

El período de inmersión en ensayos de resistencia de las mezclas bituminosas al ataque de carburantes

Juan Gallego Medina

Universidad Politécnica de Madrid

Ignacio Pérez Pérez; Ana Rodríguez Pasandín

Universidade da Coruña

Una de las limitaciones que tienen las mezclas asfálticas como material para pavimentación es su falta de resistencia al ataque de los carburantes derivados del petróleo. Existen diversos procedimientos para determinar la resistencia de los materiales asfálticos a la acción de los carburantes. En el caso de selladores y tratamientos superficiales pueden encontrarse diversas normas de ensayo, tanto en la series europeas como americanas. Sin embargo, en lo referido a la evaluación de mezclas asfálticas propiamente dichas, existe una notable falta de normalización. Este artículo estudia en laboratorio algunos aspectos fundamentales de los procedimientos para evaluar la resistencia de las mezclas asfálticas respecto a la acción de los carburantes.

Una de las limitaciones que tienen las mezclas asfálticas como material para pavimentación es su falta de resistencia al ataque de los carburantes derivados del petróleo.

Afortunadamente esta situación de exposición a los carburantes sólo se da con intensidad en los pavimentos de las estaciones de servicio (**Fig. 1**), especialmente en la zona de los surtidores, en playas de aparcamiento de camiones y autobuses, en algunos carriles lentos, en rampa, para vehículos pesados y en plataformas aeroportuarias.

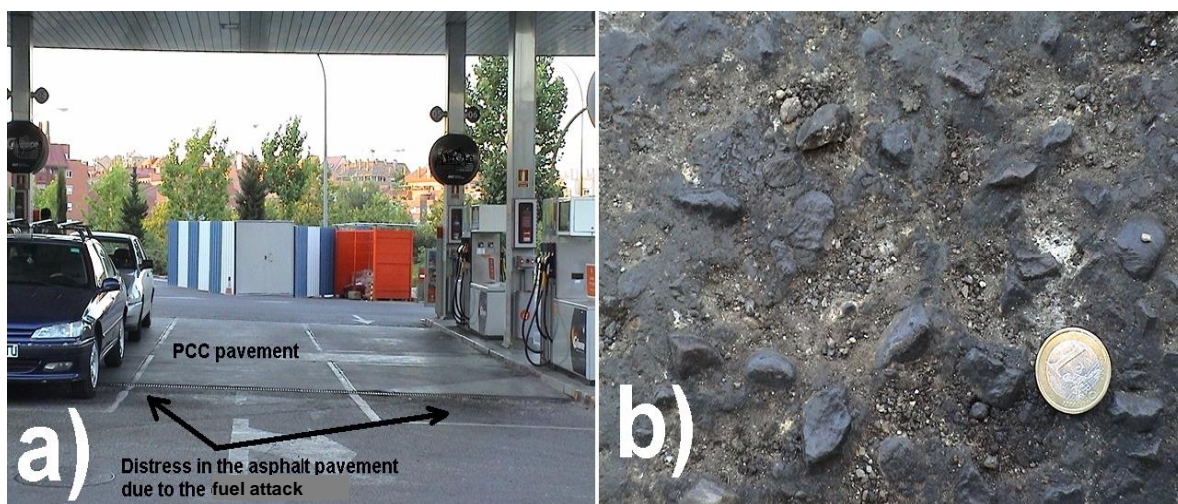


Figura 1. a) Pavimento asfáltico afectado por el carburante. b) Detalle de deterioro del pavimento

Existe en general una falta de estandarización del procedimiento para evaluar la resistencia de las mezclas asfálticas al derrame accidental de carburantes, paso previo para establecer unas especificaciones.

En este artículo se plantea un experimento para determinar cuales deberían ser algunos de los parámetros de una prueba estándar con este propósito, fundamentalmente el tiempo de exposición al carburante antes de determinar la agresión que éste ha provocado en la mezcla asfáltica.

Ensayos de laboratorio realizados

Se describen en este apartado los materiales utilizados y los ensayos realizados con las mezclas objeto de estudio.

Materiales utilizados

Como árido se empleó una fracción fina de áridos calizos y una fracción gruesa de áridos silíceos. La granulometría empleada es la denominada **D-12** en el art. 542 del PG-3. Esta granulometría es densa, lo que da lugar a mezclas asfálticas con huecos en mezcla alrededor del 4-5%.

