COMUNICACIÓN 09

APORTACIÓN DE ÁRIDO RECICLADO MIXTO CON PREDOMINIO DE HORMIGÓN PARA LA SUSTITUCIÓN DE PARTE DEL ÁRIDO FINO EN LA FABRICACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS

ENRIC VÁZQUEZ RAMONICH
DR. CIENCIAS QUÍMICAS. CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD. ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE BARCELONA

MARILDA BARRA
DRA. EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN. PROFESORA DE UNIVERSIDAD. ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE BARCELONA

LLUÍS MORENO LASALLE
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
VIASFALT

FCO. JAVIER SOPENA CANALS
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
VIASFALT

IGNACIO VALERO LÓPEZ
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
G.R.C.

JOSÉ REBOLLO PERICOT
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
PENTAEDRO

TOMÁS ANDREU
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
EPTISA

ALFREDO BALMACEDA
DIRECTOR TÉCNICO
ZICLA

APORTACIÓN DE ÁRIDO RECICLADO MIXTO CON PREDOMINIO DE HORMIGÓN PARA LA SUSTITUCIÓN DE PARTE DEL ÁRIDO FINO EN LA FABRICACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto es estudiar si la fabricación una mezcla AC 22 bin S con árido reciclado mixto con predominio de hormigón es viable técnica y económicamente. Para ello se ha realizado una prueba piloto de evaluación, sustituyendo en la mezcla la fracción de árido fino y filler por árido reciclado del residuo de la construcción controlado del mismo tamaño granulométrico.

El proyecto se ha estructurado en una primera fase de diseño de la mezcla, una posterior de ejecución y control de un tramo de prueba, valoración de los resultados obtenidos y finalmente un estudio de viabilidad económica y medioambiental.

ANTECEDENTES

La optimización de recursos ha sido siempre una prioridad en los proyectos de ingeniería. Por ello nuestro grupo de trabajo busca valorizar residuos e integrarlos nuevamente en la cadena productiva.

Los áridos reciclados procedentes de los residuos de construcción y demolición se han utilizado con mayor frecuencia en matrices con conglomerante hidráulico. También hay algunos estudios sobre la aplicación de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición en conglomerante bituminoso, pero no los hay de la utilización de árido fino y filler reciclado.

Los componentes más comunes de los residuos de construcción y demolición son el hormigón, la piedra y los elementos cerámicos triturados, y pueden obtenerse separados o mezclados en forma de un todo-uno. Suelen clasificarse en hormigón y mixto. Los residuos cerámicos rara vez se separan. En la figura 1 se presenta fotografía de la planta de la Gestora de Runes de la Construcció tiene en Les Franqueses del Vallès (Barcelona).

Figura 1. Fotografía de la planta de reciclado de Les Franqueses del Vallès.

La fracción conocida como árido fino y que ha sido objeto de este estudio, tiene un tamaño de grano inferior a 4 mm y una densidad media de 1,6 t/m^3. Asimismo, la fracción filler tiene un tamaño de grano inferior a 0,063 mm y la densidad en tolueno está entre 0,5 y 0,8.

Parte de este proyecto ha sido realizado con una subvención[1] del departamento de "MediAmbient" de la Generalitat de Catalunya, dentro del programa de Investigación de la "Agència de Residus", para el fomento de la investigación medioambiental para el reciclaje de residuos de construcción y demolición.

DISEÑO DE LA MEZCLA

El trabajo ha consistido en una fase previa de identificación de los materiales y una posterior dosificación teórica. En el proceso de identificación de los materiales se detectó que la arena RCD[2] contiene un bajo contenido en filler.

Es necesario por tanto aportar una cantidad de filler adicional que dote a la mezcla de las características necesarias para cumplir con la normativa. Y ello supondrá un aumento sobre el coste de la fabricación respecto a las mezclas convencionales.

El dimensionamiento de las cargas se hizo en función de la producción esperada de la planta de asfalto, dado que el tramo de prueba está ubicado en su acceso. Y el proyecto de mezclas se preparó de acuerdo con:

- La caracterización efectuada de los residuos de construcción y demolición,
- El tráfico de diseño: 4,6 x 10^4 ejes equivalentes de 13Tn[3]
- Los áridos empleados.

Todo ello de acuerdo con las exigencias del PG3 – Artículo 54:

- Huso granulométrico AC 22 bin S,
- Huecos de la mezcla de acuerdo con la categoría de tráfico: 3-5%,
- Relación filler - betún: 1,2,
- Resistencia conservada a tracción indirecta después de la inmersión, de acuerdo con la UNE-EN 12697-12> 80%.

