

INFLUENCIA DE ADITIVOS MEJORADORES DE ADHERENCIA EN LA RESISTENCIA DE HORMIGONES ASFÁLTICOS DISEÑADOS CON AGREGADOS PROVENIENTES DE LAS CANTERAS DE PINTAG Y GUAYLLABAMBA

Franco Rojas Ruales, Msc.¹, Hugo Bonifaz García, Ing.², Carlos Curco Arrieta, Est.³, Byron León Lincango, Est.⁴

1 ESPE, Ecuador, fhrojas@espe.edu.ec

2 ESPE, Ecuador, hfbonifaz@espe.edu.ec

3 ESPE, Ecuador, ecuarlosisaac037@hotmail.com

4 ESPE, Ecuador, byron_salvador@hotmail.com

RESUMEN

El proyecto de tesis “ **Influencia De Aditivos Mejoradores De Adherencia En La Resistencia De Hormigones Asfálticos Diseñados Con Agregados Provenientes De Las Canteras De Pintag Y Guayllabamba** ”, tiene como finalidad brindar al lector una guía técnica acerca del uso de los aditivos promotores de adherencia, su uso, dosificación, principales beneficios y ventajas de su incorporación en mezclas asfálticas en caliente, para el efecto se han obtenido áridos provenientes de las canteras de las parroquias de Pintag y Guayllabamba, que por su ubicación geográfica son de vital importancia en el desarrollo de la ciudad de Quito.

PALABRAS CLAVES:

Hormigones asfálticos, influencia, aditivos, adherencia, mezclas, efectos.

ABSTRACT

The current research “ **Adherence Enhancing Additives Influence For Asphalt Concrete Resistance Together With Additives From Pintag And Guayllabamba Quarries** ”, pretends to provide a technical guide to the use of adhesion promoter additives, their uses, dosages, main benefits and main advantages at being incorporated in hot asphalt mixtures. For this we have obtained Pintag and Guayllabamba arids, which due to their geographic location are vital for the city of Quito development.

KEY WORDS:

Asphalt Concrete, Influence, Additives, Adherence, Mixtures, Advantages.

INTRODUCCIÓN

Las vías son un factor clave en el desarrollo económico de los países, a más que se deben considerar los efectos locales positivos que conllevan la implementación o mejoramiento de la Red Vial Nacional como son el crecimiento y reordenamiento demográfico, dinamización del comercio, disminución del tiempo de recorrido entre dos puntos geográficos, entre otros; en este sentido el mejoramiento de las carreteras afecta positivamente al crecimiento social y económico de la zona afectada.

Lamentablemente en su conjunto, el funcionamiento de muchas de las obras viales existentes no es óptimo, particularmente las capas de rodadura presentan problemas recurrentes de calidad y durabilidad, presentándose daños prematuros en las calzadas, aparición de “baches” producto de la disgregación de los componentes del hormigón asfáltico, lo cual se traduce en congestión vehicular excesiva, accidentes de tránsito, aumento en gastos de reparaciones y mantenimientos vehiculares, disminución en la calidad de vida de los usuarios de las carreteras, para lo cual, las entidades gubernamentales incurren en el uso de altos presupuestos para la realización de frecuentes reparaciones de las capas de rodadura, esto implica una gran

inversión económica estatal; por lo que mediante la implementación de nuevos diseños de mezclas asfálticas mejoradas con aditivos promotores de adherencia se esperan obtener mezclas asfálticas más estables y duraderas, en consecuencia de lo cual los costos de operación y mantenimiento se verían reducidos.

ACTUALIDAD DEL TEMA A INVESTIGAR

Por la coyuntura política que vive el Ecuador, actualmente se ha dado una gran importancia al mejoramiento de la Red Vial Nacional, por una parte con la construcción y ampliación de carreteras y por otra con los trabajos de mantenimiento vial que necesariamente se deben dar a la infraestructura ya existente, es necesario implementar técnicas y procedimientos constructivos innovadores que abaraten los costos de inversión por parte del Estado Ecuatoriano, innegablemente estos deben estar necesariamente encaminados a mejorar la calidad del asfalto ecuatoriano, que de por sí solo, no presenta las características mínimas requeridas para su utilización en la fabricación de concretos asfálticos. La opción a corto plazo sería la utilización de algún aditivo que mejore las características del cemento asfáltico, independientemente que sea un polímero o promotor de adherencia, ya que la importación de mejores ligantes resultaría muy costoso. Ahora bien la elección del mejor producto a utilizar estaría supeditada a un estudio más pormenorizado de las características que se requieran mejorar.

MARCO TEÓRICO

AGREGADOS

Los agregados contemplados para esta investigación, como se mencionó anteriormente fueron obtenidos de las canteras de Pintag y Guayllabamba, con un tamaño máximo nominal de ½ plg. Para el caso de los agregados gruesos, y para la arena un tamaño máximo nominal de 3/8 plg., los ensayos realizados en lo áridos fueron cumplidos de acuerdo a las normas de la Asociación Norteamericana ASTM, las mismas que a continuación se describen:

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADOS (ASTM C127, ASTM C128)

Tabla 1: Resultados de ensayo de gravedad específica.

DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGUA DE AGREGADOS		
CANTERA: PINTAG		
GRAVA	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SECAS	2,27 g/cm ³
	ABSORCIÓN DE AGUA	4,10 %
ARENA	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SECAS	2,29 g/cm ³
	ABSORCIÓN DE AGUA	5,37 %

DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGUA DE AGREGADOS		
CANTERA: GUAYLLABAMBA		
GRAVA	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SECAS	2,51 g/cm ³
	ABSORCIÓN DE AGUA	2,66 %
ARENA	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SECAS	2,39 g/cm ³
	ABSORCIÓN DE AGUA	5,12 %

EQUIVALENTES DE ARENA EN SUELOS Y AGREGADO FINO (ASTM D2419)

Tabla 2: Resultados de ensayo de equivalente de arena.

