

# **“CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL CEMENTO ASFÁLTICO TIPO AC-20 EN LA SIERRA CENTRAL DEL ECUADOR (CIUDADES: QUITO, LATACUNGA, AMBATO, Y RIOBAMBA), MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PENETRACIÓN”**

**Ing. F. Rojas<sup>1</sup>, Ing. H. Bonifaz<sup>1</sup>, K. Aráuz<sup>2</sup>, M. Tamayo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Escuela Politécnica del Ejército, Campus Sangolquí, Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador.

E-mail: [frojas@espe.edu.ec](mailto:frojas@espe.edu.ec), [hbonifaz@espe.edu.ec](mailto:hbonifaz@espe.edu.ec)

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Civil, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Escuela Politécnica del Ejército, Campus Sangolquí, Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador.

E-mail: [karlyarauz@hotmail.com](mailto:karlyarauz@hotmail.com), [maritg88@hotmail.com](mailto:maritg88@hotmail.com)

## **RESUMEN**

La investigación: “Caracterización y análisis del Cemento Asfáltico tipo AC-20 en la sierra central (ciudades: Quito, Latacunga, Ambato, y Riobamba), mediante la determinación del Índice de Penetración”, pretende servir de referencia como una herramienta de gestión para la evaluación del cemento asfáltico siendo el material básico para la elaboración de hormigón asfáltico.

Por esta razón el desarrollo del presente trabajo se ha focalizado en el proceso de estandarización de toma de muestras en las plantas productoras de asfalto, clasificación de las propiedades físico-químicas mediante ensayos realizados en el Laboratorio de Asfaltos de la ESPE, tomando como referencias normativas ASTM.

De los resultados obtenidos se realizó un análisis comparativo para verificar si las muestras satisfacen los requerimientos según los parámetros establecidos por el Manual de Especificaciones Técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

## **ABSTRACT**

Research: "Characterization and analysis of asphalt cement type AC-20 in the central region (cities: Quito, Latacunga, Ambato and Riobamba), by determining penetration index, a reference and management tool for asphalt cement evaluation, being the basic material for the production of asphalt concrete.

For this reason the development of this study has focused on the process of sampling standardization in asphalt production plants, classification of physicochemical properties by tests conducted in Asphalt's Laboratory at ESPE, having as a reference the ASTM standards.

From obtained results, was performed a comparative analysis to verify if samples accomplish requirements according to the parameters established by Technical Specifications Manual of Transport and Public Works Ministry.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Realizar la caracterización y análisis del cemento asfáltico Tipo AC-20 en la sierra central (Ciudades: Quito, Ambato, Latacunga y Riobamba) con muestras tomadas en campo, mediante la determinación del índice de penetración.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estandarizar los procesos de toma de muestras de asfalto en empresas constructoras dedicadas a la construcción de carreteras en base a cemento asfáltico.
- Realizar los ensayos de penetración y reblandecimiento, conjuntamente con la determinación del índice de inflamación a los asfaltos tomando como referencia la normativa ASTM.
- Verificar el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el Manual de Especificaciones para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP-001-F 2002), Capítulo 800 -Materiales-, Sección 810 –Asfaltos y productos asfálticos-, a fin de establecer si el asfalto utilizado en la construcción de vías en el país cumple o no con la normativa establecida.

## **TRABAJO REALIZADO**

Los ensayos se realizaron mediante las referencias normativas que se muestran a continuación:

ENSAYOS	UNIDAD	NORMAS	
		ASTM	INEN
Penetración a 25°C, 100g. 5s.	0.1 mm.	D-5	NTE INEN 917
Punto de Ablandamiento: Método anillo y bola	°C	D-36	NTE INEN 920
Punto de Inflamación: Vaso Cleveland	°C	D-92	NTE INEN 808

FUENTE: ASTM. INEN  
Elaborado por: Karla Aráuz. Maritza Tamayo, 2013

Para la obtención de muestras representativas de asfalto, se tomaron en distintas fechas, según la producción de cada planta asfáltica. Para el muestreo se ha tomado como referencia la Norma ASTM-D 140-09 de Muestreo de Materiales Bituminosos.

