]	CUARTO MUESTREO [cm]	QUINTO MUESTREO [cm]	PROMEDIO [cm]
REFINERÍA DE ESMERALDAS	118.04	117.03	117.49	116.75	117.25	117.31
GUAYLLABAMBA	114.63	113.05	114.4	115.2	114.95	114.45
CALACALÍ	110.15	111.33	112.08	112.18	113.23	111.79
QUITO	106.85	109.75	110	110.98	103.1	108.14
RIOBAMBA	97.25	93.43	86.6	86.15	89.1	90.51

PROMEDIO GENERAL	108.44	cm
-------------------------	---------------	-----------

Tabla de resultados

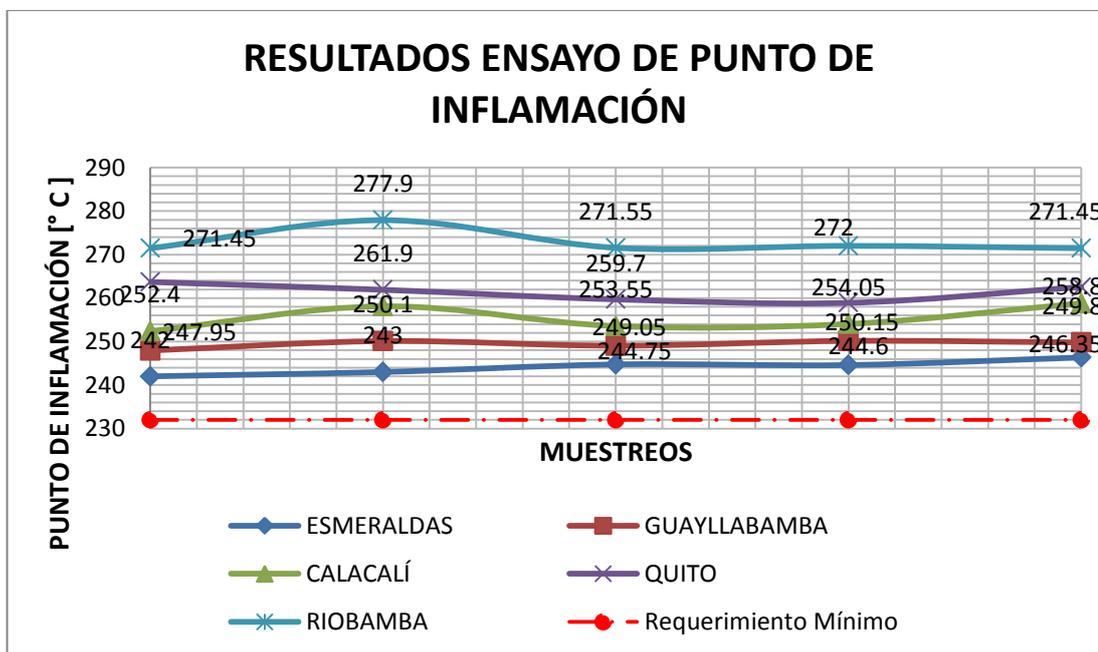


Curva de comportamiento

ENSAYO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN

MUESTRA	PRIMER MUESTREO [°C]	SEGUNDO MUESTREO [°C]	TERCER MUESTREO [°C]	CUARTO MUESTREO [°C]	QUINTO MUESTREO [°C]	PROMEDIO [°C]
REFINERÍA DE ESMERALDAS	242	243	244.75	244.6	246.35	244.14
GUAYLLABAMBA	247.95	250.1	249.05	250.15	249.8	249.41
CALACALÍ	252.4	258.1	253.55	254.05	258.8	255.38
QUITO	263.7	261.9	259.7	258.9	262.55	261.35
RIOBAMBA	271.45	277.9	271.55	272	271.45	272.87
PROMEDIO GENERAL			256.63	°C		