Los ligantes utilizados fueron cuatro: un ligante “resistente a los carburantes”, en adelante betún RC, dos betunes convencionales de penetración 40/50 y 60/70, procedentes de diferentes crudos, y un betún modificado con polímero SBS, en adelante betún SBS.

El carburante utilizado en los baños de inmersión fue diesel de automoción

Ensayos realizados

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Pérdida de peso tras inmersión a 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 días. Las probetas utilizadas fueron las mismas en todo el proceso, ya que el procedimiento permite ir midiendo día a día la pérdida registrada en cada probeta, que va deteriorándose progresivamente. Se ensayaron las 4 mezclas bajo estudio (**Fig. 2**).
- Pérdida de peso tras inmersión y cepillado a 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 días. Como en el caso anterior las probetas fueron las mismas durante todo el proceso, ya que se trata de medir la pérdida progresiva de peso a partir del peso inicial de la probeta. Se ensayaron dos mezclas: la fabricada con betún RC y la fabricada con B 40/50 (**Fig. 3**).
- Estabilidad Marshall conservada tras inmersión. Se midió la pérdida a 7 días en las 4 mezclas bajo estudio, y a 24 horas en las mezclas fabricadas con betún RC y B 40/50.

De todos los ensayos descritos se realizaron dos réplicas, de modo que posteriormente pudiese realizarse, más allá del análisis de los resultados promedio, un estudio de varianza para estimar si los resultados eran estadísticamente significativos.

Resultados de los ensayos

Pérdida de peso por inmersión en carburante.

Se observó que la mezcla más resistente es la fabricada con el ligante RC, seguida de la fabricada con el ligante B 40/50, con el ligante 60/70 y finalmente con el ligante SBS.

Este ranking de resistencia al ataque del carburante diesel se conserva durante los siete días que la mezcla estuvo en estudio. Por consiguiente, en principio cualquiera que sea el período de inmersión elegido, entre 1 y 7 días, la posición relativa entre unos y otros ligantes no varía,

lo que puede hacer pensar que por comodidad y ahorro de tiempo sería recomendable que este tipo de ensayos se realice habitualmente con 24 horas de inmersión.

Pérdida de peso por la acción combinada de la inmersión en carburante y el cepillado enérgico

Se seleccionaron los dos materiales que se habían sometido al ensayo de pérdida de peso y mostraron mayor resistencia al carburante: la mezcla asfáltica fabricada con RC y la mezcla fabricada con B 40/50.

Al igual que ocurría con el ensayo de inmersión, el ranking de resistencia al carburante diesel se mantuvo cualquiera que sea el período de estudio observado, entre 1 y 7 días: la mezcla con RC es más resistente que la mezcla con B 40/50 penetración. Por lo tanto, esto podría indicar que, por ahorro de tiempo y de medios, los ensayos de pérdida de peso por inmersión y cepillado podrían realizarse, como estándar, a 24 horas, puesto que prolongarlos no parece ofrecer ventaja alguna.

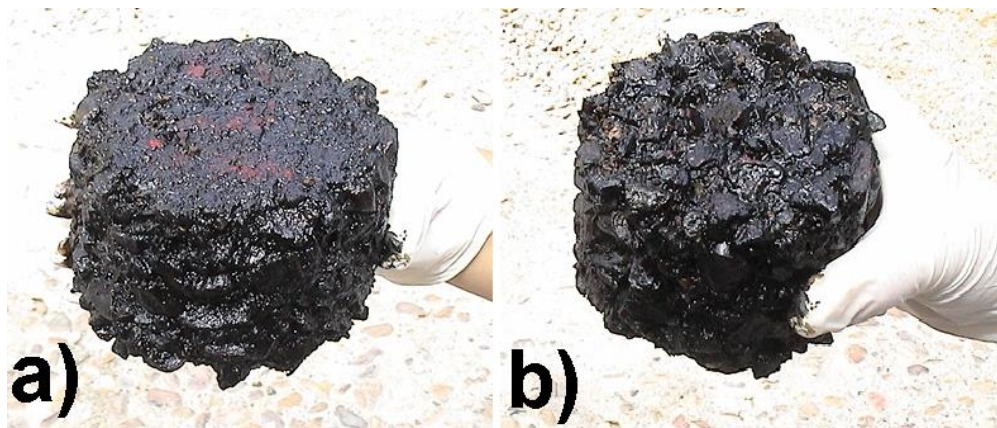


Figura 2. Pérdida de peso tras inmersión en fuel a) cara superior, b) cara inferior



Figura 3. a) Probeta después de inmersión; b) cepillo metálico; la misma probeta después de cepillado

Estabilidad Marshall conservada tras inmersión

Como se ha dicho, se midió la estabilidad Marshall conservada tras 7 días de inmersión en carburante diesel. Se observó que los valores obtenidos son coherentes con los obtenidos en los ensayos anteriores de pérdida de peso tras inmersión o tras inmersión y cepillado.