SEMANA	MUESTRAS		
	Lugar	Identificación	Fecha de toma
28 Febrero - 03 Marzo	Latacunga	HCC 001	28/02/2013
	Ambato	AO 001	01/03/2013
	Latacunga	HCC 002	03/03/2013
	Latacunga	HCC 003	04/03/2013
	Latacunga	HCC 004	06/03/2013
	Quito	CH001	07/03/2013
08 Marzo - 19 Marzo	Latacunga	HCC 005	08/03/2013
	Quito	CH 002	09/03/2013
	Latacunga	HCC 006	10/03/2013
	Riobamba	CV 001	11/03/2013
	Quito	CH 003	12/03/2013
	Ambato	AO 002	13/03/2013
	Latacunga	HCC 007	14/03/2013
	Ambato	AO 003	15/03/2013
	Riobamba	CV 002	16/03/2013
	Riobamba	CV 003	19/03/2013
20 Marzo - 30 Marzo	Quito	CH 004	20/03/2013
	Quito	CH 005	21/03/2013
	Riobamba	CV 004	22/03/2013
	Ambato	AO 004	23/03/2013
	Ambato	AO 005	24/03/2013
	Latacunga	HCC 008	25/03/2013
	Latacunga	HCC 009	26/03/2013
	Riobamba	CV 005	27/03/2013
	Riobamba	CV 006	29/03/2013
	Riobamba	CV 007	30/03/2013
01 Abril - 12 Abril	Quito	CH 006	02/04/2013
	Latacunga	HCC 010	06/04/2013
	Riobamba	CV 008	08/04/2013
	Ambato	AO 006	09/04/2013
	Quito	CH 007	11/04/2013
	Ambato	AO007	12/04/2013
13 Abril - 26 Abril	Ambato	AO 008	16/04/2013
	Quito	CH 008	17/04/2013
	Ambato	AO 009	18/04/2013
	Quito	CH 009	19/04/2013
	Quito	CH 010	22/04/2013
	Ambato	AO 010	23/04/2013

