

COMUNICACIÓN 13

LAS EMULSIONES DE MUY ALTA ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO

JOSE LUIS PRADAS DÍAZ

joseluis.pradas@repsol.com

FRANCISCO JOSE LUCAS OCHOA

fjlucaso@repsol.com

LUCÍA MIRANDA PÉREZ

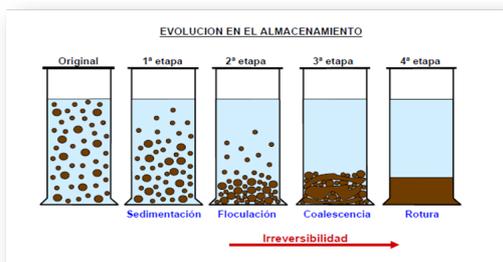
Dirección de Asfaltos, Repsol Lubricantes y
Especialidades, S.A.

marialucia.miranda@repsol.com

LAS EMULSIONES DE MUY ALTA ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO

1. INTRODUCCIÓN

Las emulsiones bituminosas están compuestas por dos fases claramente diferenciadas, que son la fase betún y la fase acuosa formada por agua, emulgentes y agentes reguladores de pH. Debido a la inestabilidad natural de estos productos se produce un proceso en el tiempo, denominado sedimentación, durante el que se provoca la decantación de la fase ligante, con la separación paulatina de agua y betún, lo que al final puede provocar a la vez la rotura total ó parcial de la emulsión, pasando desde un fenómeno típico de sedimentación a la floculación y coalescencia, problemas de trasiego y diferencias de concentración de ligante.



Con la gama de emulsiones que se han desarrollado es posible contar con productos que ralentizan el fenómeno de sedimentación. Por propia definición, estas emulsiones bituminosas reúnen condiciones de alta estabilidad, resultan idóneas para su transporte y almacenamiento, permitiendo una vida útil muy elevada, incluso cuando las condiciones (envases/depósitos empleados, tiempo empleado en el transporte, condiciones atmosféricas, etc) no faciliten esta estabilidad. Han sido desarrolladas para atender la necesidad del aplicador de contar con productos de calidad contrastada, que garanticen un perfecto manejo de la emulsión en cada técnica empleada, independientemente de las condiciones de almacenamiento.

2. OBJETO DEL DESARROLLO

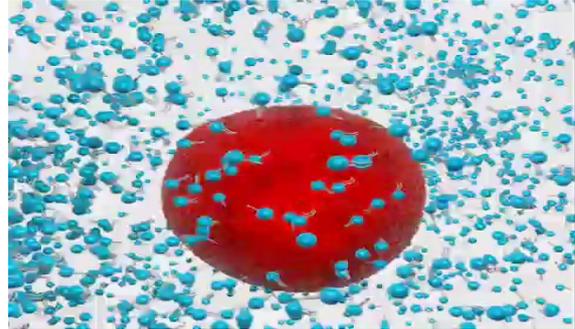
Como en otras ocasiones, en las que ha sido necesario innovar, mejorar un producto ó simplemente responder a las exigencias del mercado, el proyecto que nos ocupa nace de la necesidad de respuesta ante la solicitud de productos que intervienen en la construcción de carreteras, y que presten un plus de calidad, demandado por contratistas y aplicadores. El origen de este desarrollo responde a la demanda de emulsiones ó productos que conserven todas sus propiedades físico-químicas durante un periodo dilatado de tiempo de almacenamiento.

En este proyecto, que nace y se engloba dentro de las actividades de desarrollo que se llevan a cabo como evolución de las emulsiones bituminosas, se trata de obtener productos de muy alta estabilidad al almacenamiento, incluso cuando las condiciones no resulten las más idóneas en cuanto a tanques/cisternas empleados, tiempo y temperatura de transporte, condiciones atmosféricas, tiempo de estancia de almacenamiento, etc.