EQUIVALENTES DE ARENA EN SUELOS Y AGREGADO FINO		
PINTAG	EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO	69,00 %
GUAYLLABAMBA	EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO	72,50 %

ENSAYO DE ABRACIÓN (ASTM C131)

Tabla 3: Resultados de ensayo de abrasión.

ENSAYO DE ABRACIÓN		
PINTAG	DESGASTE DEL MATERIAL	26,61 %
GUAYLLABAMBA	DESGASTE DEL MATERIAL	29,98 %

GRANULOMETRÍA (ASTM C136)

Para la selección de la mezcla de áridos de Pintag se llegó a determinar una mezcla de 70% de arena y un 30% de grava, sin embargo en el caso de Guayllabamba a pesar de tener una combinación de tres agregados no se llegó a cumplir con los requerimientos estipulados, por lo cual se procedió a abrir la muestra del material en cada uno de los tamices componentes y se construyó una curva granulométrica ideal tomando los valores medios de las especificaciones.

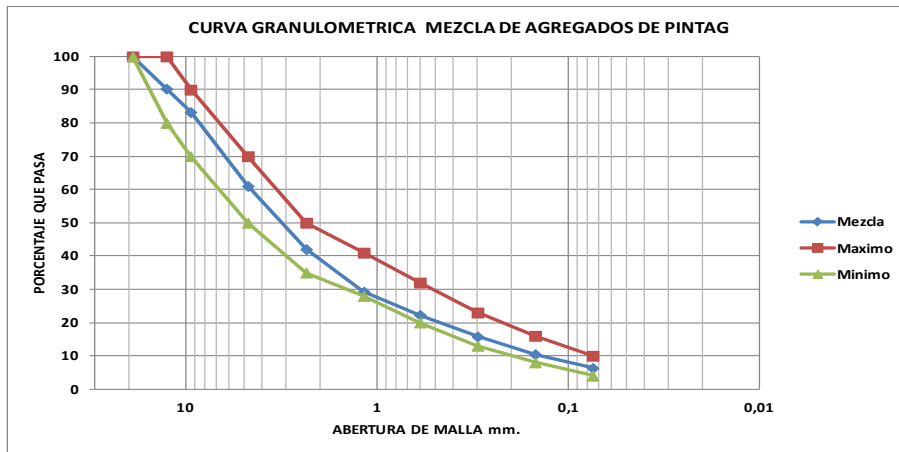


Figura 1: Granulometría de Pintag.

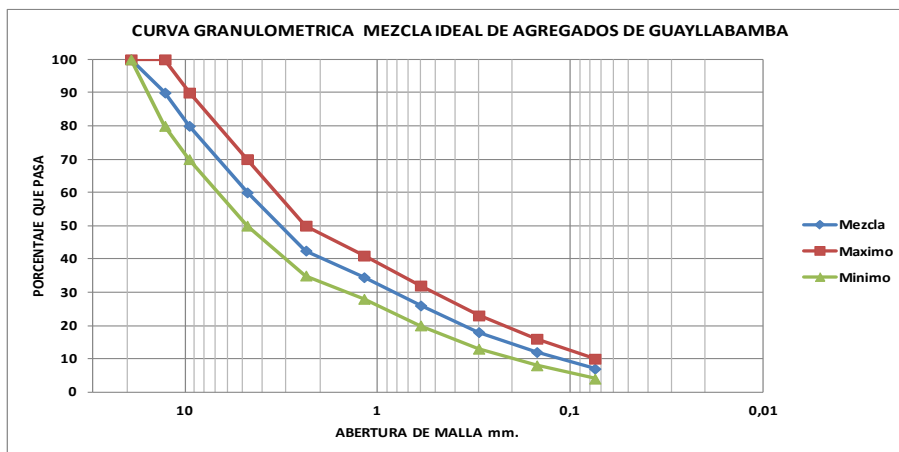


Figura 2: Granulometría de Guayllabamba.

GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM 2041)

Tabla 4: Resultados de ensayo de gravedad específica teórica máxima.

GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA		
PINTAG	Gmm =	2,142 gr/cm ³
GUAYLLABAMBA	Gmm =	2,330 gr/cm ³

CEMENTO ASFÁLTICO

En nuestro País la Refinería de Esmeraldas es la única planta industrial que provee de este material a las distintas empresas y plantas de mezclado; el asfalto más usualmente empleado en la fabricación de carpetas de rodadura es el de clasificación AC-20 siendo este el seleccionado para la realización de los ensayos.

ADITIVOS MEJORADORES DE ADHERENCIA

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.

Tabla 5: Resumen de dosificaciones de los aditivos.

ADITIVO	DOSIFICACIONES		
	% PESO DEL ASFALTO		
A	0,50	0,75	1,00
B	0,50	0,75	1,00
C	0,050	0,075	0,100

Actualmente se han desarrollado aditivos de última tecnología mediante avanzadas técnicas de fabricación a nivel del campo de la nanotecnología, presentando visibles mejoras técnicas y económicas en comparación de los aditivos de una producción más "tradicional", en virtud de lo cual, se seleccionaron tres tipos de aditivos uno de los cuales es considerado de última generación.

PUNTO DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN (ASTM D92)

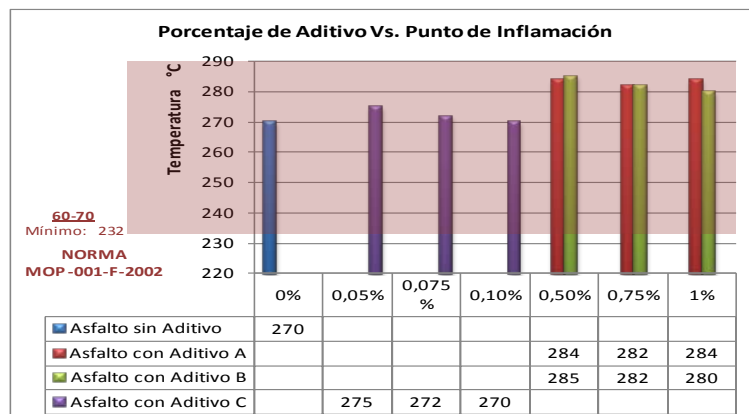


Figura 3: Gráfico comparativo del ensayo de Inflamación.