Fechas de Muestreo de Asfalto

**Detalle de resultados:**  
**1.- Ensayo de Penetración**

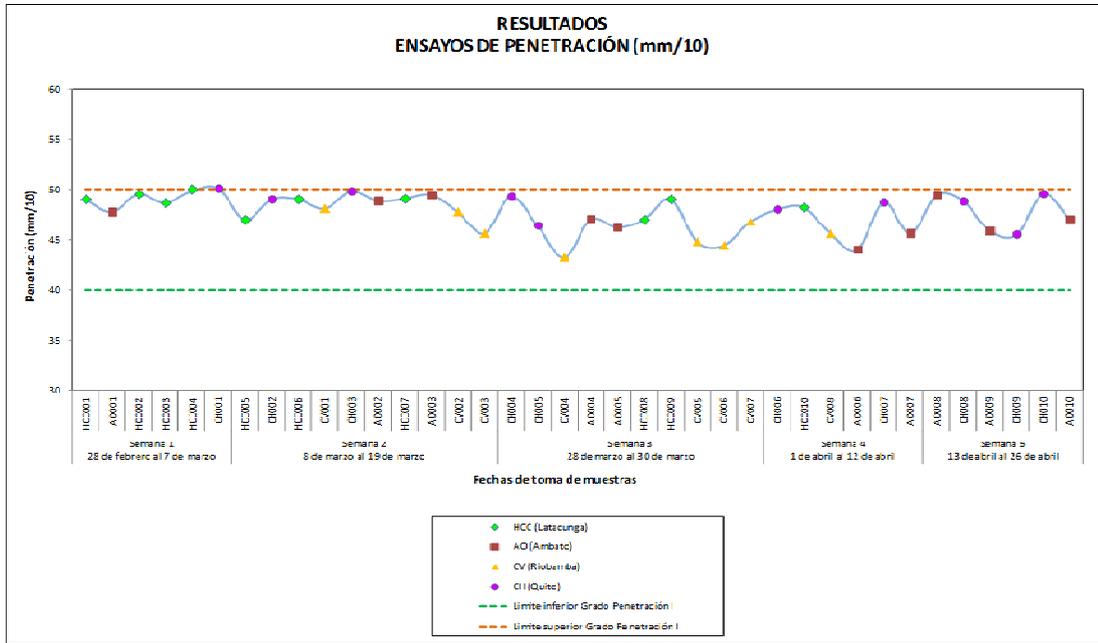


Gráfico de Resultados Ensayo de Penetración en la Sierra-Central

<b>RESULTADOS GENERALES ENSAYO DE PENETRACIÓN (mm/10)</b>				
UBICACIÓN	QUITO	LATACUNGA	AMBATO	RIOBAMBA
PROMEDIO	49	49	47	46
<b>PROMEDIO ZONA SIERRA-CENTRAL DEL ECUADOR = 48</b>				

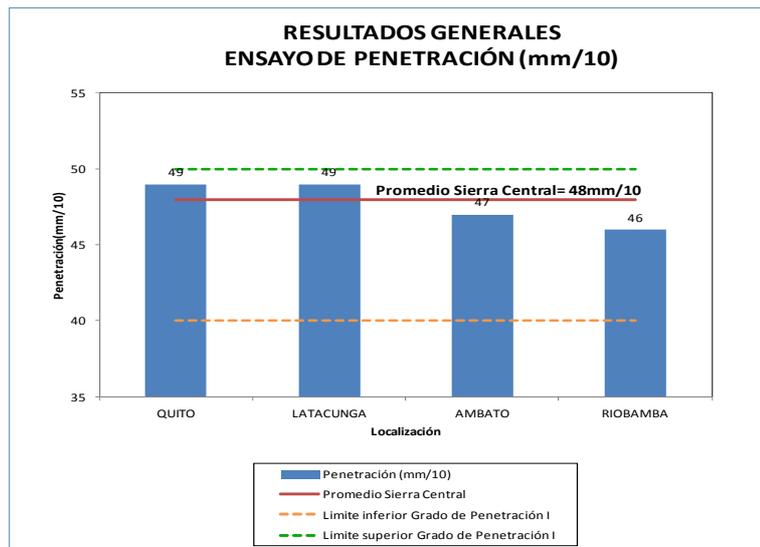


Gráfico 1. Resultados generales Ensayo de Penetración

- Según la clasificación por grados de penetración de acuerdo a la norma ASTM-946, el rango se encuentra entre 40 y 50 (mm/10), que corresponde al Cemento Asfáltico Grado I.
- Todas las muestras de asfalto analizadas en este estudio se encuentran dentro del rango de Grado de Penetración I, tendiendo al límite superior 50 (mm/10).
- El valor promedio de las muestras tomadas en la Sierra-Central es de 48 (mm/10), el cual se encuentra próximo al límite superior.
- Las muestras de las ciudades de Quito y Latacunga con un promedio de 49(mm/10), son más blandas que las muestras de Ambato y Riobamba con un promedio de 47 y 48 (mm/10) respectivamente.
- El asfalto de Riobamba con un promedio de 46 (mm/10), es la muestra de menor penetración, por lo cual se considera un asfalto de mayor consistencia, más duro