Como en el caso de la pérdida de peso con inmersión y cepillado, se decidió repetir el procedimiento a 24 horas, para determinar si es posible reducir el tiempo de inmersión con los

consiguientes ahorros de medios y tiempo, sin variar las conclusiones sobre la resistencia a los carburantes de las mezclas bajo estudio. El experimento sólo se realizó con las dos mezclas más resistentes, esto es, la mezcla con ligante CR y la mezcla con B 40/50.

Se observó que el ranking entre las dos mezclas en estudio es el mismo que en el estudio a 7 días, por lo que podría, en principio, recomendarse que este tipo de ensayos se realicen a 24 horas.

Discusión de los resultados

A la luz de los resultados anteriores parece plausible recomendar que los ensayos de resistencia a los carburantes se realicen a 24 horas de inmersión, puesto que de acuerdo con los resultados presentados hasta aquí, los ensayos con inmersión durante períodos más largos no varían la consideración de las mezclas que en este caso se estudiaron.

No obstante, se ha omitido un aspecto fundamental a la hora de valorar la fiabilidad de unos resultados de laboratorio. En particular, debería estimarse si los resultados obtenidos son significativos desde el punto de vista estadístico.

Para poder realizar esta estimación todos los ensayos descritos hasta aquí se realizaron con dos réplicas, de modo que pudiera realizarse un estudio de varianza que permitiera calcular un estadístico y determinar si son significativos o por el contrario la dispersión de resultados anula su validez.

Análisis de la varianza en los ensayos de pérdida de peso por inmersión en carburante

La **Fig. 4** presenta la evolución del estadístico **F** obtenido en el ensayo de 4 mezclas. Se observa que el estadístico **F** tiene unos valores altos cuando el ensayo se realiza a 24, 48 o 72 horas, mientras que posteriormente este valor se reduce incluso por debajo de 6,59, el valor de $F_{3,4,0,05}$ en la distribución **F** de Fisher-Snedecor, situación en la que los resultados no son significativos con un nivel de confianza del 95%.

Esta evolución desfavorable puede deberse a que los primeros días de inmersión el material que se desprende de la probeta es fundamentalmente asfalto y áridos finos, mientras que a partir del tercer día de inmersión comienzan a desprenderse partículas minerales de cierto tamaño, lo que introduce un factor de dispersión importante, y hace disminuir el grado de significación de los resultados obtenidos.

Por consiguiente estos resultados parecen apoyar la recomendación hecha más arriba de que los ensayos por pérdida en inmersión se realicen a 24 h. No obstante cabe el siguiente razonamiento: un ensayo para determinar si una mezcla es resistente o no a los carburantes debe estar ideado para evaluar mezclas que son bastante resistentes, y tiene menos interés que el ensayo sea aplicable a mezclas que están muy lejos de ser resistentes a los carburantes.

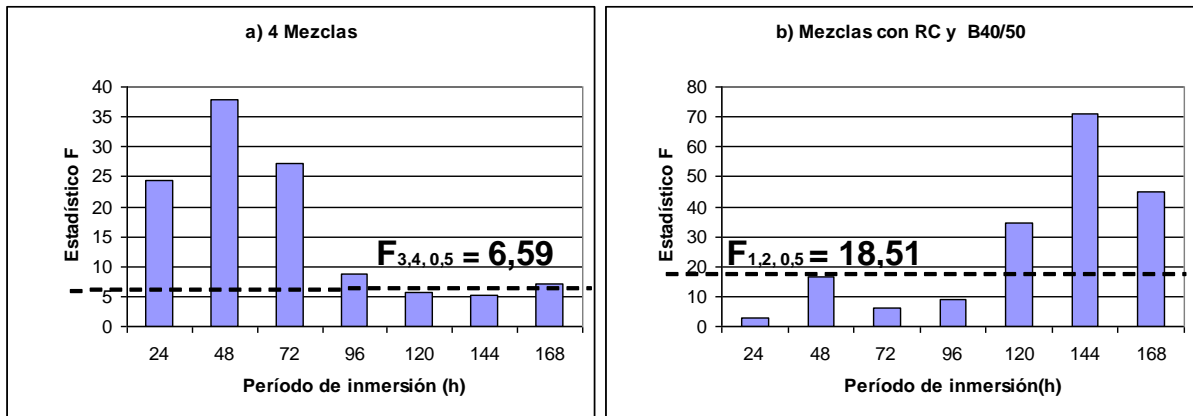


Figura4. Pérdida de peso tras inmersión: Evolución del estadístico F para (a) las cuatro mezclas en estudio y (b) las mezclas con RC y B 40/50.