Existen distintas y variadas definiciones para una emulsión bituminosa, aunque probablemente la más adecuada sea la que señala que una emulsión bituminosa es un "sistema heterogéneo termodinámicamente inestable formado por dos ó varias fases líquidas, constituidas por una fase continua (dispersante) y una ó varias fases discontinuas (dispersa), en forma de pequeñas gotas". La inestabilidad es el resultado del desequilibrio constante al que tiende el sistema que forma la emulsión, disminuyendo de modo progresivo la superficie interfacial existente entre fase acuosa ó continua y betún, es decir, la energía interfacial que debe existir. En este fenómeno intervienen diversos factores que definen la calidad y tipo de emulsión, y que desde el punto de vista de la estabilidad dependen y pueden resumirse en:

La calidad de la película de emulgente (estructura, carga iónica, cantidad, etc).

- Diferencias de densidad de las fases que intervienen.
- Tipo y concentración de emulgente.
- Tamaño de las partículas de betún.
- Distribución granulometría de las partículas de betún.
- Tipo y grado del betún empleado.
- Viscosidad de la emulsión resultante.



Continuando con el estudio de la estabilidad de las emulsiones bituminosas, para conocer cómo funciona este proceso es necesario tener en cuenta las fases que se pueden producir, y que se resumen en tres fenómenos:

- El proceso de Sedimentación es aquel en el los glóbulos de betún de la emulsión van acumulándose paulatinamente en el fondo del tanque, recipiente, cisterna ó sistema de almacenamiento que la contenga. Esto es así por el efecto de la gravedad, y la sedimentación es mayor cuanto más tiempo está almacenada la emulsión (ley de Stokes), que enuncia que la velocidad de sedimentación resulta directamente proporcional al radio de los glóbulos de betún y a la diferencia de densidades de las fases, siendo inversamente proporcional a la viscosidad de la fase acuosa. Sobre estos tres términos es posible actuar con objeto de disminuir la velocidad de sedimentación. El proceso inverso se conoce como Cremado, que está relacionado con la viscosidad de la fase acuosa y que provoca que los glóbulos de betún se acumulen en la zona superior.
- Cuando se produce un fenómeno de Floculación encontramos que las partículas (glóbulos) de betún se adhieren entre ellas parcialmente, pudiéndose determinar la forma de cada una de ellas. Este fenómeno es reversible, pudiendo recuperar la distribución de partículas mediante simple agitación.
- La Coalescencia, fenómeno que suele suponer el inicio de la rotura de la emulsión, es un proceso irreversible en el que los gló-

bulos de betún se unen al desaparecer la capa de emulgente, formando glóbulos de mayor tamaño cada vez.

Teniendo en cuenta estas premisas, para valorar la capacidad de almacenamiento ó estabilidad al almacenamiento que posee una emulsión se emplea el ensayo de Sedimentación (UNE-EN 12847), que consiste en verificar la calidad de la dispersión de una emulsión almacenada en una probeta a los siete días de comenzado este almacenamiento. Medimos la concentración de betún en las zonas superior e inferior de la probeta y del resultado de la resta de porcentajes obtenemos la medida de la sedimentación.

Este ensayo normalizado es el idóneo para comprobar el funcionamiento de la emulsión en cuanto a la conservación de la calidad de dispersión de las fases y las cualidades físico-químicas respecto al tiempo de almacenamiento, teniendo en cuenta que éste probablemente puede prolongarse desde varios días a varias semanas en función de la técnica en que será aplicada en carretera. La "vida útil" de la emulsión pasa por cuatro fases bien definidas, que son fabricación, almacenamiento transporte y aplicación. La fase de almacenamiento, en función del tipo de emulsión, puede llevarse a cabo en la fábrica de emulsiones ó en tanque/cisterna de cliente/destino, ó en ambos a la vez. Cuando se trata de almacenamiento de producto en los tanques de la fábrica de emulsiones podemos contar con un tiempo de estancia prolongado, incluso superior a lo que marca la Ficha Técnica en cuanto al ensayo de sedimentación -7 días-, contando con los medios apropiados para recircular la emulsión en caso necesario y comprobación posterior de sus características en laboratorio, de modo que la emulsión sea suministrada con la garantía adecuada.

Cuando la emulsión se encuentra ya almacenada en el tanque ó cisterna de destino y por diferentes causas no es aplicada (falta de tajo de obra, climatología adversa, etc), es habitual no contar con los mismos medios de almacenamiento, conservación y control de una factoría de emulsiones, lo que implica la decantación-sedimentación de la fase

dispersa (betún) de un modo más ó menos rápido, dependiendo, como ya se ha citado, del diámetro de los glóbulos de betún y densidad y viscosidad de las fases (Ley de Stokes). Esto es así y depende del tipo de emulsión y de su formulación.