## 2.- Ensayo de Reblandecimiento

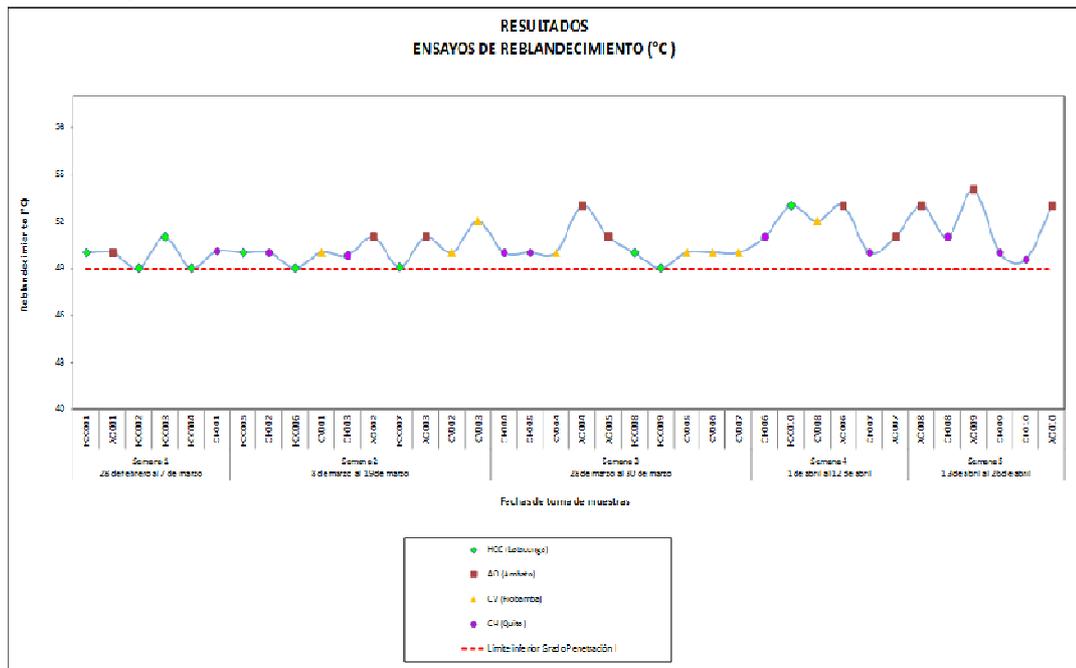


Gráfico de Resultados Ensayo de Reblandecimiento en la Sierra-Central

RESULTADOS GENERALES ENSAYO DE REBLANDECIMIENTO (°C)				
UBICACIÓN	QUITO	LATACUNGA	AMBATO	RIOBAMBA
PROMEDIO	50	51	52	51
<b>PROMEDIO ZONA SIERRA-CENTRAL DEL ECUADOR = 51</b>				

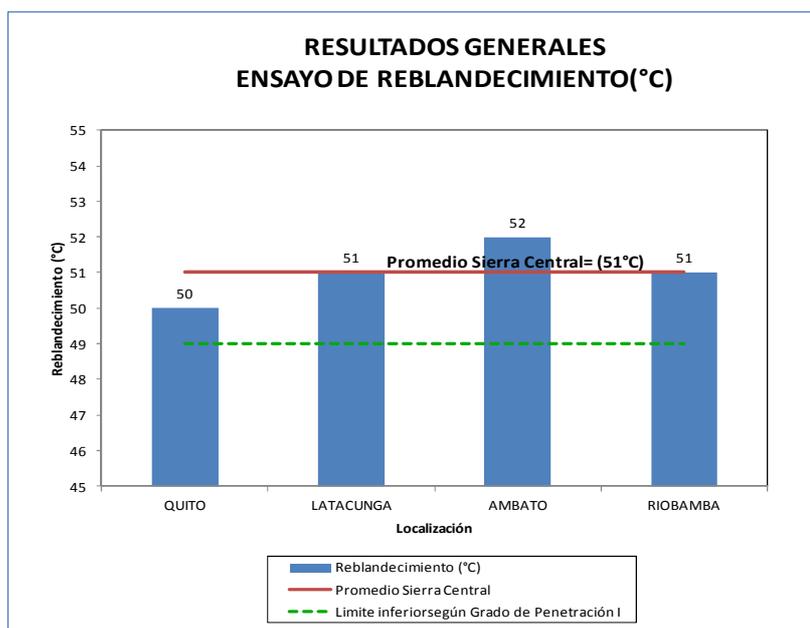


Gráfico 2. Resultados generales Ensayo de Reblandecimiento

- Según la clasificación por grados de penetración de acuerdo a la norma ASTM-946, el límite inferior para el punto de reblandecimiento es 49 (°C), sin un límite superior, que corresponde al Cemento Asfáltico Grado I.
- Todas las muestras de asfalto analizadas en este estudio se encuentran en la clasificación según el Grado de Penetración I, tendiendo al límite inferior del punto de reblandecimiento 49 (mm/10)
- El valor promedio de las muestras tomadas en la Sierra-Central es de 51 (°C), el cuál se encuentra por encima del límite inferior según el Grado de Penetración I
- El asfalto de Quito con un promedio de 50°C, es la muestra de menor punto de reblandecimiento, por lo tanto es más susceptible a los cambios de temperatura y tiene menor resistencia a la deformación.
- Las muestras de Latacunga y Riobamba, se encuentran en el promedio de la Sierra-Central 51(°C).
- El asfalto de Ambato con un punto reblandecimiento de 52(°C), se encuentra por encima del promedio de la Sierra-central 51 (°C), es la muestra con el mayor punto de reblandecimiento por lo tanto presenta un buen desempeño ante los cambios de temperatura y tiene mayor resistencia a la deformación.