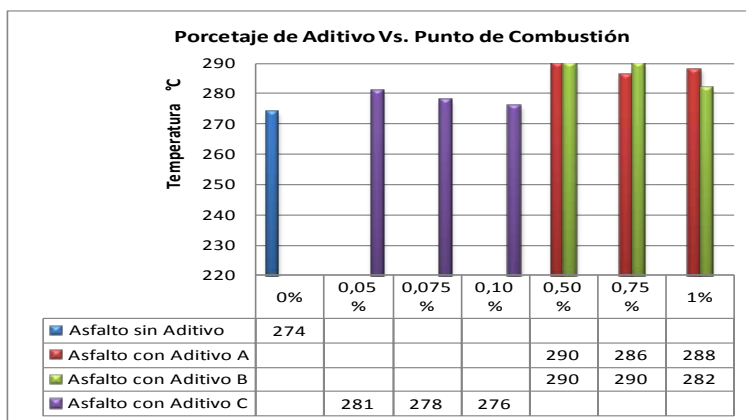


Figura 4: Gráfico comparativo del ensayo de Combustión.

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO (ASTM D36)

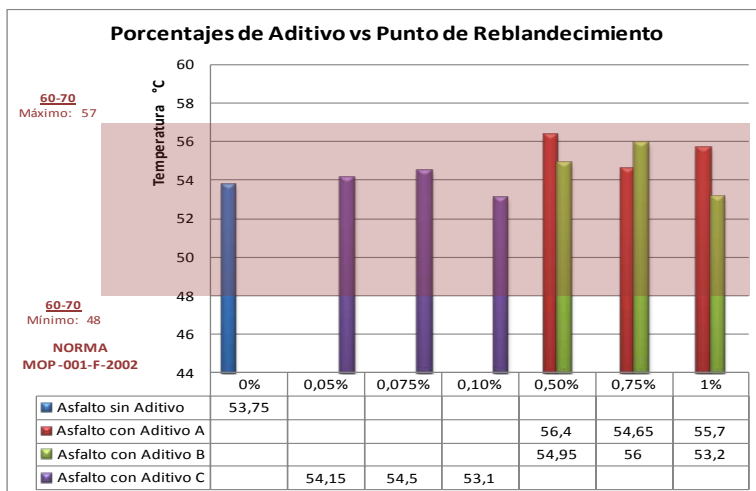


Figura 5: Gráfico comparativo del ensayo de Punto de Reblandecimiento..

PENETRACIÓN (ASTM D5)

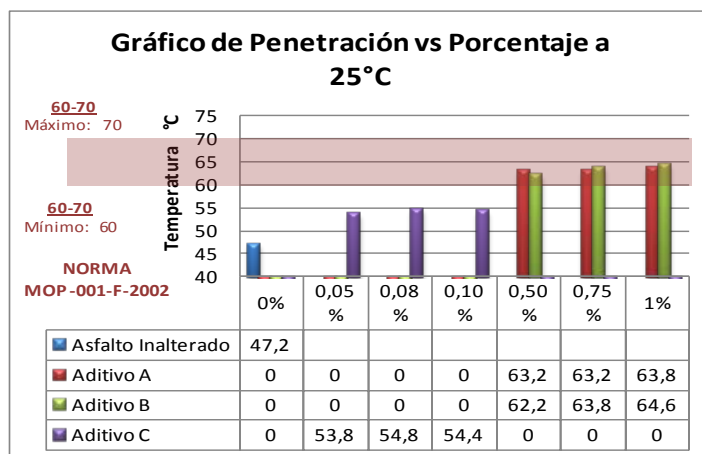


Figura 6: Gráfico comparativo del ensayo de Penetración a 25°C.

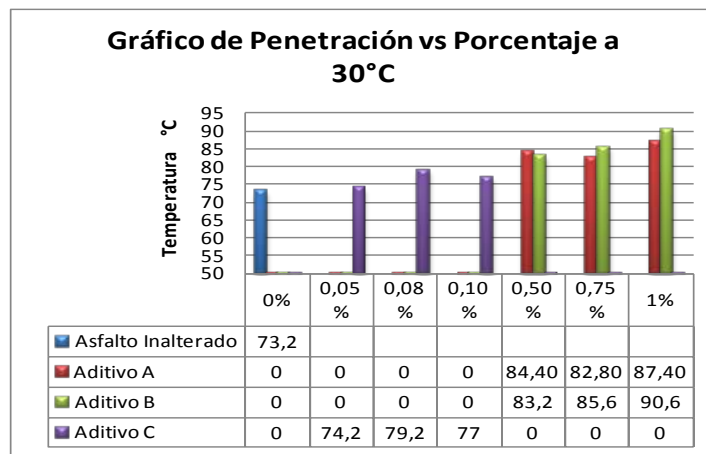


Figura 7: Gráfico comparativo del ensayo de Penetración a 30°C.

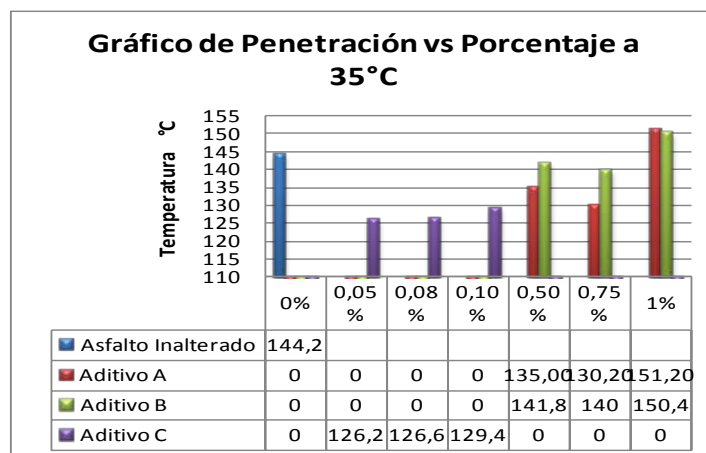


Figura 8: Gráfico comparativo del ensayo de Penetración a 35°C.