En las diferentes técnicas de aplicación de emulsiones nos encontramos con este posible problema, que tiene como consecuencia la generación de incidencias para extraer el producto del tanque, formación de "bolas" de betún a partir de la floculación y posterior coalescencia de la emulsión, con aspecto grosero y con resultados del ensayo de Tamizado (UNE-EN 1429) muy superiores al máximo definido. Este fenómeno puede producirse en todos los tipos de emulsión que tenemos a disposición en este momento en el mercado español, siendo apenas perceptible y problemático con emulsiones de alta concentración de ligante ó que cuenten con una viscosidad elevada, tipo C69B2 TRG, C67B2 MBC ó C67BF3 MBA, viéndose incrementado cuando hablamos de las típicas emulsiones diseñadas para riegos auxiliares, tipo C60B3 ADH y CUR, C50BF5 IMP, C60BF4 IMP, etc, Reciclados (C60B5 REC) y Microaglomerados (C60B4 MIC), y sus respectivas emulsiones modificadas con polímeros. Las emulsiones diseñadas para riegos auxiliares, por añadidura, son aplicadas generalmente en poca cantidad debido a su baja dotación sobre la superficie de actuación, lo que provoca en la práctica que cada lote de fabricación deba ser almacenado y empleado en varias fases, con un tiempo de almacenamiento no idéntico para el conjunto del lote de fabricación.

En España contamos con emulsiones catiónicas de alta calidad que, diseñadas y fabricadas bajo la Norma europea 13808, responden a una serie de requisitos que aseguran el proceso y el resultado final de cada producto. Históricamente se han exigido emulsiones con propiedades de almacenabilidad relativamente altas, no debiendo arrojar un resultado superior a 10 a los 7 días de estancia en probeta (ensayo de sedimentación según UNE-EN 12847) según esta Norma y su Anexo Nacional.

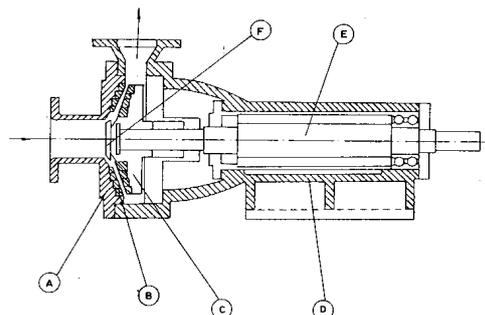
Con el desarrollo que nos ocupa se pretende exponer el diseño, fabricación y aplicación de emul-

siones de alta estabilidad al almacenamiento, que, respetando todas las características recogidas en la Norma UNE-EN 13808 y su Anexo Nacional español, respondan a la necesidad de contar con emulsiones que sean empleables y aplicables incluso tras un periodo muy prolongado de estancia en tanque de almacenamiento, en cualquier condición climática de trabajo.

3. DESARROLLO

Para el desarrollo y búsqueda del mejor producto que reúna estas condiciones se planifica la actuación del siguiente modo:

- Elección de las emulsiones bituminosas más susceptibles de sedimentación.
- Trabajo de Laboratorio. Plantas piloto.
- Pruebas de fabricación a nivel industrial.
- Seguimiento de la vida del producto en planta industrial.
- Comercialización.
- Puesta en valor del producto.



Una vez efectuado el recorrido por los estadios anteriores, podemos trabajar con emulsiones bituminosas de muy alta estabilidad al almacenamiento, que sobre todo, están indicadas para trabajar en actuaciones y lugares que exigen un tiempo prolongado de almacenamiento y transporte. Estas emulsiones son especialmente recomendadas para estancia prolongada en cisternas nodriza para trabajos de equipos de conservación y mantenimiento y para su transporte y aplicación en el extranjero.