### 3.- Índice de penetración IP

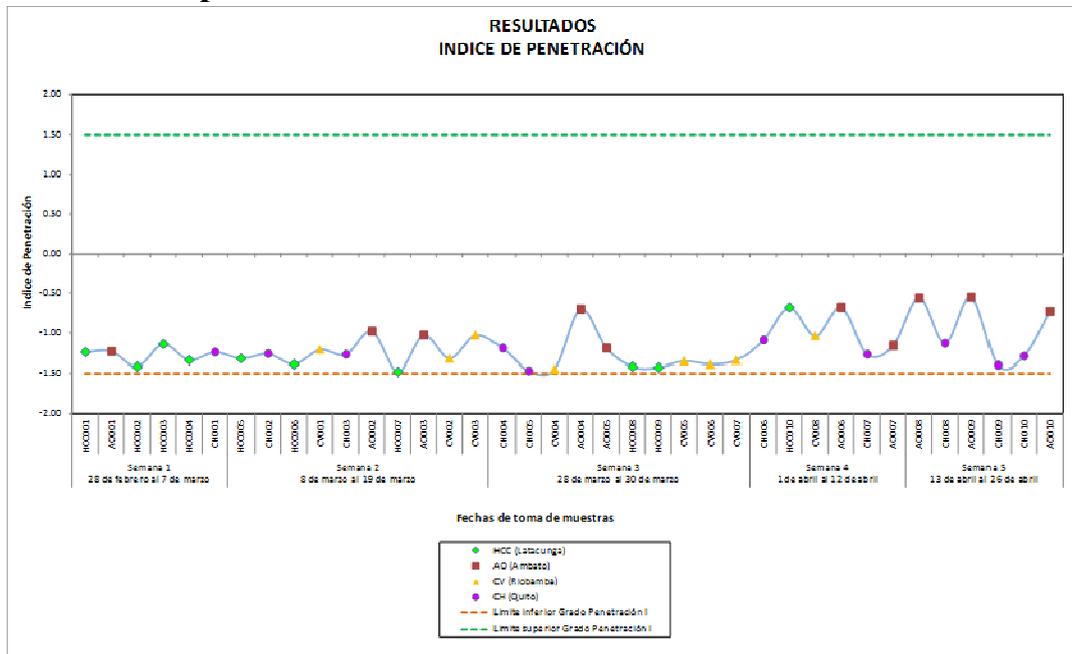


Gráfico de Resultados índice de Penetración en la Sierra-Central

<b>RESULTADOS GENERALES INDICE DE PENETRACIÓN</b>				
UBICACIÓN	QUITO	LATACUNGA	AMBATO	RIOBAMBA
PROMEDIO	-1.26	-1.28	-0.87	-1.27
<b>PROMEDIO ZONA SIERRA-CENTRAL DEL ECUADOR = -1.17</b>				

