

IAG268-08-2013
TRAMO EXPERIMENTAL CON EMULSIONES ASFÁLTICAS EN
APLICACIONES DE RIEGO DE ADHERENCIA E IMPRIMACIÓN
SECÇÃO EXPERIMENTAL COM EMULSÕES DE ASFALTO EM
APLICAÇÕES DE ADERÊNCIA E IMPRIMAÇÃO

Mercedes De Montijo*, José Escobar
PDVSA Intevep
Los Teques, Venezuela
demontijom@pdvsa.com, escobarjs@pdvsa.com

Mariana Corcuera, Fanely Albarrán, Jimmy Castellanos
PDVSA Asfalto
Barinas, Venezuela
corcueram@pdvsa.com, albarranfk@pdvsa.com, castellanojd@pdvsa.com

Mónica Zerpa, Gregorio Garrido
PDVSA Mercado Nacional
Yagua, Venezuela
zerpams@pdvsa.com, garridog@pdvsa.com

Resumen

El presente trabajo contiene los resultados del desarrollo de cuatro (4) emulsiones asfálticas, tres (3) con aplicación en riego de adherencia y una (1) en imprimación, utilizando asfalto venezolano grado de penetración 60/70 proveniente del Complejo Refinador Paraguaná (CRP), y emulsificantes comerciales de rotura rápida y lenta. También contiene las evaluaciones de desempeño de ambos riegos a escala laboratorio y en un tramo experimental ubicado en el Complejo Industrial Santa Inés (estado Barinas). El desempeño de las emulsiones asfálticas fue comparado con asfalto diluido RC-250.

A escala laboratorio el riego de imprimación fue evaluado midiendo la penetración del mismo en tres suelos venezolanos, Veguita (estado Barinas), Urachiche (estado Yaracuy) y Bombalara (estado Barinas). Se observó que la penetración del riego depende de la afinidad del emulsificante con el suelo. Por otra parte, en el tramo experimental se utilizó un suelo compuesto Bombalara/Punta Gorda y su evaluación se realizó cualitativamente, observando la capacidad que tiene la emulsión de consolidar e impermeabilizar el suelo, generando a su vez resistencia al daño ante el paso vehicular. Se obtuvo como resultado que las emulsiones asfálticas presentan mejor desempeño que el RC-250 en este tipo de riego.

El riego de adherencia fue evaluado aplicando el método de corte LCB (Laboratorio de Caminos de Barcelona) modificado, obteniéndose que el mejor desempeño lo presentan las emulsiones asfálticas con un promedio de tensión de corte de 1,4 MPa, mientras que el RC-250 presentó una tensión de corte de 0,7 MPa.

Con este trabajo se pretende dar inicio al proceso de masificación del uso de emulsiones asfálticas en Venezuela, a fin de desplazar progresivamente el asfalto diluido RC-250 en las obras de construcción de pavimentos nacionales.

Resumo

O presente trabalho apresenta os resultados do desenvolvimento de quatro (4) emulsões asfálticas, três (3) com aplicação em irrigação de aderência e uma (1) no imprimação, aproveitando asfaltos venezuelanos com penetração 60/70 proveniente do Complejo Refinador Paraguana (CRP), e emulsificantes comerciais de fratura rápida e lento. Ele também contém avaliações de desempenho de irrigação tanto em escala de laboratorio e uma seção experimental localizada no Complejo Industrial Santa Inés (estado Barinas). O desempenho de emulsões asfálticas foi comparada com asfalto diluído RC-250.

A escala de laboratorio, la irrigação de imprimação foi avaliada pela medida da penetração em três solos venezuelanos, Veguita (estado Barinas), Urachiche (estado Yaracuy) e Bombalara (estado Barinas). Observou-se que a penetração de irrigação é dependente da afinidade do emulsionante com o solo. Por outra parte, na seção experimental foi utilizado um chão composto (Bombalara / Punta Gorda) e sua avaliação foi realizada qualitativamente percebendo-se a capacidade da emulsão de consolidação e impermeabilização no chão, gerando uma resistência aos danos por os passos dos veículos. O resultado foi que as emulsões asfálticas têm melhor desempenho do que o RC-250 neste tipo de irrigação.