3.1 Desarrollo en Laboratorio

El trabajo de desarrollo consiste en el estudio en laboratorio de las fórmulas idóneas para la fabricación de las emulsiones elegidas. El estudio tiene en cuenta sobre todo la *Tendencia a la Sedimentación* de estas emulsiones que denominaremos "de Larga Vida", mediante el ensayo EN 12847, contemplando períodos de almacenamiento de 7, 14, 21 y 28 días, con el objetivo de determinar la clase prestacional adecuada para ésta característica técnica. Es preciso comentar que en la mayoría, si no todas, de las familias de emulsiones bituminosas ensayadas y probadas, incluso a escala industrial, éste periodo de tiempo de almacenamiento se supera con creces, manteniendo los parámetros de sedimentación dentro de lo que prescribe la Normativa.

En los estudios que se llevan a cabo en Laboratorio se procede a la fabricación de diferentes emulsiones, que son: C60B3 ADH; C65B2 TRG; C67BF3 MBA; C60B4 MIC y C60B3 TER, tomadas como referencia frente a sus respectivas homónimas de "Larga Vida" ó de Alta estabilidad al Almacenamiento. Estas emulsiones, que son probablemente las requeridas con mayor asiduidad, sufren en mayor ó menor medida estancias de almacenamiento prolongado, aumentando éste en casos de transportes a larga distancia y para aquellos trabajos que requieren contar con una ó varias cisternas nodriza para abastecer a cuadrillas de trabajo ó equipos de conservación con trabajo en días alternos y no continuados. Mediante las pruebas de fabricación y posteriores ensayos a los

que se somete el producto, es posible comprobar cómo existe una ganancia de vida del producto ante el efecto de la sedimentación, fundamentando las variaciones en fórmula en el análisis de propiedades de la emulsión tales como la viscosidad y concentración de ligante.

Los resultados obtenidos y que se resumen a continuación, arrojan datos que permiten contar con un producto estable al almacenamiento. En definitiva, las pruebas se centran en la fabricación de emulsiones-problema que son formuladas al límite de especificaciones, buscando de este modo la obtención de datos comparativos útiles.

En la tabla siguiente (tabla 1) se recogen los resultados más significativos de las emulsiones en cuanto a su tendencia a la sedimentación, expresada ésta como la diferencia en el contenido de agua entre la capa superior e inferior de un volumen determinado de muestra después de permanecer ésta en posición vertical a tª ambiente durante un período de tiempo determinado (7, 14, 21 y 28 días):

TIPO DE EMULSIÓN	TENDENCIA A LA SEDIMENTACIÓN; días/%			
	7 días	14 días	21 días	28 días
C60B3 ADH	3,5	10,0	18,2	32,1
C60B3 ADH Alta Estab.	0,1	0,2	1,3	10,4
C65B2 TRG	1,0	2,8	6,5	9,2
C65B2 TRG Alta Estab.	0,4	-0,6	0,5	4,0
C67BF3 MBA	1,0	5,6	8,8	11,7
C67BF3 MBA Alta Estab.	-0,6	-2,1	0	4,4
C60B4 MIC	7,7	15,8	21,0	29,4
C60B4 MIC Alta Estab.	0,6	2,4	5,8	7,5
C60B3 TER	4,4	17,2	31,0	44,2
C60B3 TER Alta Estab.	0,2	3,2	4,7	8,5

Tabla 1.- Resultados generales de sedimentación de las emulsiones ensayadas

Continuando la serie de ensayos, a continuación se reflejan los datos de sedimentación de cada emulsión de manera particular, efectuando la comparativa entre emulsión estándar y de alta estabilidad al almacenamiento:

Emulsiones C60B3 ADH

Para la emulsión bituminosa catiónica destinada a riego de adherencia C60B3 ADH los resultados, expresados en porcentaje en masa, han sido los siguientes:

TENDENCIA A LA SEDIMENTACIÓN*	PERÍODO ALMACENAMIENTO			
	7 días	14 días	21 días	28 días
C60B3 ADH	3,5	10	18	32
C60B3 LONG LIFE	0,1	0,2	1,3	10,4