ÍNDICE DE PENETRACIÓN

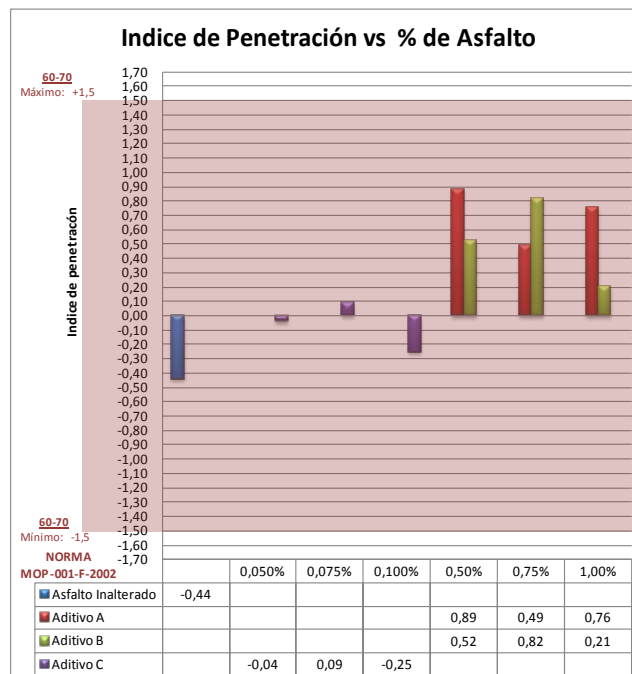


Figura 9: Gráfico comparativo del ensayo de Índice de Penetración IP a 25°C.

HORMIGÓN ASFÁLTICO

Para la determinación del contenido óptimo de asfalto se utilizó el método Marshall considerando una temperatura de ensayo de 60°C y el criterio de compactación 50 golpes por cada lado en briquetas.

En concordancia con las especificaciones ASTM, para seleccionar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico los vacíos de aire existentes en la mezcla deben estar entre el 3% y 5%, con lo que, en el caso de la cantera de Guayllabamba se seleccionó un valor igual a 4% lo cual nos generó un valor de contenido de asfalto de 6%, sin embargo en el caso de Pintag por las propiedades del agregado seleccionamos un valor de 5% de contenido de vacíos lo cual nos reportó un valor de 6,7% de contenido óptimo de cemento asfáltico.

CANTERA DE PINTAG

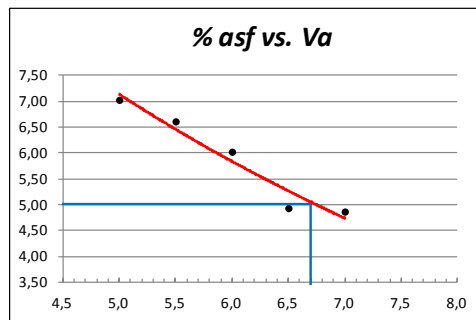


Figura 10: Resultados de volumen de vacíos en la mezcla de Pintag.

Tabla 6: Resumen del ensayo Marshall para los agregados de Pintag.

RESUMEN	
BULK	2,034
ESTABILIDAD	1275
FLUJO	17,15
Va	5
VAM	17,14
VAF	70,5

CANTERA DE GUAYLLABAMBA

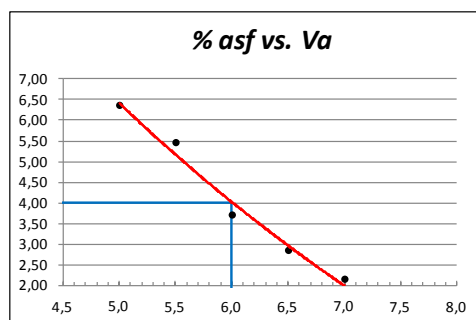


Figura 11: Resultados de volumen de vacíos en la mezcla de Guayllabamba.

Tabla 7: Resumen del ensayo Marshall para los agregados de Guayllabamba.