O revestimento de aderência foi avaliada pela aplicação do método modificado de corte LCB (Paths Laboratorio Barcelona). Observou-se que um melhor desempenho lo têm as emulsões asfálticas com uma tensão de cisalhamento média de 1,43 MPa, enquanto o RC-250 apresentou uma tensão de cisalhamento de 0,70 MPa.

Este trabalho procura começar o processo de expansão do uso de emulsões asfálticas na Venezuela, com a finalidade de trocar progressivamente o asfalto diluído RC-250 em obras de construção do pavimento nacional.

INTRODUCCIÓN

Las emulsiones asfálticas son productos ampliamente utilizados a nivel mundial, puesto que representan una excelente alternativa para la pavimentación por presentar ventajas ambientales ya que se trabajan con agua, disminuyendo el consumo de energía porque pueden ser aplicadas a temperatura ambiente. Las emulsiones asfálticas se constituyen como una opción en los tratamientos superficiales de riego de adherencia e imprimación. Por el contrario, el asfalto diluido RC-250 actualmente utilizado en nuestro país para los tratamientos superficiales antes mencionados, contiene como diluyente un 25% de nafta y en el caso de riego de imprimación un 20% adicional de gasoil, lo que lo convierte en un producto poco amigable al ambiente y con un alto costo asociado; de hecho, este tipo de producto se ha ido desplazando del mercado mundial por las razones antes expuestas.

En vista de la realidad que se presenta en nuestro país de utilizar el RC-250 en las aplicaciones de riego de adherencia e imprimación, en lugar de las emulsiones asfálticas; PDVSA Intevep inició una actividad enmarcada dentro del Proyecto de Desarrollo de Productos Asfálticos para PDVSA

bajo el patrocinio de las filiales de PDVSA Mercado Nacional (Superintendencia de Tecnología de Productos) y PDVSA Asfalto con el objeto de desplazar progresivamente el asfalto diluido RC-250. Para esto se desarrollaron formulaciones de emulsiones asfálticas, evaluando su desempeño en las aplicaciones de riego de adherencia e imprimación a escala laboratorio, posteriormente en un tramo experimental para demostrar sus bondades y viabilidad técnico económica; y así contribuir en la mejora de la infraestructura vial de nuestro país.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los métodos utilizados para la evaluación del desempeño de los riegos de imprimación y adherencia, son practicados por Petrobras (Sapei y colaboradores, 2008) y se describen a continuación.

Penetración de las emulsiones asfálticas en el riego de imprimación

Al suelo preparado mediante el ensayo Próctor modificado se le aplicó el riego de imprimación con emulsión asfáltica diluida y se dejó curar durante 24 horas, pasado este tiempo se procedió a realizar un corte en forma de triángulo en la superficie del molde, se retiraron los laterales y se midió la penetración con un vernier en cada lado; el promedio de las tres (3) mediciones corresponde a la penetración del riego (De Montijo y colaboradores, 2012).

Petrobras utiliza este método para evaluar la penetración de las emulsiones asfálticas en el riego de imprimación, considerando como aceptable una penetración a partir de 0,6 cm.

Método de corte LCB (Laboratorio de Caminos de Barcelona) modificado

A través de este método se determina la tensión de corte aplicada en la interfaz entre dos briquetas o *coredrill* unidos mediante un riego de adherencia. Los criterios de aceptación recomendados son:

- a) tensión de corte entre 0,70 y 0,85 MPa o
- b) rompimiento de la biqueta y/o *coredrill* en una sección distinta de la interfaz

Para realizar la evaluación del riego de adherencia a escala laboratorio se prepararon briquetas base sobre las cuales se aplicó el riego de adherencia con un pincel (para garantizar la uniformidad del riego sobre la superficie) y por último, sobre el riego ya curado, se compactó una capa de mezcla asfáltica; mientras que para evaluar el riego de adherencia aplicado en el tramo experimental se ensayaron *coredrills* extraídos directamente de la obra.