Tabla 2.- Resultados de tendencia a la sedimentación emulsiones C60B3- ADH

Tendencia a la Sedimentación; EN 12847

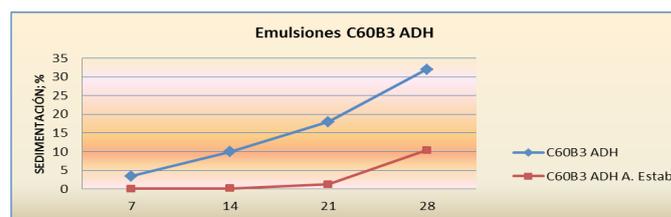


Gráfico 1.- Tendencia a la Sedimentación de emulsiones tipo C60B3 ADH

Las emulsiones C60B3 ADH presentan una clara tendencia a aumentar su velocidad de sedimentación a partir de las dos semanas de almacenamiento, llegando al límite normativo de 10% a los 14 días. Confrontando este dato con las emulsiones C60B3 ADH de Alta Estabilidad, éste fenómeno se empieza a observar a los 28 días de almacenamiento. Éste es un dato interesante, aunque quizá sea más interesante aún focalizar el interés en el dato comparativo que se obtiene para ése

mismo punto de sedimentación (10%), que en el primer caso se alcanza a los 14 días y al que en el análisis de la emulsión de Alta Estabilidad se llega tras un almacenamiento de 4 semanas (28 días).

Las características técnicas de la emulsión C60B3 ADH de Alta Estabilidad quedan definidas en la siguiente tabla y cumplen con todos los requisitos de la norma EN 13808:2013 de Emulsiones Bituminosas Catiónicas y Anexo Nacional:

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	CLASE
Polaridad de las partículas	-	EN 1430	Positivo	-
Valor a rotura	-	EN 13075-1	70 a 155	3
Contenido en ligante (a partir del contenido en agua)	% en masa	EN 1428	58 a 62	6
Contenido en ligante recuperado (por destilación)	% en masa	EN 1431	≥58	6
Contenido en fluidificante por destilación	% en masa	EN 1431	≤2,0	2
Tiempo de fluencia, 2mm a 40°C	s	EN 12846	15 a 70	3
Residuo de tamizado, tamiz 0,5 mm	% en masa	EN 1429	≤0,1	2
Tendencia a la sedimentación (28 días almacenamiento)	% en masa	EN 12847	≤10	3

Tabla 3.- Características emulsión C60B3 ADH de Alta Estabilidad al Almacenamiento UNE-EN 13808

Emulsiones C65B2 TRG

Para las emulsiones bituminosas catiónicas destinadas a tratamientos superficiales mediante riegos con gravillas tipo C65B2 TRG los resultados de sedimentación expresados en porcentaje en masa, han sido los siguientes:

TENDENCIA A LA SEDIMENTACIÓN*	PERÍODO ALMACENAMIENTO			
	7 días	14 días	21 días	28 días
C65B2 TRG	1	2,8	6,5	9,2
C65B2 TRG Alta Estabilidad	0,4	-0,6	0,5	4

Tabla 4.- Resultados tendencia a la sedimentación emulsiones C65b2 TRG

Las emulsiones tipo C65B2 TRG mantiene un valor de muy baja sedimentación en todo caso. Estas

emulsiones, como es sabido, están diseñadas con una concentración media-alta de fase ligante, lo que le dota, por una parte una viscosidad adecuada a su empleo, que por otra parte facilita una estabilidad al almacenamiento algo más elevada que emulsiones con una concentración más ligera en fase betún.

Tendencia a la Sedimentación; EN 12847

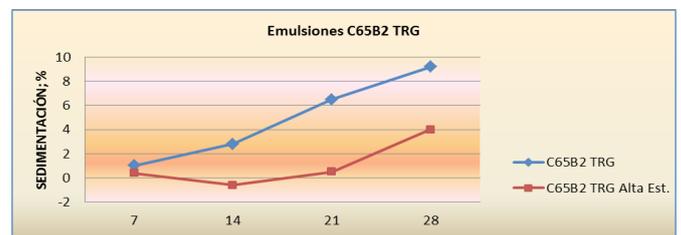


Gráfico 2.- Tendencia a la Sedimentación de emulsiones tipo C65B2 TRG

Observado los datos de la tendencia a la sedimentación de esta emulsión podemos comprobar por un lado, que nos movemos siempre dentro de las exigencias que la normativa nos impone, y por otro lado, más importante desde el punto de vista de la aplicación final del producto, que en condiciones normales de almacenamiento podemos contar con una emulsión que responde perfectamente a los requisitos recogidos y exigidos en la Normativa vigente incluso por encima del mes de almacenamiento.