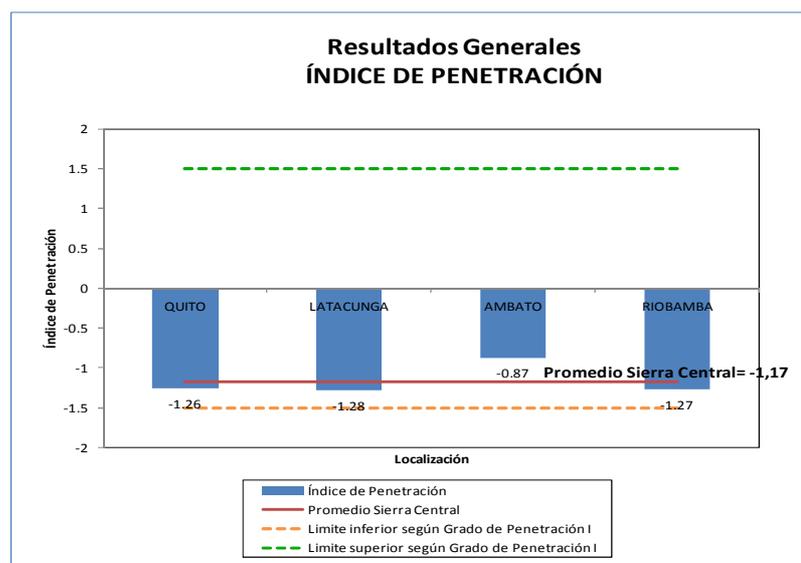


Gráfico 3. Resultados generales Índice de Penetración

- Según la clasificación por grados de penetración de acuerdo a la norma ASTM-946, el límite inferior del Índice de Penetración es -1.5 y el límite superior es +1.5, que corresponde al Cemento Asfáltico Grado I.
- Todas las muestras de asfalto analizadas en este estudio se encuentran en la clasificación según el Grado de Penetración I, tendiendo al límite inferior del IP = -1,5.
- Las muestras de Quito, Latacunga, Ambato y Riobamba con Índices de Penetración -1.26, -1.28, -0.87 y -1.27, respectivamente, tienen valores negativos, por lo tanto son más susceptibles a la temperatura, ricos en resinas y con comportamiento algo viscoso.

#### 4.- Ensayo para determinar el Punto de Inflamación.

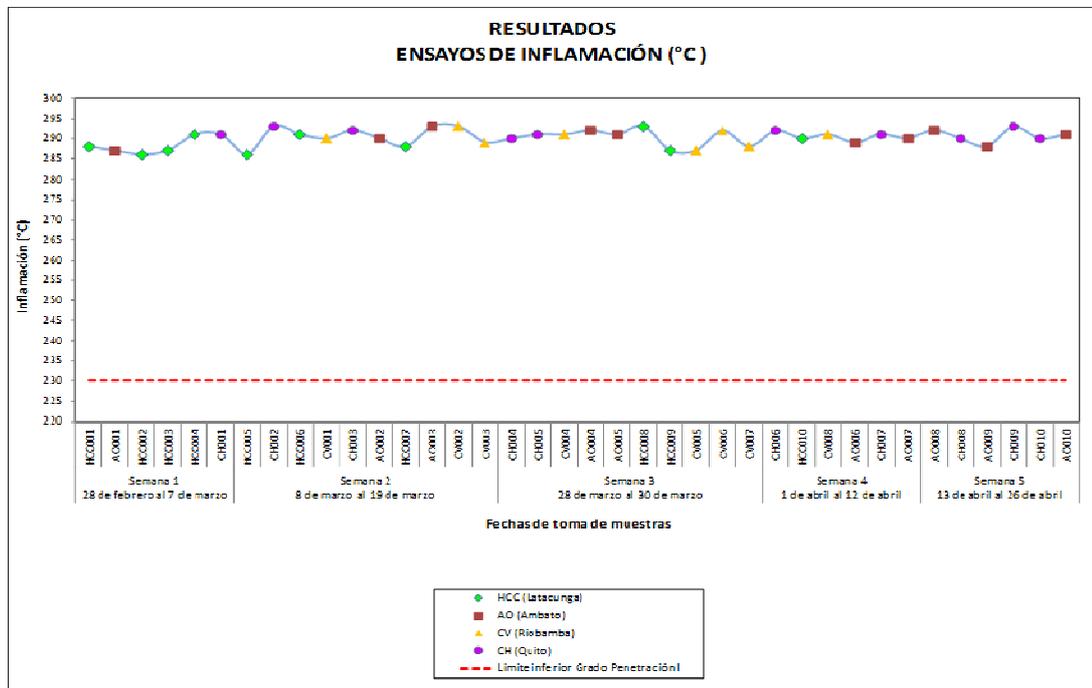


Gráfico de Resultados Punto de Inflamación en la Sierra-Central

RESULTADOS GENERALES ENSAYO DE INFLAMACIÓN (°C)				
UBICACIÓN	QUITO	LATACUNGA	AMBATO	RIOBAMBA
PROMEDIO	291	289	290	290
<b>PROMEDIO ZONA SIERRA-CENTRAL DEL ECUADOR = 290</b>				

