

Efecto del agua en el trabajo de adhesión del sistema asfalto-agregado y el buen desempeño de las mezclas asfálticas



Quím. Diego Moreira

La interacción que se genera entre el ligante asfáltico y el agregado pétreo se encuentra íntimamente relacionada con las composiciones químicas de ambos materiales.

El ligante asfáltico es un derivado del petróleo cuya composición química (% de Asfaltenos, % de Saturados, % de Nafténicos y % de Aromáticos Polares) es sumamente compleja y varía de una fuente de petróleo a otra. En el caso de los agregados pétreos una situación similar se presenta ya que estos se encuentran constituidos por diferentes tipos de compuestos químicos; los cuales dependerán del lugar de origen de los mismos.

Los agregados pétreos con alto contenido de sílice (ácidos) presentan superficies que tienden a ser negativamente cargadas, mientras que agregados pétreos básicos (con bajo contenido de sílice, por ejemplo alto contenido de carbonatos - CO_3^{2-}) tienden a presentar superficies positivamente cargadas. No obstante estos últimos cuando se encuentran en contacto con el agua se ionizan y cargan la superficie del agregado pétreo con una carga negativa.

En cuanto al ligante asfáltico, cuando este posee un Número Acido Total (TAN, por sus siglas en inglés) elevado, mostrará una mayor afinidad hacia superficies positivamente cargadas (agregados

básicos) debido a que presentará la tendencia a ser negativamente cargado; mientras que exhibirá problemas de adhesión particularmente - pero no exclusivamente - con agregados ácidos.

Las propiedades anteriormente mencionadas se encuentran íntimamente relacionadas con la mojabilidad del asfalto sobre la superficie del agregado y por ende con el ángulo de contacto (θ) entre ambas fases involucradas. Este último controlará el trabajo de adhesión (W_A) entre un asfalto y un agregado pétreo y por ende su tendencia a la separación (desnudamiento en la mezcla asfáltica).

Tal fenómeno (desnudamiento) se ve incrementado en presencia de agua debido a un aumento en el ángulo de contacto entre las dos fases, hecho que veremos en los párrafos siguientes.

La separación del agregado y del asfalto en presencia de agua implica un cambio en la energía de Gibbs (G) del sistema, el cual puede describirse mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta G = W_A^{\text{agreg-asf}} = \gamma^{\text{agreg-H}_2\text{O}} + \gamma^{\text{asf-H}_2\text{O}} - \gamma^{\text{agreg-asf}} \quad [1]$$

donde:

$W_A^{\text{agreg-asf}}$ = Trabajo de adhesión entre las fases.

γ = Tensión interfacial entre dos fases.

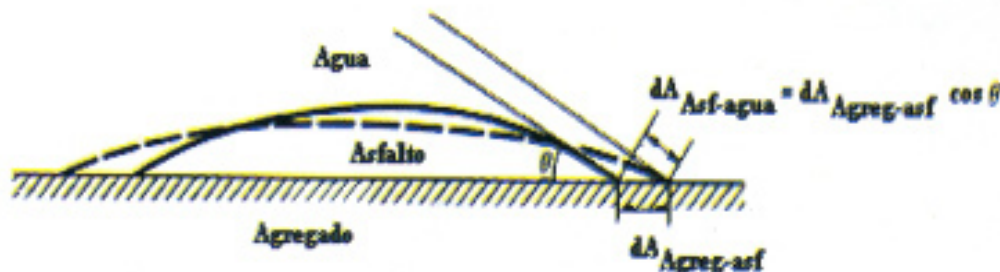


Figura #1. Ángulo de contacto entre asfalto y agregado pétreo.

En dicha ecuación la diferencia ($\gamma_{\text{agreg-H}_2\text{O}} - \gamma_{\text{agreg-asf}}$) puede relacionarse con el ángulo de contacto entre el asfalto y el agregado y, con el valor de $\gamma_{\text{asf-H}_2\text{O}}$. Primero, consideremos una gota de asfalto sobre la superficie del agregado en presencia de agua (figura 1).