RESUMEN	
BULK	2,25
ESTABILIDAD	1438
FLUJO	15,7
Va	4
VAM	13,5
VAF	71

GRÁFICOS COMPARATIVOS TOTALES MÉTODO MARSHALL CON AGREGADO DE PINTAG

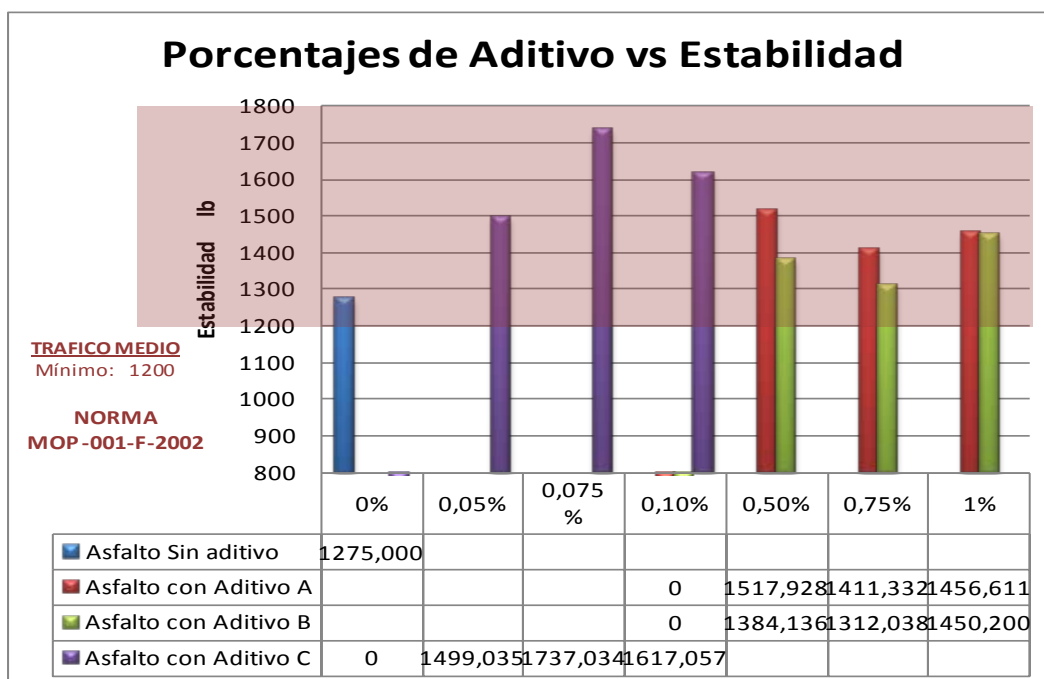


Figura 12: Gráfico comparativo del ensayo Marshall en la Estabilidad, Agregado de Pintag.

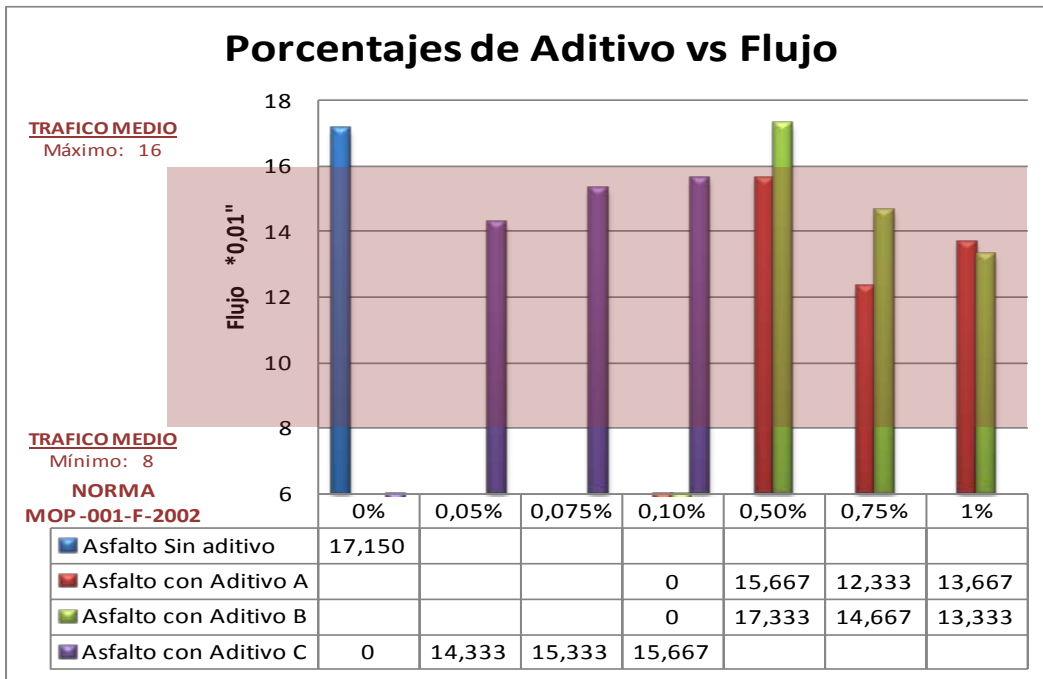


Figura 13: Gráfico comparativo del ensayo Marshall en el Flujo, Agregado de Pintag.

GRÁFICOS COMPARATIVOS TOTALES MÉTODO MARSHALL CON AGREGADO DE PINTAG

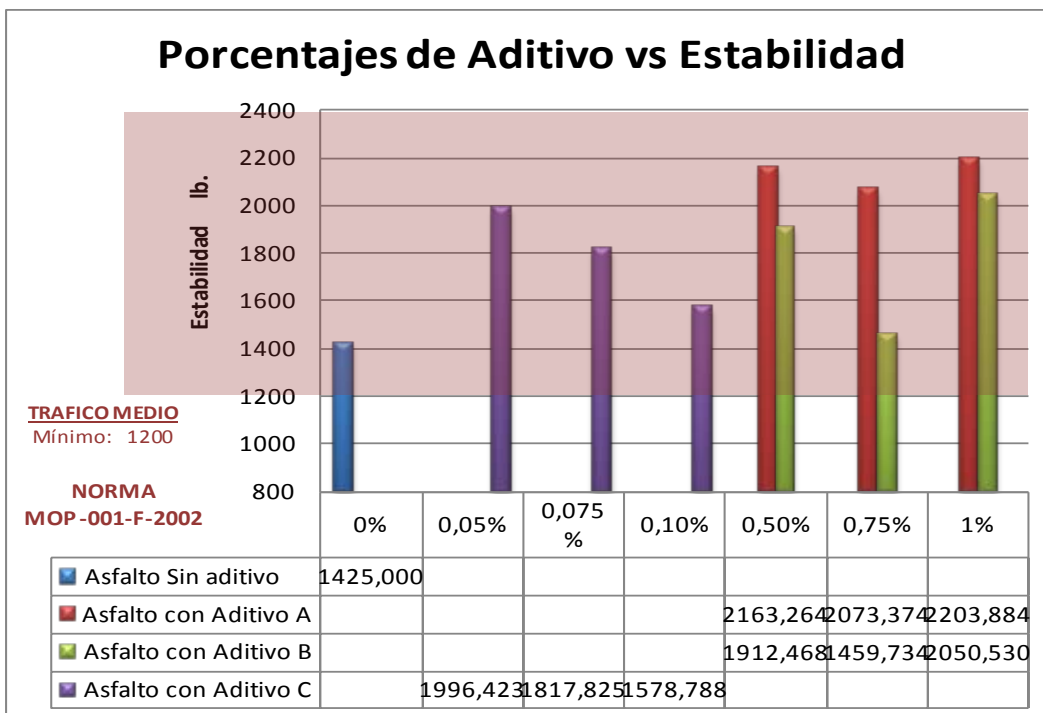


Figura 14: Gráfico comparativo del ensayo Marshall en la Estabilidad, Agregado de Guayllabamba.