Posteriormente a las muestras se les aplicó una tensión de corte mediante el ensayo LCB modificado.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

Para el desarrollo de las formulaciones de las emulsiones asfálticas probadas en campo, se utilizaron (4) cuatro emulsificantes comerciales, uno (1) de rotura lenta para el riego de imprimación y tres (3) de rotura rápida para el riego de adherencia; y asfalto nacional grado de penetración 60/70 proveniente del Complejo Refinador Paraguaná (CRP, estado Falcón, Venezuela). La caracterización según normas ASTM de las mencionadas emulsiones asfálticas se puede observar en la Tabla 1 (De Montijo, 2008 y De Montijo y colaboradores, 2010).

Tabla 1. Caracterización de las emulsiones asfálticas utilizadas para realizar riego de imprimación y adherencia

Emulsión asfáltica	N° 1*	N° 2**	N° 3**	N° 4**
Relación Asfalto/Agua	60/40	62/38	60/40	60/40
Residuo por evaporación (%) ASTM D6934	60,02	62,38	59,93	59,83
Estabilidad al almacenamiento (%) ASTM D6930	0,16	0,04	0,02	0,06
Tamiz 20 (%) ASTM D6933	0,002	0,006	0,012	0,004
Carga de partícula ASTM D7402	+	+	+	+

* Emulsión asfáltica de rotura lenta utilizada para el riego de imprimación

** Emulsiones asfálticas de rotura rápida utilizadas para el riego de adherencia

El riego de imprimación fue evaluado con la emulsión asfáltica N° 1 en los suelos Veguita y Bombalara procedentes de la región Sur Occidental del país y Urachiche proveniente de la región Centro Occidental. En la Tabla 2 se muestran los resultados del ensayo Próctor Modificado realizado a los suelos mencionados anteriormente.

Tabla 2. Resultados de ensayo Próctor modificado de los suelos Veguita, Urachiche y Bombalara

Suelo	Veguita	Urachiche	Bombalara
Densidad (Kg/m ³) a 95% de compactación	1.900	1.887	2.215
Humedad (%)	5,1	5,9	3,6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del desempeño de las emulsiones asfálticas en riego de imprimación y adherencia a escala laboratorio (De Montijo y colaboradores, 2011)

Riego de imprimación

Para evaluar la penetración de la emulsión asfáltica N° 1 en cada uno de los suelos se utilizó un factor de dilución 50:50 agua/emulsión asfáltica, un rendimiento de 2,3 L/m² y 95% de compactación del suelo.

Los resultados se muestran en la Tabla 3, donde se observa que la emulsión N° 1 de rotura lenta presenta compatibilidad con los tres suelos.

Tabla 3. Resultados de la penetración de la emulsión N° 1 en los tres suelos ensayados

Suelo	Penetración 3 caras (cm)			Promedio (cm)
Veguita	0,5	0,5	0,5	0,5

Urachiche	1,1	1,3	1,2	1,2
Bombalara	0,9	0,7	0,5	0,7

Con el suelo Veguita se obtuvo una penetración promedio de 0,5 cm; menor al valor mínimo establecido como referencia 0,6 cm (diferencia de 0,1 cm), indicando que efectivamente existe afinidad con este tipo de suelo. Las penetraciones promedio en los suelos Urachiche y Bombalara fueron mayores al mínimo establecido (ver Figura 1) mostrando compatibilidad de la emulsión asfáltica N° 1 con estos suelos. En los tres ensayos se observó que el riego no presentaba partículas sueltas y mas sí buena adhesividad entre ellas, formando una superficie típica de un riego de imprimación (ver Figura 2).