Con este planteamiento se determinó de nuevo el estadístico **F** y su evolución, obtenido en este caso considerando sólo los resultados obtenidos de las mezclas con RC y con B40/50. La variación del estadístico **F** en el análisis de varianza se presenta en la fig. 4b. Puede observarse que el estadístico **F** en general tiene una tendencia creciente y que hasta el quinto día de inmersión no se supera el valor 18,503 correspondiente a $F_{1,2,0,05}$ en la distribución de F de Fisher-Snedecor.

Por tanto, atendiendo a esta gráfica, debería recomendarse que el ensayo de pérdida de peso por inmersión se realizara con 7 días de inmersión. Ello no varía el ranking de resistencia a los carburantes pero mejora el grado de significación de los resultados desde el punto de vista estadístico.

El período de 7 días recomendado es intermedio respecto al empleado por Garnica et al. (2001), que utilizó 1, 7, 14 y 28 días. En ese caso no se reporta ningún estudio estadístico de los datos, simplemente se valoró la pérdida sucesiva y se comparó con la sufrida por el mismo tipo de probeta cuando el carburante era gasolina. Sin embargo no se extrajo ninguna conclusión sobre el período de inmersión más adecuado con cada carburante.

Cruz y Carswell (2006) hacen un seguimiento de la pérdida de peso de dos mezclas asfálticas durante 10 días, pero no indican cual sería el período de inmersión más adecuado con miras, por ejemplo, a establecer una especificación obligatoria para este tipo de productos resistentes a los carburantes.

Análisis de la varianza en los ensayos de pérdida de peso por la acción combinada de la inmersión en carburante y cepillado energético.

Como se ha dicho, este ensayo se aplicó a las mezclas con RC y con B 40/50. La **Fig. 5** presenta la evolución del coeficiente **F**. A lo largo de los siete días de ensayo **F** se mantuvo por encima del valor 18,503 correspondiente a $F_{1,2,0,05}$ en la distribución de F de Fisher-Snedecor.

Por consiguiente, a la vista del análisis de varianza de los resultados, se puede mantener la recomendación hecha más arriba de que este tipo de ensayos se realice con inmersión a 24 horas, ya que prolongarlo no ofrece ventaja alguna.

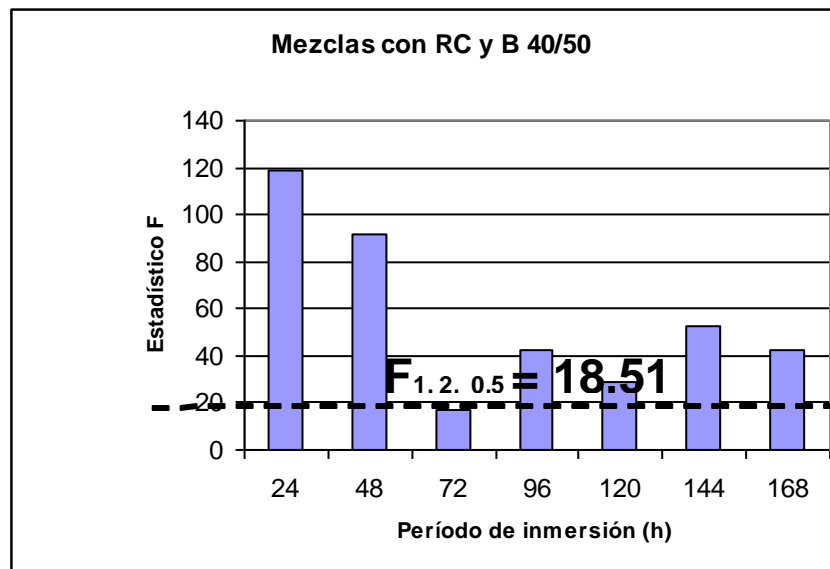


Figura 5. Pérdida de peso tras inmersión y cepillado. Evolución del estadístico F.