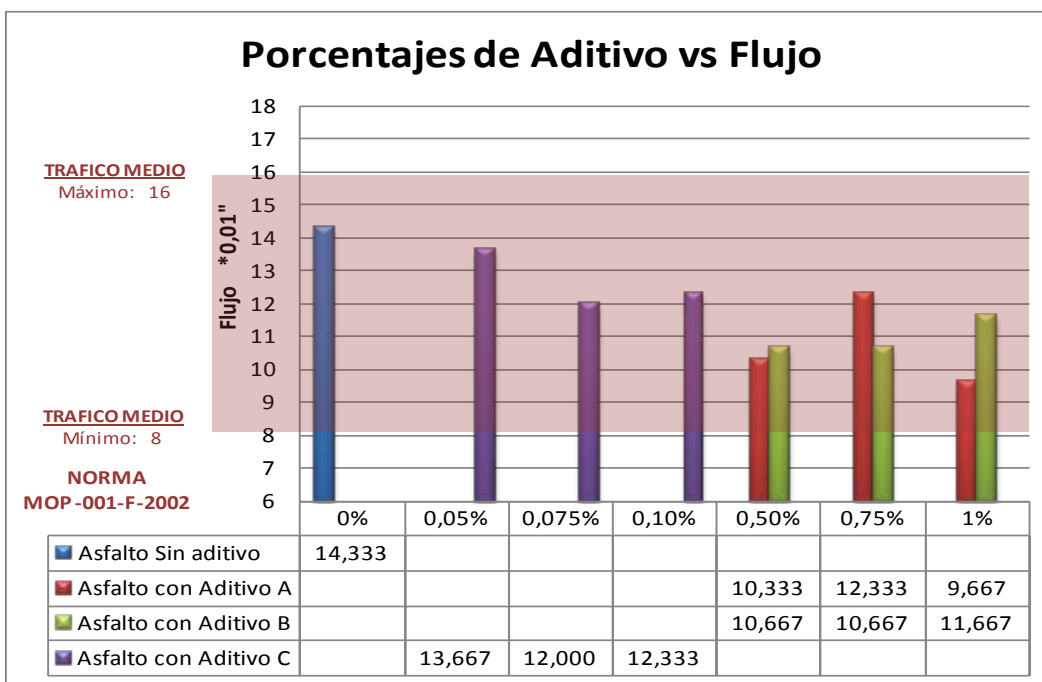


Figura 15:: Gráfico comparativo del ensayo Marshall en el Flujo, Agregado de Guayllabamba.

EVALUACION DE PELADURAS METODO MODIFICADO (ROLEC)

Este procedimiento fue concebido en virtud que las muestras ensayadas por el método ASTM D-3625 no presentaron una variación apreciable en cuanto a la pérdida de asfalto por peladura.

Se trató de ajustar un modelo de ensayo que se acerque a las más duras condiciones a las se encuentra sometida una carpeta asfáltica en nuestro País, siendo así como consideraciones generales se establece que expuesto al brillo del sol el concreto asfáltico llega a temperaturas superiores a los 40°C pudiendo llegar incluso a los 60°C, así mismo la topografía, condiciones geográficas y climatológicas de nuestro país especialmente en la región Interandina hacen que se presenten lluvias de manera imprevisible, y en muchas ocasiones éstas se presentan acompañadas de granizadas, por lo que las carpetas asfálticas se hallarían sometidas a innumerables variaciones térmicas.

De esto se desprende que se podría simular ese efecto en el laboratorio sometiendo las muestras de mezcla asfáltica a condiciones similares mediante ciclos de calentado y enfriado brusco; tomando como base al ensayo normado ASTM D-3625 se consideró los ciclos de calentado fueran similares a los estipulados en esta norma; seguidamente se tendría un ciclo de enfriamiento para el efecto fue realizado con agua helada.

Para el desarrollo del presente método se realizaron algunas iteraciones y combinaciones de los ciclos de calentado y enfriado, tanto en tiempo de ensayo como en número de ciclos, observando y comparando las muestras ensayadas con aditivo mejorador de adherencia y sin él, para que al final de todos los procesos podamos observar una afección visualmente evidente del efecto de las variaciones de temperaturas a las que se sometieron las mezclas asfálticas, pudiendo así evaluar de una mejor manera el aporte que le estarían confiriendo los aditivos mejoradores de adherencia a la película de asfalto que recubre los agregados minerales utilizados.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para la evaluación de las muestras ensayadas se consideró una escala del uno al diez, en base a que fueron obtenidas diez muestras de concreto asfáltico, de esta manera se puede fácilmente correlacionar el aporte de los aditivos promotores de adherencia comparados entre sí y con la muestra que contiene asfalto inalterado.

Así la muestra que presenta más afección o daño producido por la acción del ensayo se le otorgará una calificación de uno, y a la muestra menos afectada se le dará una calificación de diez.

Al tratarse de una evaluación netamente visual se deben identificar claramente las muestras más y menos afectadas, para de esta manera el resto de muestras puedan ser evaluadas numéricamente, ubicándolas en esta escala, asignándoles un valor numérico entero que se irá incrementando en una unidad hasta completar la decena

Tabla 8: Evaluación del ensayo de peladuras método Rolej.