Figura 1. Penetración de emulsión asfáltica en riego de imprimación



Figura 2. Superficie de riego de imprimación con emulsión asfáltica

Riego de adherencia

Para la evaluación de este riego se utilizaron tres (3) emulsiones asfálticas de rotura rápida (N° 2, N° 3 y N° 4); y se aplicó un rendimiento de $0,45 \text{ L/m}^2$ a temperatura ambiente. También se realizó la evaluación utilizando asfalto diluido RC-250, con un rendimiento de $0,7 \text{ L/m}^2$.

En la Tabla 4 se puede apreciar que la tensión de corte promedio en cada uno de los riegos realizados con emulsión asfáltica no cumple con la mínima establecida de 0,70 MPa; sin embargo, se observó que al aplicar esta tensión, ocurría rompimiento en la base (Figura 3) lo cual cumple con el otro criterio de aceptación establecido, puesto que es indicativo de la buena adherencia entre las capas al no permitir un desplazamiento entre las mismas. En el caso del riego aplicado utilizando RC-250 se obtuvo una tensión de corte de 0,43 MPa y desplazamiento en la interfase (ver Figura 4), no cumpliendo de esta forma con ninguno de los criterios de aceptación manejados.

Tabla 4. Resultados del ensayo LCB Modificado de los riegos de adherencia realizados a escala laboratorio

Producto	Tensión de corte (Mpa)	Observación
Emulsión asfáltica N° 2	0,49	Rompió en la base
Emulsión asfáltica N° 3	0,47	Rompió en la base
Emulsión asfáltica N° 4	0,53	Rompió en la base
RC-250	0,43	No alcanzó la tensión de corte

		mínima
--	--	--------



Figura 3. Rompimiento en la base en muestra con emulsión asfáltica



Figura 4. Desplazamiento entre fases en muestra con RC-250

Evaluación del desempeño de las emulsiones asfálticas en riego de imprimación y adherencia en un tramo experimental

La ubicación del tramo experimental fue en el acceso vial I-II entre las progresivas 0+960 y 1+900 del Complejo Industrial Santa Inés, estado Barinas. El tramo completo comprendió 800 m de largo y 10 m de ancho.

El riego de imprimación fue realizado con la emulsión asfáltica de rotura lenta N° 1 y el de adherencia con las emulsiones asfálticas N° 2, N° 3 y N° 4 de rotura rápida; adicionalmente se utilizó asfalto diluido RC-250 con el objeto de comparar el desempeño de ambos tipos de productos.

Riego de imprimación

El riego de imprimación fue realizado con la emulsión asfáltica N° 1 con un factor de dilución emulsión/agua 50:50 y con RC-250 con factor de dilución RC-250/Gasoil 80/20. Así mismo, el riego con emulsión asfáltica fue realizado operando el camión irrigador de manera automática con flauta y un rendimiento de 2,3 L/m², mientras que para el riego de imprimación realizado con RC-250 el mismo se operó de manera manual (con pistola).

El suelo para este tramo experimental fue un suelo integral Bombalara-Punta Gorda, ambos originarios del estado Barinas, el cual fue compactado al 95%, y para el caso de la emulsión asfáltica fue rociado previamente con agua hasta observar que ésta había percolado.

Imprimación con emulsión asfáltica N° 1

Pasadas 24 horas de haber sido aplicado el riego, se evaluó observándose que presentaba dureza al caminar sobre la superficie, buena impermeabilidad, aspecto que se corroboró puesto que llovió durante varias horas después de la aplicación y la superficie quedó intacta con excelente cobertura tal como se muestra en la Figura 5, no hubo escurrimiento de la emulsión asfáltica hacia los laterales, lo que evidenció la compatibilidad de esta emulsión asfáltica con el tipo de suelo integral Bombalara-Punta Gorda. Se probó la resistencia a la tracción haciendo pasar un

vehículo sobre la superficie imprimada y no hubo levantamiento de la capa de asfalto (ver Figura 6). La penetración en el suelo no fue mayor o igual a 0,6 cm, como lo establece el método de evaluación de Sapei y colaboradores, de hecho fue de 0,4 cm, sin embargo, este valor fue suficiente como para no afectar su buen desempeño.