Si se aumenta infinitesimalmente la superficie del asfalto sobre el agregado, entonces el cambio en la energía de Gibbs vendrá dado por:

$$dG = \gamma_{\text{agreg-asf}} dA_{\text{agreg-asf}} + \gamma_{\text{agreg-H}_2\text{O}} dA_{\text{agreg-H}_2\text{O}} + \gamma_{\text{asf-H}_2\text{O}} dA_{\text{asf}} \quad [2]$$

además, de la figura 2:

$$dA_{\text{agreg-H}_2\text{O}} = -dA_{\text{agreg-asf}} \quad [3]$$

y,

$$dA_{\text{asf-H}_2\text{O}} = dA_{\text{agreg-asf}} \cdot \cos(\theta) \quad [4]$$

por lo tanto, al sustituir 3 y 4 en la ecuación 2, obtenemos:

$$dG = (\gamma_{\text{agreg-asf}} - \gamma_{\text{agreg-H}_2\text{O}} + \gamma_{\text{asf-H}_2\text{O}} \cdot \cos(\theta)) \cdot dA_{\text{agreg-asf}} \quad [5]$$

En este punto es necesario definir cómo el coeficiente de extensión del asfalto sobre el agregado pétreo a la siguiente relación:

$$\sigma_{\text{agreg-asf}} = -(\delta G / \delta A_{\text{agreg-asf}}) \quad [6]$$

ahora, sustituyendo la relación 6 en la ecuación 5, obtenemos:

$$\sigma_{\text{agreg-asf}} = \gamma_{\text{agreg-H}_2\text{O}} - \gamma_{\text{agreg-asf}} + \gamma_{\text{asf-H}_2\text{O}} \cdot \cos(\theta) \quad [7]$$

Para este sistema, el asfalto es estable con respecto a variaciones en su área sobre el agregado pétreo, es decir que $\sigma_{\text{agreg-asf}} = 0$, por lo que tenemos:

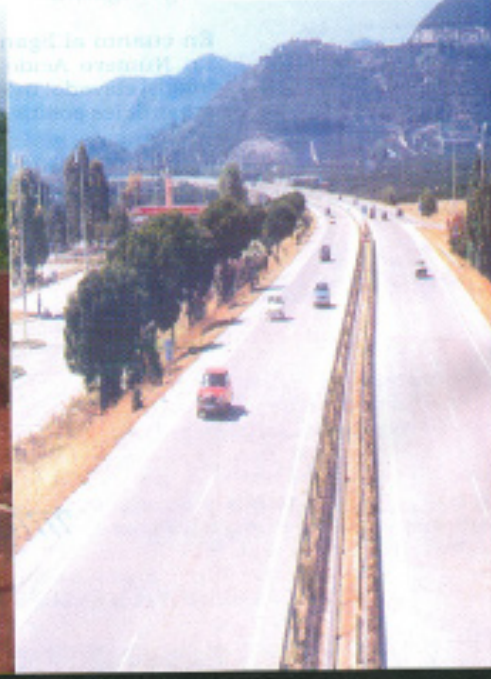
$$\gamma_{\text{agreg-H}_2\text{O}} - \gamma_{\text{agreg-asf}} = \gamma_{\text{asf-H}_2\text{O}} \cdot \cos(\theta) \quad [8]$$

y combinando la ecuación 1 con la ecuación 8, obtenemos una ecuación que nos relaciona el

$W_{\text{Adhesión}}$ del sistema con el ángulo de contacto entre el asfalto y el agregado en presencia de agua:

$$W_A^{\text{agreg-asf}} = \gamma_{\text{asf-H}_2\text{O}} \cdot \{1 + \cos(\theta)\} \quad [9]$$

De esta manera, como es posible observar en la figura 2, un aumento en el ángulo de contacto entre ambas fases involucra una disminución en $W_A^{\text{agreg-asf}}$, hecho que favorece el desnudamiento de la mezcla debido a que será necesaria una fuerza menor para llevar a cabo la separación del asfalto y el agregado pétreo. Por otra parte, en esta misma figura es posible observar como la presencia de agua disminuye el valor de $W_A^{\text{agreg-asf}}$ para un ángulo dado, esto debido a que para un asfalto dado, el valor de la tensión interfacial asfalto-agua es menor que el valor de la tensión superficial del asfalto, confirmandose nuevamente el efecto negativo de la presencia de agua en la mezcla asfáltica.



ESTRUCTURAS

HIDRAULICA

PAVIMENTOS



Constructora
SANCHEZ
CARVAJAL S.A.