Las características técnicas de la emulsión C65B2 TRG de Alta estabilidad quedan definidas en la siguiente tabla de datos y clases prestacionales:

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	CLASE
Polaridad de las partículas	-	EN 1430	Positivo	-
Valor a rotura	-	EN 13075-1	<110	2
Contenido en ligante (a partir del contenido en agua)	% en masa	EN 1428	63 a 67	7
Contenido en ligante recuperado (por destilación)	% en masa	EN 1431	≥63	7
Contenido en fluidificante por destilación	% en masa	EN 1431	≤2,0	2
Tiempo de fluencia, 4mm a 40°C	s	EN 12846	5 a 70	5
Residuo de tamizado, tamiz 0,5 mm	% en masa	EN 1429	≤0,1	2
Tendencia a la sedimentación (28 días almacenamiento)	% en masa	EN 12847	≤5	2

Tabla 5.- Características emulsión C65B2 TRG de Alta Estabilidad al Almacenamiento UNE-EN 13808.

Emulsiones C67BF3 MBA

Para la emulsión bituminosa catiónica destinada a mezclas bituminosas en frío C67BF3 MBA los resultados sedimentación expresados en porcentaje en masa, han sido los siguientes:

TENDENCIA A LA SEDIMENTACIÓN*	PERÍODO ALMACENAMIENTO			
	7 días	14 días	21 días	28 días
C67BF3 MBA	1,0	5,6	8,8	11,7
C67BF3 MBA Alta Estab.	-0,6	-2,1	0	4,4

Tabla 6.- Resultados tendencia a la sedimentación emulsiones C67BF3 MBA

Tendencia a la Sedimentación; EN 12847

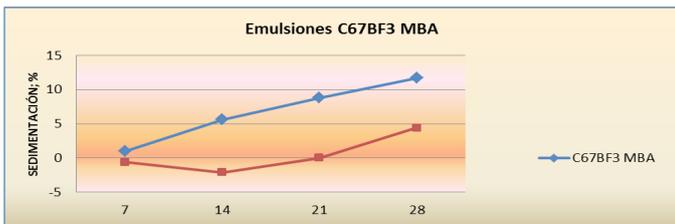


Gráfico 3.- Tendencia a la Sedimentación de emulsiones tipo C67BF3 MBA

La emulsión C67BF3 MBA estándar sigue la tendencia habitual para este tipo de emulsiones en cuanto a sedimentación, aumentando de modo uniforme este resultado, aunque respondiendo perfectamente según su diseño y viscosidad resultante. Mejorando este resultado, la emulsión C67BF3 MBA de Alta Estabilidad es capaz de mantenerse por debajo del 5% de sedimentación a los 28 días de ensayo.



Las características técnicas de la emulsión **C67BF3 de Alta Estabilidad** cumplen con todos los requisitos de la norma EN 13808:2013 de Emulsiones Bituminosa Catiónicas y Anexo Nacional, y quedan definidas en la siguiente tabla :

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MÉTODO ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	CLASE
Polaridad de las partículas	-	EN 1430	Positivo	-
Valor a rotura	-	EN 13075-1	70 a 155	3
Contenido en ligante (a partir del contenido en agua)	% en masa	EN 1428	65 a 69	8
Contenido en ligante recuperado (por destilación)	% en masa	EN 1431	≥65	8
Contenido en fluidificante destilación	% en masa	EN 1431	≤10,0	6
Tiempo de fluencia, 4mm a 40°C	s	EN 12846	5 a 70	5
Residuo de tamizado, tamiz 0,5 mm	% en masa	EN 1429	≤0,1	2
Tendencia a la sedimentación (28 días almacenamiento)	% en masa	EN 12847	≤5	2

Tabla 7.- Características emulsión C67BF3 MBA de Alta Estabilidad al Almacenamiento UNE-EN 13808

Emulsiones C60B4 MIC

Para la emulsión bituminosa catiónica destinada a Lechadas Bituminosas y Microaglomerados en Frío tipo C60B4 MIC los resultados de sedimentación expresados en porcentaje en masa, han sido los siguientes:

TENDENCIA A LA SEDIMENTACIÓN*	PERÍODO ALMACENAMIENTO			
	7 días	14 días	21 días	28 días
C60B4 MIC	7,7	15,8	21,0	29,4
C60B4 MIC Alta Estab.	0,6	2,4	5,8	7,5

Tabla 8.- Resultados tendencia a la sedimentación emulsiones C60B4 MIC

Tendencia a la Sedimentación; EN 12847

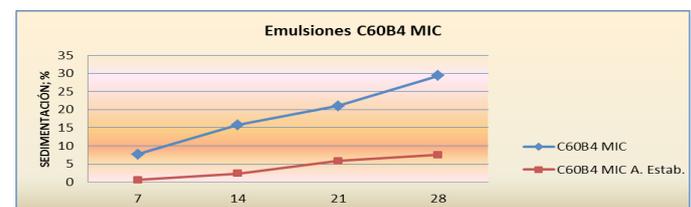


Gráfico 4.- Tendencia a la Sedimentación de emulsiones tipo C60B4 MIC

Los datos que arroja los ensayos de sedimentación sobre este tipo de emulsión dejan claro que, tal como es posible prever observando el diseño de la emulsión C60B4 MIC Estándar, su velocidad de sedimentación indica que su empleo tras una estancia en tanque de aproximadamente 10-14 jornadas puede presentar los primeros indicios de diferencia de concentración de las fases. Mejorando notablemente este dato, encontramos que los resultados de velocidad y porcentaje de sedimentación en la emulsión tipo C60B4 MIC de Alta estabilidad es notablemente inferior, de modo que en un tiempo superior a los 28 días de estancia, presenta una decantación inferior al 10%. Este dato hace especialmente atractivo el empleo de este tipo de emulsión en obras localizadas en lugares lejanos ó muy lejanos del centro de producción ó actuaciones que requieren numerosas actuaciones programadas ó no programadas por motivos administrativos ó propios de la logística de obra.

Las características técnicas de la emulsión **C60B4 MIC de Alta Estabilidad** cumplen con todos los requisitos de la norma EN 13808:2013 de Emulsiones Bituminosa Catiónicas y Anexo Nacional, y quedan definidas en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	CLASE
Polaridad de las partículas	-	EN 1430	Positivo	-
Índice de ruptura (filler Forshammer)	-	EN 13075-1	110-195	4
Contenido en ligante (a partir del contenido en agua)	% en masa	EN 1428	58 a 62	6
Contenido en ligante recuperado (por destilación)	% en masa	EN 1431	≥58	6
Contenido en fluidificante por destilación	% en masa	EN 1431	≤2,0	2
Tiempo de fluencia, 2mm a 40°C	s	EN 12846-1	15 a 70	3
Residuo de tamizado, tamiz 0,5 mm	% en masa	EN 1429	≤0,1	2
Tendencia a la sedimentación (28 días almacenamiento)	% en masa	EN 12847	≤10	3

Tabla 9.- Características emulsión C60B4 MIC de Alta Estabilidad al Almacenamiento UNE-EN 13808

Emulsiones C60B3 TER

Para la emulsión bituminosa catiónica C60B3 TER, destinada a riegos de adherencia temoadherentes

de alta calidad, los resultados de sedimentación expresados en porcentaje en masa, han sido los siguientes:

TENDENCIA A LA SEDIMENTACIÓN*	PERÍODO ALMACENAMIENTO			
	7 días	14 días	21 días	28 días
C60B3 TER	4,4	17,2	31,0	44,2
C60B3 TER Alta Estab.	0,2	3,2	4,7	8,5

Tabla 10.- Resultados tendencia a la sedimentación emulsiones C60B3 TER

Tendencia a la Sedimentación; EN 12847

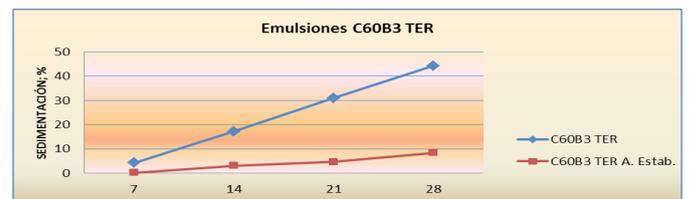


Gráfico 5.- Tendencia a la Sedimentación de emulsiones tipo C60B3 TER



Esta emulsión estándar presenta habitualmente un periodo de estabilidad relativamente corto, debido sobre todo al empleo de un betún duro (15/25 ó 35/50) y la diferencia de densidades en las fases, lo que explica que tengamos ya a los 14 días valores cercanos a 20% de sedimentación. Cuando se trata de la emulsión diseñada como Alta Estabilidad los valores de tendencia a la sedi-