Período de inmersión		ESTABILIDAD MARSHALL TRAS INMERSIÓN (%)					
		Betún RC	B 40/50	B 60/70	SBS	Estadístico F 4 Mezclas ⁽¹⁾	Estadístico F 2 Mezclas ⁽²⁾
24 h	Réplica nº 1	90,70	65,60	-	-	-	53,22
	Réplica nº 2	89,20	71,30				
	Media	89,95	68,45				
168 h	Réplica nº 1	60,10	46,80	31,20	38,50	63,82	58,52
	Réplica nº 2	60,10	42,80	32,40	42,70		
	Media	60,10	44,80	31,80	40,60		

⁽¹⁾ Estadístico F de las mezclas en estudio. Valores mayores que 6.59 ($F_{3,4, 0.5}$ en la distribución de Fisher-Snedecor) significan que los resultados son estadísticamente significativos.

⁽²⁾ Estadístico F para los resultados de las mezclas con RC y B 40/50. Valores superiores a 18,51 ($F_{1,2, 0.5}$ en la distribución de Fisher-Snedecor) significan que los resultados son estadísticamente significativos.

Tabla 1. Estabilidad Marshall tras inmersión. Estadístico F.

Análisis de varianza en los ensayos de estabilidad Marshall conservada tras inmersión

La **Tabla 1** presenta los valores del estadístico **F** para tres situaciones: estudio de 4 mezclas a 7 días, estudio de 2 mezclas a 7 días y estudio de 2 mezclas a 24 horas. En todos los casos el valor de **F** es alto, por lo que los resultados son significativos y confiables desde el punto de vista estadístico.

Como conclusión puede mantenerse la recomendación de que el ensayo de estabilidad Marshall conservada tras inmersión en carburantes se realice con un período de inmersión de sólo 24 horas.

Van Roijen et al. (2004) así como Paez et al. (2005) recomiendan –pero no justifican- un período de inmersión de 24 horas antes de valorar la pérdida de resistencia. En este sentido la presente Comunicación Técnica aporta una justificación experimental para la elección de 24 horas como período de inmersión.

Conclusiones

De todo lo expuesto pueden extraerse las siguientes conclusiones

- De los diversos procedimientos para evaluar la resistencia de las mezclas asfálticas a la acción de los carburantes, son preferibles los métodos que estudian la mezcla asfáltica frente a los que estudian los betunes con qué se fabrican las mezclas, ya sean betunes originales o betunes recuperados de las mezclas mediante disolventes
- Los tres procedimientos estudiados resultan válidos para evaluar la resistencia de las mezclas asfálticas al ataque de los carburantes
- El procedimiento de laboratorio más sencillo es la evaluación de la pérdida de peso tras un período de inmersión. Es conveniente adoptar un período de inmersión de 7 días.
- Si a la acción del carburante durante el tiempo de inmersión se añade el cepillado de la probeta, es suficiente un período de inmersión de 24 horas, puesto que la prolongación de este tiempo no parece ofrecer ventajas adicionales
- Cuando el procedimiento de laboratorio consiste en medir la estabilidad Marshall conservada tras inmersión, la validez de los resultados tampoco mejora prolongando el tiempo de inmersión, por lo que se aconseja un período de inmersión de 24 horas.

Estas recomendaciones han sido obtenidas sobre probetas tipo Marshall, por lo que en otro tipo de probetas, con distinta relación peso/superficie expuesta podrían variar. Así mismo, durante los experimentos descritos el carburante utilizado en los baños de inmersión ha sido diesel. Sería interesante repetir el experimento con gasolina o fuel de aviación.

Bibliografía

- Cruz, F., Carswell, J. (2007). Development of an Binder Fuel-Resistant Binder to be Used in Special Asphalt Applications. Technical documents.
- <http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=3050243&contentId=3050356>.
- Acceso el 12 de Julio 2007.
- Garnica, A., Álvarez, A., Báez, F. J. (2001). Evaluación de la Resistencia conservada de mezclas asfálticas tras inmersión en sustancias agresivas. Publicación Técnica nº 171. Secretaría de Comunicaciones. Instituto Mexicano del Transporte. Qro, México.
- Páez, A., Gómez, A., Bardesi, A. (2005). Nuevo ligante resistente a los carburantes. Presentado a la Jornada Técnica: Mezclas Asfálticas, un nuevo enfoque. ASEFMA. Madrid.
- Van Roijen, R.C., Bondt, A.H., Corun, R.L. (2004). Performance Evaluation of Jet Fuel Resistant Polymer-Modified Asphalt for Airport Pavement. Presented for the 2004 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference. Atlantic City, New Jersey.