Figura 5. Superficie imprimada con emulsión asfáltica después de 24 h

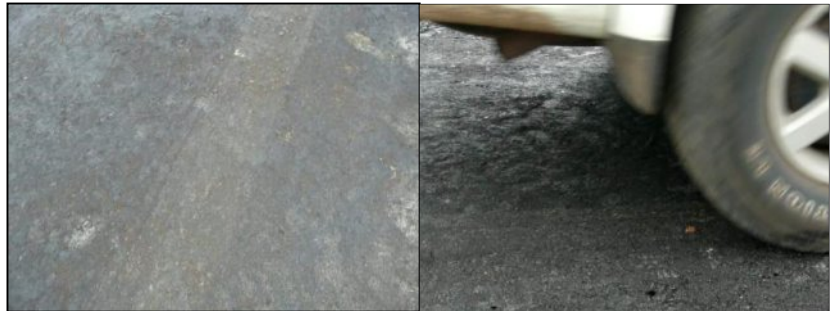


Figura 6. Prueba de resistencia a la tracción del riego de imprimación

Imprimación con asfalto diluido RC-250

Una vez aplicado el riego, se notó exceso de solvente sobre la superficie (Figura 7). Pasadas 24 horas el riego no había curado completamente y se seguía observando acumulación de solvente; la superficie no presentaba firmeza como en el caso de la emulsión asfáltica, por el contrario el riego se desprendió al caminar sobre él (Figura 8); adicionalmente, el paso vehicular dejó huellas sobre la superficie, desprotegiendo así el suelo (Figura 9).

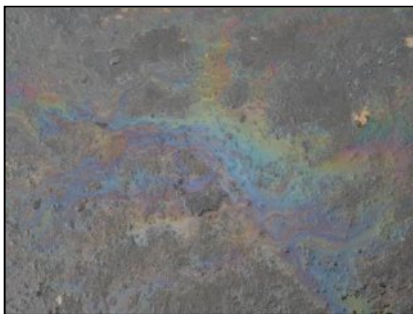


Figura 7. Exceso de solvente en riego de imprimación con RC-250



Figura 8. Desprendimiento del riego al caminar sobre la superficie



Figura 9. Huellas por paso vehicular

El exceso de solvente observado no favorece la adhesión entre la base-suelo y la carpeta asfáltica, por el contrario pudiera promover el deslizamiento entre capas con el tiempo. De este modo no se asegura que con el RC-250 el riego de imprimación cumpla su función de proteger la superficie.

Riego de adherencia

El riego de adherencia fue realizado con las emulsiones asfálticas N° 2, N° 3 y N° 4 de rotura rápida y con RC-250 sin dilución. El camión irrigador fue operado de forma manual, tal como lo muestra la Figura 10, asegurando una delgada capa con total y uniforme cubrimiento de la superficie.



Figura 10. Aplicación del riego de adherencia

Una vez compactada la carpeta de rodamiento sobre el riego de adherencia, se colocaron reductores de velocidad en la mitad de cada tramo (por cada producto) y se tomaron los coredrillos (Figura 11), 10 metros antes de cada reductor. Las muestras fueron tomadas seis meses después de realizado el tramo de prueba con el fin de observar el efecto de la carga sobre el mismo.



Figura 11. Coredrillos tomados del tramo experimental 6 meses después de aplicado el riego

La capacidad adherente o desempeño de cada riego de adherencia realizado fue evaluado utilizando la medida de tensión de corte y las condiciones de ensayo fueron: temperatura ambiente y velocidad de la cruceta 50,8 mm/min.