mentación son inferiores a 10% en 28 días, lo que permite afirmar que es utilizable y aplicable con garantías en un periodo muy superior, como se ha demostrado en aplicaciones a escala industrial.

Las características técnicas de la emulsión C60B3 TER de Alta Estabilidad cumplen con todos los requisitos de la norma EN 13808:2013 de Emulsiones Bituminosa Catiónicas y Anexo Nacional, y quedan definidas en la siguiente tabla :

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	CLASE
Polaridad de las partículas	-	EN 1430	Positivo	-
Índice de ruptura (filler Forshammer)	-	EN 13075-1	70 a 155	3
Contenido en ligante (a partir del contenido en agua)	% en masa	EN 1428	58 a 62	6
Contenido en ligante recuperado (por destilación)	% en masa	EN 1431	≥58	6
Contenido en fluidificante por destilación	% en masa	EN 1431	≤2,0	2
Tiempo de fluencia, 2mm a 40°C	s	EN 12846-1	15 a 70	3
Residuo de tamizado, tamiz 0,5 mm	% en masa	EN 1429	≤0,1	2
Tendencia a la sedimentación (28 días almacenamiento)	% en masa	EN 12847	≤10	3

4. APLICACIONES DE LAS EMULSIONES DE ALTA ESTABILIDAD

Las emulsiones de Alta Estabilidad se emplean en toda la gama de técnicas de carretera, yendo desde los típicos y necesarios riegos de adherencia entre capas de MBC y MBF hasta las MAF y Templadas con emulsión, incluyendo Microaglomerados en Frío, Reciclado de pavimentos en frío y templados en central y riegos auxiliares y con gravilla (TRG).

CONCLUSIONES

En respuesta a peticiones lanzadas desde el sector, cada vez más recurrentes en cuanto a la necesidad de contar con emulsiones bituminosas que respondan a unos requerimientos de estabilidad al almacenamiento cada vez más exigentes, se desarrollan las que denominamos "Emulsiones de

Muy Alta Estabilidad al Almacenamiento" ó de "Larga Vida".

El objetivo de esta comunicación es exponer las características técnicas y posibles ventajas de estas emulsiones, entendiendo su desarrollo como una evolución/innovación sobre las recogidas en la Normativa española, y una respuesta a las necesidades que el sector de la construcción de carreteras está solicitando. Podemos afirmar que una vez más se cumple aquello de que "de una necesidad nace una oportunidad".

Las emulsiones desarrolladas responden a todos los parámetros y requisitos exigidos y necesarios para su empleo en las diferentes y variadas técnicas que la emulsión nos ofrece. En este sentido, el objetivo es contar con productos amigables con el medio ambiente, válidos tanto para soportar un dilatado periodo de tiempo de transporte desde factoría de fabricación y estancia en trasiego y destino (aplicación en obras internacionales), como para poder ser almacenados largo tiempo en cisternas nodriza y depósitos situados en bases y parques de equipos de obras de conservación, con trabajos habituales de bacheo, reposición de firme, riegos protectores, etc.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- .-Miguel Angel del Val Melús y Alberto Bardesi Orúe-Echevarría, "Manual de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico" año 1991.
- .- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), Orden FOM/2523/2014 de 12 de diciembre.

.-Norma UNE-EN 13808 "Betunes y ligantes bituminosos; Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas". Diciembre 2013.

.-Francisco José Lucas Ochoa; M^a Agustina Aguila; José Luis Pradas, Emulsiones de muy Alta Estabilidad al Almacenamiento; XVIII CILA 2015.

.-Section des fabricants d'émulsion routière de bitume (SFERB); « Les émulsions de bitume », 2006.

.-Las emulsiones de betún, su química-física; Pedro Ferré (Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas, ATEB).