ADITIVO	Concentración	PINTAG	GUAYLLABAMBA
A	0,50%	5	4
A	0,75%	10	7
A	1%	5	6
B	0,50%	8	9
B	0,75%	4	4
B	1%	2	5
C	0,05%	8	8
C	0,075%	3	2
C	0,10%	7	1
Sin Aditivo	0%	4	10

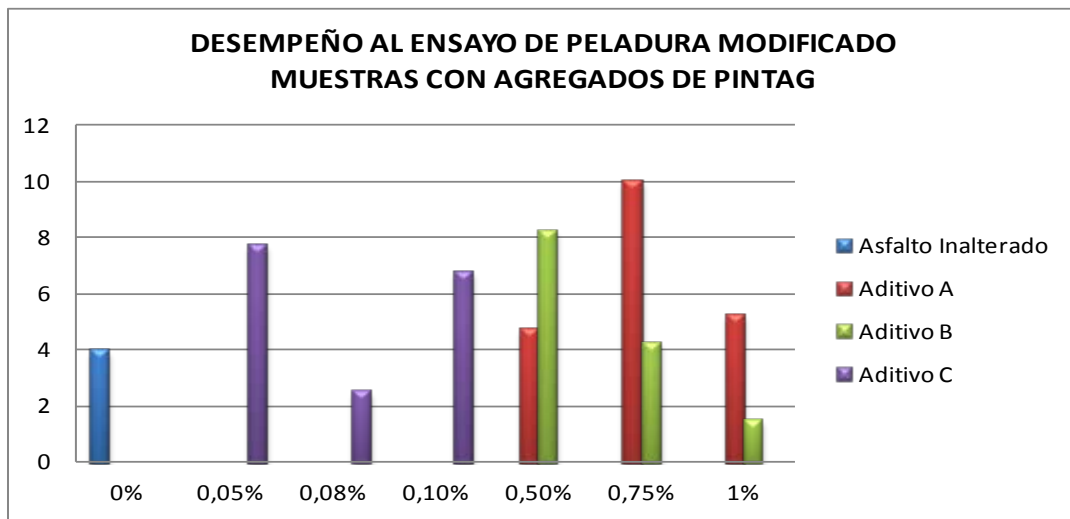


Figura 16: Gráfico comparativo del ensayo de peladuras modificado, Agregado de Pintag.

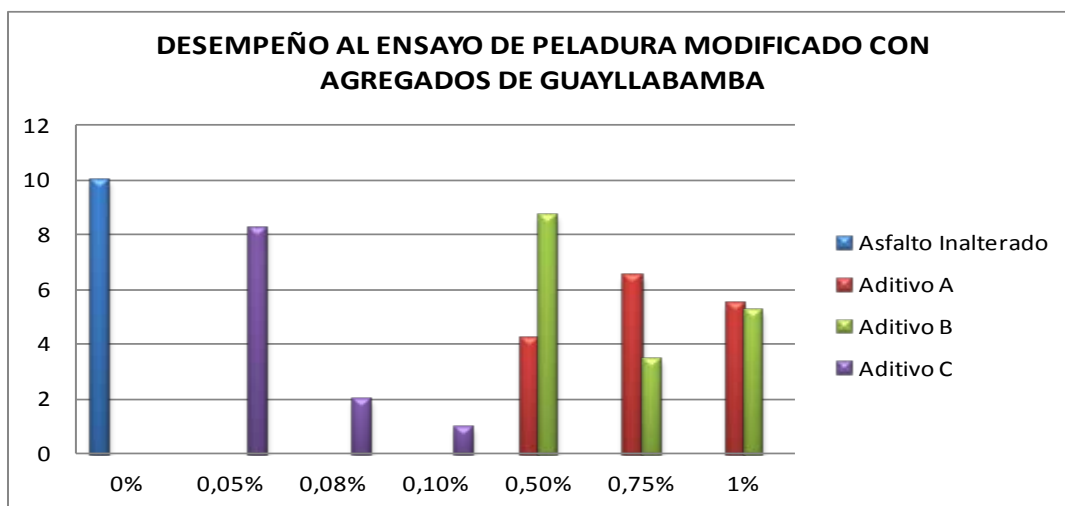


Figura 17: Gráfico comparativo del ensayo de peladuras modificado, Agregado de Guayllabamba.

CONCLUSIONES

- Para el Punto de Inflamación en los aditivos A y B se observa un aumento en el valor inicial, fluctuante entre el 3,70% y el 5,56 %, en el caso del aditivo C, existe un ligero aumento para el caso de menor concentración con un valor máximo del 1,85%, disminuyendo hasta 0% para el caso de mayor concentración. Se mantiene el mismo comportamiento para los ensayos en el Punto de Combustión. A partir de esto se concluye la existencia de un ligero aumento en el margen de seguridad para el manejo del cemento asfáltico en planta.
- En los ensayos de Reblandecimiento, para el caso del aditivo A existe un aumento entre el 1,67% al 4,93%, Para el aditivo B se observa una variación entre el -1,02% al 4,19% y el aditivo C del -1,21% al 1,40%, Es decir que el punto de reblandecimiento se ve aumentado sobre todo cuando la concentración es la menor, observándose adicionalmente una ligera disminución cuando las concentraciones son las máximas, sin embargo la adición de éstos no afecta el comportamiento del asfalto ante los requerimientos de la Norma.
- Al realizar los ensayos de Penetración a 25°C el Aditivo A incrementa este valor desde el 33,90% hasta 35,17%, los resultados con el Aditivo B fluctúan entre el 31,78% al 36,86%, y para el Aditivo C los valores aumentan desde el 13,98% al 16,10%. Inicialmente en el asfalto inalterado, el valor es de 47,2, con lo cual éste, no cumple con las especificaciones del MTOP, ahora bien, por otra parte los asfaltos con los Aditivos A y B incrementan el valor de la penetración logrando cumplir satisfactoriamente con los requerimientos, sin embargo, a pesar que, el Aditivo C le confiere aumento de la penetración, no llega a ser suficiente.
- Para el comportamiento del cemento asfáltico en los ensayos de Penetración; a 25°C, en general los valores aumentan presentando estas funciones cuadráticas un comportamiento inicial creciente; para los ensayos a 30°C en general los datos obtenidos también aumentan, pero la tendencia de las funciones es lineal creciente; finalmente en las pruebas efectuadas a 35°C los valores en general disminuyen y la tendencia vuelve a ser nuevamente cuadrática pero decreciente, por lo que podemos decir que a mayor temperatura el efecto de los aditivos mejoradores de adherencia es perjudicial en los ensayos de penetración.
- En lo que respecta al Índice de Penetración, los Aditivos A y B le confieren un dramático aumento en comparación del valor inicial, con valores porcentuales similares, fluctuantes entre 148,35% y el 302,38%, esencialmente estos mejoran las características de elasticidad del asfalto, a más que reducen su susceptibilidad a la temperatura; en lo que respecta al aditivo C los valores mejoran en valores

desde el 42,68% hasta el 120,39%, siendo sus efectos similares pero en menor grado a los anteriores, de tal modo estos aditivos mejoran las características del cemento asfáltico, aunque en realidad todas las muestras cumplen con la especificación del MTOP.