La Tabla 5 resume los resultados del ensayo LCB modificado aplicado a las muestras tomadas en el tramo de prueba. Se observa que los riegos realizados con las emulsiones asfálticas alcanzaron y superaron el esfuerzo de corte esperado de 0,70 MPa como mínimo, demostrando así una buena

capacidad adherente. La tensión de corte de la muestra que identifica al riego de adherencia realizado con RC-250 fue de 0,70 MPa ubicándose en el límite de lo establecido.

Comparando las tensiones de corte promedio entre las emulsiones asfálticas (1,43 MPa) y el RC-250 (0,70 MPa), se puede observar que el RC-250 presenta menor tensión de corte, indicando que las emulsiones asfálticas presentan mejor desempeño en el riego de adherencia que el asfalto diluido RC-250.

Tabla 5. Resultados del ensayo LCB Modificado de los riegos de adherencia realizados a muestras del tramo experimental

Producto	Tensión de corte (MPa)	Tensión de corte promedio (MPa)	Observación
Emulsión asfáltica N° 2	1,8	1,43	Rompió desde la base
Emulsión asfáltica N° 3	0,9		Desplazó en la interfase
Emulsión asfáltica N° 4	1,6		Desplazó en la interfase
RC-250	0,7	0,70	Desplazó en la interfase

CONCLUSIONES

- ❖ Dependiendo del tipo de suelo, las emulsiones asfálticas varían su compatibilidad con el suelo en el riego de imprimación.
- ❖ Las evaluaciones del desempeño de los riegos de imprimación y de adherencia, mediante las metodologías de penetración del riego de imprimación y ensayo LCB modificado a escala laboratorio, pueden asegurar que los mismos cumplan su función en obra.
- ❖ El riego de imprimación realizado con la emulsión asfáltica N° 1 cumplió con el desempeño esperado para este tipo de riego de: cubrir y ligar partículas minerales sueltas para proteger la superficie, evitar daño en la base-suelo ante el paso vehicular, consolidar e impermeabilizar la superficie y proveer adhesión en la interfase suelo/carpeta asfáltica.
- ❖ El riego de imprimación realizado con RC-250 no cumplió en su totalidad con la función de proteger e impermeabilizar la base-suelo.
- ❖ El mejor desempeño relacionado al riego de adherencia lo presentan las emulsiones asfálticas con un promedio de tensión de corte de 1,43 MPa, mientras que el RC-250 presentó un esfuerzo de corte de 0,70 MPa.
- ❖ La evaluación del desempeño de las emulsiones asfálticas desarrolladas en PDVSA Intevep, para riego de adherencia e imprimación, evidencia que se puede dar inicio al proceso de masificación de las mismas en nuestro país y al progresivo desplazamiento del asfalto diluido RC-250.

REFERENCIAS

- De Montijo, M., Escobar, J., Joskowicz, P. Prueba de emulsiones asfálticas con aplicación en riego de adherencia e imprimación en un tramo experimental (Parte 2) [Informe Técnico]. Los Teques, Venezuela: PDVSA Intevep, 2012. Documento Técnico N° INT-14097, 2012
- De Montijo, M., Escobar, J., Joskowicz, P. Prueba de emulsiones asfálticas con aplicación en riego de adherencia e imprimación en un tramo experimental (Parte 1) [Informe Técnico]. Los Teques, Venezuela: PDVSA Intevep, 2011. Documento Técnico N° INT-13642, 2011
- De Montijo, M., Escobar, J. Desarrollo de emulsiones asfálticas con asfaltos nacionales (Parte 2) [Informe Técnico]. Los Teques, Venezuela: PDVSA Intevep, 2010. Documento Técnico N° INT-13112”, 2010
- De Montijo, M. Desarrollo de emulsiones asfálticas con asfaltos nacionales (Parte 1) [Informe Técnico]. Los Teques, Venezuela: PDVSA Intevep, 2008. Documento Técnico N° INT-12582, 2008
- Sapei, J., González, R., Larizzati, M. y Roberto Tejera. Emulsiones de imprimación su aporte en la adherencia. Jornadas del Asfalto de la Comisión Permanente del Asfalto de Argentina. 2008.