Tabla de resultados



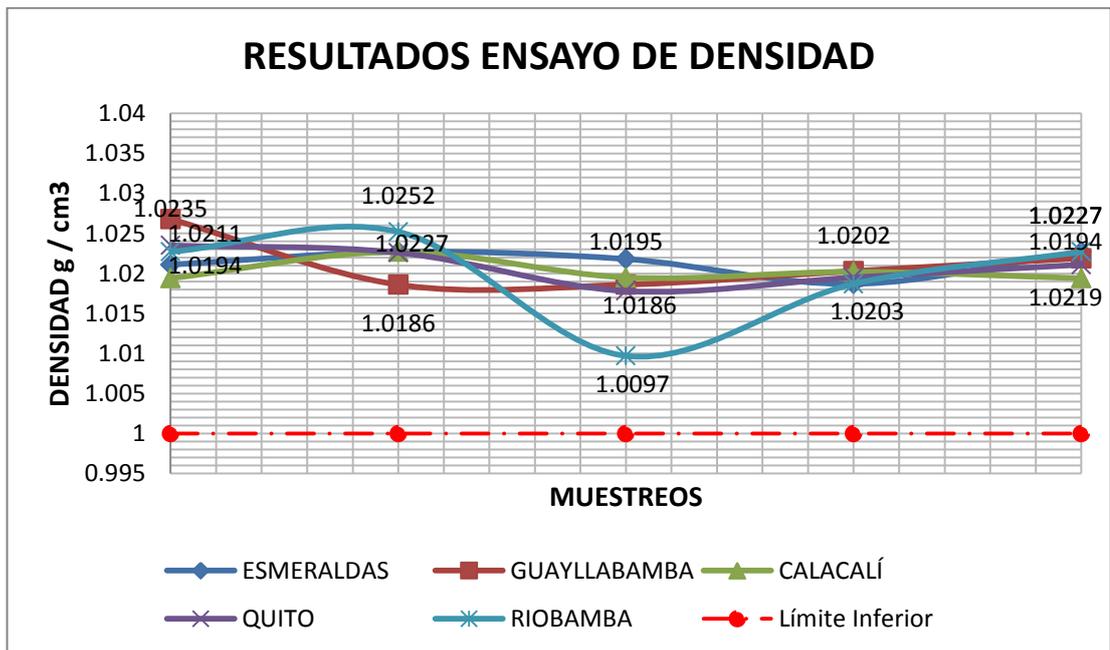
Curva de comportamiento

ENSAYO DE DENSIDAD

MUESTRA	PRIMER MUESTREO [g / cm ³]	SEGUNDO MUESTREO [g / cm ³]	TERCER MUESTREO [g / cm ³]	CUARTO MUESTREO [g / cm ³]	QUINTO MUESTREO [g / cm ³]	PROMEDIO [g / cm ³]
REFINERÍA DE ESMERALDAS	1.0211	1.0227	1.0218	1.0187	1.0227	1.0214
GUAYLLABAMBA	1.0268	1.0186	1.0186	1.0203	1.0219	1.0212
CALACALÍ	1.0194	1.0227	1.0195	1.0202	1.0194	1.0202
QUITO	1.0235	1.0226	1.0178	1.0195	1.0211	1.0209
RIOBAMBA	1.0227	1.0252	1.0097	1.0187	1.0227	1.0198

PROMEDIO GENERAL	1.02	g / cm³
-------------------------	-------------	---------------------------

Tabla de resultados



Curva de comportamiento

CONCLUSIONES

- ⊕ El asfalto que tiene mejores propiedades en base a los resultados obtenidos por medio de los ensayos de laboratorio es el muestreado en la Refinería Estatal de Esmeraldas, dicho asfalto cumple con las especificaciones técnicas que se solicitan en el Manual del MTOP, seguido por el asfalto muestreado en la planta asfáltica de Guayllabamba, luego el asfalto muestreado en Calacalí y por ultimo el de la ciudad de Quito.
- ⊕ El asfalto muestreado en la ciudad de Riobamba no cumple varios de los parámetros exigidos en el Manual del MTOP, lo cual lo convierte en el asfalto de menor calidad de todos los estudiados en la presente investigación, debido a sus bajos resultados que lo convierten en un asfalto muy blando con un índice de penetración cercano a 1 que se interpreta como un asfalto de poca susceptibilidad a la temperatura.
- ⊕ En promedio, el asfalto ecuatoriano cumple con los requerimientos exigidos en el Manual de Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, por lo cual reúne los requisitos para ser utilizado en la elaboración de mezclas asfálticas para capas de rodadura de carreteras de pavimento flexible.
- ⊕ Finalmente se concluye que mientras más lejano del sitio de producción del asfalto se realizó el muestreo, la calidad de este fue disminuyendo debido a que el sitio de refinación prácticamente el asfalto se encuentra en un estado en el cual no ha sido sometido a bruscos y reiterados cambios de temperatura como sí sucede en las plantas asfálticas por medio de los tanques de transporte, almacenamiento y sobre todo durante el proceso de mezclado, lo que conlleva a que tanto la evaporación como la oxidación sean mucho más rápidas.

REFERENCIAS

- [1] Arq. María de Los Ángeles Duarte, Informe de Rendición de cuentas MTOP 2011.
- [2] Asphalt Institute, Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, Serie de manuales No. 22 (MS-22), USA, 1973.
- [3] Asociación de Productores y Pavimentadores Asfálticos de Colombia ASOPAC, Cartilla del asfalto, Bogotá, 2004.
- [4] Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, Mezclas asfálticas modificadas con un elastómero (caucho) y un plastómero, PhD. Fredy Alberto Reyes Lizcano, Bogotá, 2011.
- [5] Ministerio de Transporte y Obras Públicas “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puente, Ecuador, 2002.