- En cuanto a la Estabilidad para el caso de Pintag se observa un leve aumento, el comportamiento de los aditivos A y B es similar fluctuante entre 2,9% y 19,1%, en el caso del aditivo C el aumento es más apreciable llegando hasta un 36%, En el caso de Guayllabamba el aumento es mayor existiendo un comportamiento similar entre los tres aditivos, teniendo un aumento máximo de un 54,7%; de tal modo los Aditivos favorecen en una medida apreciable el aumento del valor de la estabilidad en los concretos asfálticos
- El Flujo se halla afectado en un comportamiento de decremento en comparación del valor inicial, los resultados para los dos casos son semejantes, incluyendo valores desde 0,87% hasta un 30,22%, a todo esto, se debe pormenorizar el análisis del comportamiento para cada caso específico, puesto que en el análisis de Pintag, el valor inicial sobrepasa el requerimiento de la norma, luego de aditivar el asfalto los valores disminuyen ubicándose dentro de la Norma lo cual beneficia su uso indistintamente de los valores obtenidos; empero en el caso de Guayllabamba absolutamente todos los resultados alcanzados cumplen con la Norma, así pues el análisis para este caso se enfocaría en considerar ajustar los valores lo más cerca de la media de la Norma Requerida «que sería lo ideal». Está claro, que éstos productos efectivamente disminuyen el valor del Flujo en el concreto asfáltico.
- Al someter las muestras al ensayo de Peladura ASTM D-3625 todas pasaron satisfactoriamente la comparación visual, por el contrario, en la prueba de Peladura Modificada Propuesta, para Pintag en los casos de los Aditivos A y B presentan mejoras de su comportamiento, especialmente en las concentraciones más bajas, para C se aprecia mejora solo para las concentraciones inicial y final. En Guayllabamba los resultados evidencian disminución en el desempeño de las muestras, en A y B la afección es relativamente similar para las tres concentraciones, sin embargo en C contrariamente a lo esperado la disminución al desempeño es inversamente proporcional al contenido de aditivo, observándose adicionalmente una suerte de “meteorización” o “cristalización” del asfalto conforme pasa el tiempo luego de los ensayos, tanto para el caso de Guayllabamba como para Pintag, no así en el asfalto de las pruebas de los Aditivos A y B.

BIBLIOGRAFÍA

AkzoNobel. (s.f.). *Adhesion promoters*. Obtenido de www.akzonobel.com

Arenas, H. (2000). *Evolución Historica de Modelo Químico del Asfalto*. Cali: Faid Editores.

Arenas, H. (2000). *Evolución Historica del Modelo Químico del Asfalto*. Cali: Faid Editores.

Botasso, G., & Rebollo, O. (Noviembre de 2011). *XVI CILA, Congreso iberoamericano de Asfalto*.

Obtenido de metodología para la evaluación de promotores de adherencia en cementos asfálticos: <http://www.congresocila.org/>

CHEM, M. D. (Agosto de 2008). *chem, masters del peru s.a*. Obtenido de

<http://www.iticsa.com/images/upload/productos/11-productos-varios/pdf/MAGNABOND2700.pdf>

Construir, R. (24 de Marzo de 2010). *Reparación de carpetas asfálticas*. Obtenido de

<http://www.revistaconstruir.com/obra-gris/110-reparacion-de-carpetas-asfalticas?format=pdf>

Dávila, J. (2005). *Análisis comparativo de modulo resiliente de ensayos de deformación permanente en mezclas asfálticas del tipo (MCD2) en briquetas compactadas con martillo marshall y compactador giratorio*. Obtenido de

<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis115.pdf>

Garnica, P. (2004). *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. Obtenido de

<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt246.pdf>

Kao, Q. (s.f.). *Aditivos Mejoradores de mezclas asfálticas*. Obtenido de

<http://isweb.mx/clientes/aditivos/>

López, S., & Veloz, Y. (2013). *Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polimeros sbr y sbs, con agregados provenientes de la cantera de guayllabamba*. Sangolqui.

Maila, M. (2013). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (eva)*. Quito.

MOP-001-F-2002. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito.

- Pipan, J. (2012). *Control de calidad de cementos asfálticos tipo ap-3 utilizados en la fabricación de hormigon asfáltico para capa de rodadura de las carreteras del ecuador, mediante enayos de laboratorio*. Quito.
- Reyes, F. (2003). *Cementos Asfálticos Sólidos*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rolando, F. (Abril de 2002). *Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluido rc-250 y emulsión*. Obtenido de <http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1334>
- Rosero, F. (2013). *Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (aplicación calle nogales parroqui nayón l=1.okm)*. Quito.
- Soil, O. (2012). *ZYCOSOIL*. Obtenido de <http://www.optimasoil.com/es/productos-de-nanotecnologia/zycosoil>
- TDM, A. (1999). *PRODUCTOS*. Obtenido de mejoradores de adherencia: Referenciar <http://www.tdmasfaltos.com.pe/listaaplicaciones/adhesol/>
- TURBOROOF. (s.f.). *ZYCOSOIL*. Obtenido de Pavimentando el cambio hacia la Nanotecnología: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnx6eWNvc2lsZ29sZm9ub3J0ZXxneDozNTQzMjcyYzJIYTJjMDAy>