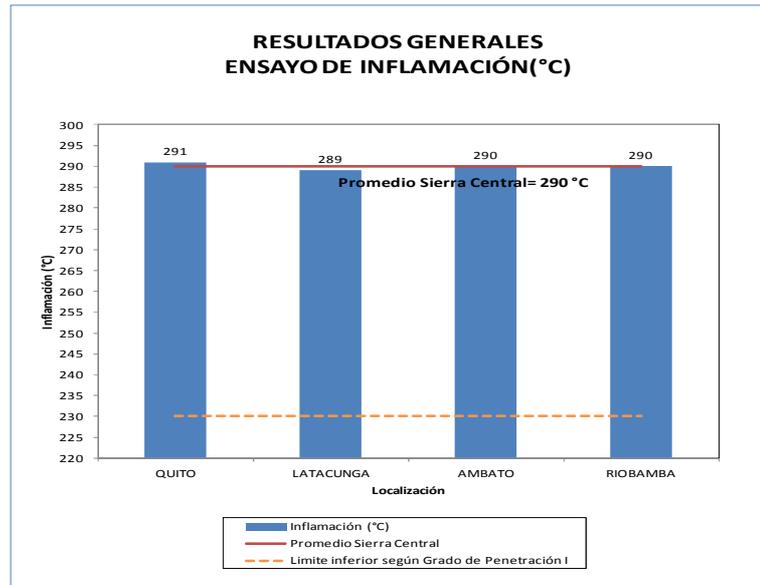


Gráfico 4. Resultados generales Ensayo Punto de Inflamación

- Según la clasificación por grados de penetración de acuerdo a la norma ASTM-946, el límite inferior para el punto de reblandecimiento es 230 (°C), sin un límite superior, que corresponde al Cemento Asfáltico Grado I.
- Todas las muestras de asfalto analizadas en este estudio se encuentran en la clasificación según el Grado de Penetración I, distantes del límite inferior.
- El valor promedio de las muestras tomadas en la Sierra-Central es de 290 (°C).
- Las muestras de Quito, Latacunga, Ambato y Riobamba con un Punto de Inflamación de 291, 289, 290 y 290, respectivamente, superan ampliamente el límite inferior, por lo cual requieren de una mayor temperatura para que inicie su combustión.

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El cemento asfáltico empleado en la investigación, realizado con muestras de las plantas asfálticas en la Sierra-Central (Quito, Latacunga, Ambato, Riobamba), se lo caracterizará de acuerdo a los valores mínimos y máximos que nos presentan las normas ASTM y se verificará con los parámetros que exige el MOP-001-F 2002.

CUADRO DE RESULTADOS GENERALES						
ENSAYOS	VALORES OBTENIDOS				CLASIFICACIÓN	REQUISITOS
	MUESTRAS					
	QUITO	LATACUNGA	AMBATO	RIOBAMBA		
					CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS SEGÚN NORMAS ASTM	VALORES DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOP - 001 - F 2000
Penetración a 25°C, 100g., 5s.	49	49	47	46	Grado de penetración: I (40-50) mínimo: 40mm/10 máximo: 50 mm/10	Grado de penetración: (60-70) mínimo: 60mm/10 máximo: 70 mm/10
Reblandecimiento T(°C)	50	50	52	51	Grado de penetración: I (40-50) mínimo: 49 °C máximo: ----	Grado de penetración: (60-70) mínimo: 48 °C máximo: 57 °C
Índice de Penetración	-1.26	-1.28	-0.87	-1.27	Grado de penetración: I (40-50) mínimo: - 1.5 máximo: + 1.5	Grado de penetración: (60-70) mínimo: - 1.5 máximo: + 1.5
Inflamación T(°C)	291	289	290	290	Grado de penetración: I (40-50) mínimo: 230 °C máximo: ----	Grado de penetración: (60-70) mínimo: 232 °C máximo: ---

FUENTE: ASTM. MOP-001-F 2000  
Elaborado por: Karla Aráuz. Maritza Tamayo, 2013

- De acuerdo a la normativa ASTM D-946: Las muestras ensayadas tienen UN GRADO I, penetración (40-50), ya que los valores obtenidos se encuentran dentro de este rango.
- De acuerdo a las especificaciones técnicas del MOP-001-F 2002: Las muestras ensayadas no se encuentran dentro de los parámetros de Penetración que exige como mínimo este manual para la elaboración de mezclas asfálticas.