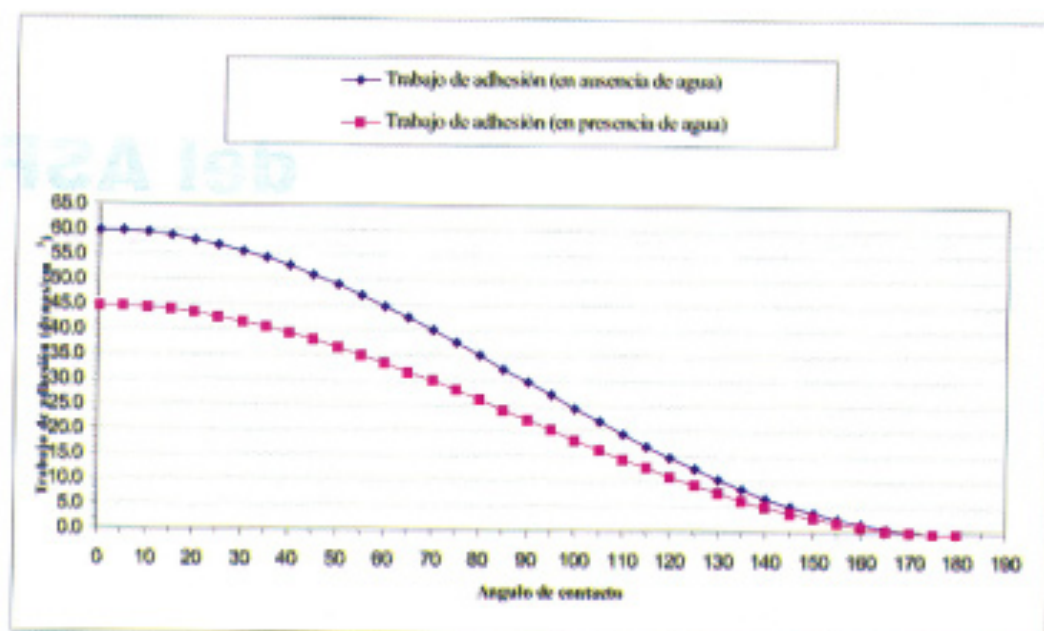


Figura #2. Variación del trabajo de adhesión en el sistema asfalto-agregado con respecto al ángulo de contacto, tanto en condición seca como en presencia de agua.

BIBLIOGRAFIA

- Castellón, Gilbert. *Fisicoquímica*. Addison Wesley Iberoamericana. Delmar, USA. 1987.
- DiBenedetto, A.T. "General Concepts of Adhesion" *Highway Research Record* 340. Highway Research Board, 1970.
- Kiggundu, Badru; Roberts, Freddy. "Stripping in HMA mixtures: State of the art and critical review of test methods" *NCAT Report No.88-2*. National Center for Asphalt Technology. 1988.



Viene de la página 9

Auditoría

La calidad se define como el cumplimiento con los requisitos, no como algo que debe ensalzarse, pues el contratante debe recibir lo que ha pagado y nada inferior. La calidad se logra a través de la prevención, no de la evaluación. La norma de la calidad debe ser cero defectos, no niveles aceptables de calidad.

La auditoría técnica cumple la función de detectar y apoyar la corrección de situaciones en que se opera fuera de lo que se especificó en los planos y especificaciones del contrato.

El objetivo de la auditoría técnica es detectar disconformidades entre lo que exigen las normas y lo que se está efectuando en la realidad. El proceso debe incluir la definición de medidas correctivas, responsables de su ejecución y plazo tras el cual debe realizarse, y verificarse la corrección del problema.

La auditoría técnica debe cubrir todo el proceso de la obra (diseño, contratación, desarrollo del proyecto y cumplimiento de los compromisos contractuales), incluyendo tanto al ejecutor como al supervisor, y debe realizarse con una periodicidad adecuada. Es un recurso de alto nivel, que le permite a la Administración estar presente, simultáneamente, en todos los proyectos y frentes de trabajo, manteniendo bajo control el manejo de las obras y el aseguramiento de las inversiones por medio de un sistema de información actualizado, oportuno y preciso.

Este sistema de control conlleva un mejoramiento continuo de la calidad, sin afectar el desarrollo de las obras, pero lo que es más importante, le garantizará a la ciudadanía que los recursos públicos están siendo bien empleados y que las obras de infraestructura que se hagan prestarán buen servicio durante la vida útil de diseño.