## CONCLUSIONES

- Se caracterizó al cemento asfáltico Tipo AC-20 con muestras tomadas en 4 plantas asfálticas de la Sierra-Central (Quito, Latacunga, Ambato, Riobamba), mediante los resultados de los ensayos de Penetración, Reblandecimiento e Inflamación, concluyendo que: según la clasificación por los Grados de Penetración, son Grado I (40-50 mm/10).
- Se estableció un proceso de toma de muestras en el lugar de producción de asfalto, que se las debe tomar cuando el tanquero arriba a la planta antes de ingresar a los tanques almacenamiento.
- Se verificó el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos por el MOP-001-F 2002, estableciendo que el asfalto de los sitios de muestreo no cumple con los requisitos que exige la normativa, ya que el mínimo especificado es Penetración Grado 60-70 (mm/10)
- Los cambios sucesivos de temperatura, calentamiento y enfriamiento del asfalto, tanto en la salida, traslado y arribo desde la refinería hasta la planta, afectan a las propiedades físico-mecánicas, ya que en las especificaciones de salida consta que tiene penetración 60-70 (mm/10) y los resultados obtenidos son 40-50 (mm/10).

- Se ha demostrado que la distancia desde que inicia el traslado del asfalto en la Refinería hacia cualquier lugar en la Sierra-Central, no es factor determinante para el envejecimiento del asfalto, ya que las distancias son relativamente cortas.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe realizar un estricto control de calidad en el proceso de refinación del asfalto.
- Es indispensable un control eficaz al distribuir el asfalto en los tanqueros, tal que la temperatura no debe exceder de los 165°C.
- Para construcción vial todas las empresas deberían realizar ensayos de control de calidad para verificar si las características del asfalto cumplen con los requerimientos establecidos.
- De acuerdo a los requerimientos del MOP para la construcción de carreteras, se suele aditivar al asfalto, para mejorar la penetración, es decir como parámetro mínimo 60-70 (mm/10)
- Para tener un punto de reblandecimiento mayor se puede modificar al asfalto con polímeros, esto se utiliza en lugares donde haya cambios bruscos de temperatura.
- De acuerdo al uso que se le vaya dar al asfalto es importante mantener un equilibrio entre la penetración y el punto de reblandecimiento, ya que una penetración elevada disminuye el punto de reblandecimiento y viceversa.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar, S. (8 de Agosto de 2012). *Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramerica*. Obtenido de <http://www.andes.info.ec/es/quinquenio-de-la-revoluci%C3%B3n-ciudadana-actualidad-reportajes/4974.html>
- *asopac*. (5 de Abril de 2010). Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/30910576/cartilla-de-asfalto>
- Castell, X. (2002). *Reciclaje de residuos industriales: Aplicación a la fabricación de materiales de construcción*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- *El asfalto*. (9 de Julio de 2002). Obtenido de <http://asfaltoenobracivil.blogspot.com/2012/07/5-obtencion-del-asfalto-en-refinerias.html>
- Fernández del Campo, J. (2002). *Pavimentos bituminosos en frío*. Madrid: Ediciones de Reverte.
- Garber, N. y. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras* (Tercera ed.). México: Cengage Learning.
- Hugon, A. y. (2002). *Técnicas de Construcción*. Madrid: Ediciones de Reverte.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1996). *NTE INEN 2060:1996*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *NTE INEN 2515:2010*.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *NTE INEN 917:1982*.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2002). *Manual de Especificaciones para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP-001-F2002). Capítulo 800 -Materiales-, Sección 810- Asfaltos y Productos Asfálticos*.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2011). *Dirección de Conservación del Transporte*.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2011). *Rendición de cuentas*.
- Reyes, F. (2003). *Diseño Racional de Pavimentos*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.