Los ensayos del laboratorio de materiales de la ETSECCPB[4] de la UPC[5], definieron, en los primeros tanteos, que la naturaleza del filler de aportación óptimo es la de carbonato cálcico, porque se ajusta mejor al índice de huecos en mezcla.

De los trabajos de caracterización de los materiales y dosificación se obtuvo como resultado una mezcla con arena de áridos reciclados mixto con predominio del hormigón que cumple con las exigencias del artículo 54 del PG3 y se presenta en la figura 2.

La utilización de la arena RCD (que al ser compuesta principalmente de hormigón triturado tiene fuerte carácter alcalino) favorece la adhesividad, como puede deducirse del buen resultado de resistencia a tracción conservada tras la acción del agua.

La arena de RCD tiene una absorción muy superior a las arenas convencionales, lo que determina que al utilizar una cantidad del 33% en la mezcla la absorción global aumente, y ello obliga a incrementar el porcentaje de betún sobre mezcla. Llegando a ser el porcentaje que asegura la suficiente resistencia a la tracción indirecta un 0,2% más alto que en una mezcla convencional.

Grava[1] 27%, Graveta[2] 37%, Arena RCD 33%, Filer Clariana 3%								
Tamís	32	22	16	8	2	0,5	0,25	0,063
% passa	100	90,1	79,2	63,2	31,7	16,7	10,9	5,7

Figura 2. Dosificación de los áridos y uso granulométrico.

Figura 3. Tramo de prueba ejecutado.

TRAMO DE PRUEBA

A la vista del buen comportamiento de la mezcla se ha procedido a la fabricación y extendido de la mezcla sobre un tramo de prueba.

Este consta de una longitud de unos 750 m con un ancho medio de 4,5 metros y un espesor medio de 6,5 cm. El tramo se subdividió en sub-tramos para aislar diferentes comportamientos de la explanada del camino.

Sobre dicho pavimento se ha realizado inicialmente una prueba de deflexión de impacto, con medición de hasta 100 puntos de control, sobre tres ejes de posible rodada. Transcurridos seis meses y el paso de 10.186 ejes pesados se ha repetido el ensayo de deflexión de impacto para evaluar el deterioro del firme.

El estudio se ha basado pues en comparar directamente, en cada punto analizado, la evolución de la deflexión medida en cada momento, constatando que se produce una reducción de las propiedades elásticas, es decir un daño por envejecimiento.

Deflectómetro L= 40 m, a 1,5 m de cuneta

	0	20	30	45	60	90	120
t 0	-269	-142	-81	-45	-33	-24	-19
t 1	-290	-189	-128	-72	-42	-24	-19
Diferencia	-21	-47	-47	-27	-9	0	0

Observaciones => Más deformación en 2º y 3º geófono que en 1º

Figura 4. Comparación de Deflexiones.

En la figura 4 se presenta una de las gráficas de las deflexiones obtenidas al inicio t^0 y en la segunda pasada t^1, así como su diferencia.

De la interpretación de las lecturas del deflectómetro se desprende que hay una gran dispersión de deflexiones y de valores de módulos elásticos, que puede ser debida por influencia de la explanada o por el efecto de la temperatura[6] del pavimento.

Simultáneamente se ha estudiado la ley de fatiga de la mezcla, ensayos de la cual se han llevado acabo en el laboratorio de materiales de la ETSECCPB[7] de la UPC[8].De éstos se obtiene que la ley de fatiga de la mezcla con arena de RCD, obtenida de acuerdo a la UNE- EN 12697-24, revela que es una mezcla más rígida, muy parecida a una mezcla de alto módulo. Como se muestra en la figura 5.

Parece, según se deduce de la gráfica, que la durabilidad de la mezcla es superior a la de una mezcla convencional. Estos resultados llaman la atención y pueden abrir la puerta a nuevas aplicaciones de la mezcla estudiada.

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Por otra parte también se ha valorado la viabilidad económica de la utilización de los áridos RCD respecto a una mezcla convencional. Esta viene determinada por el precio final de la mezcla.

Como factores de incremento de coste de fabricación respecto a una mezcla convencional tipo AC 22 S tenemos:

- Incremento del porcentaje de betún. Factor a tener muy en cuenta dado que el betún es la materia prima con un mayor peso sobre el coste de fabricación.

- El uso de filler de aportación[9].

Por otro lado el precio de las arenas RCD es inferior al precio de la arena de cantera.

Todo ello supone un sobre coste final en la fabricación de un 3%[10] respecto una mezcla convencional.

También es importante tener en cuenta el valor ambiental, que radica en la sustitución de un ma-

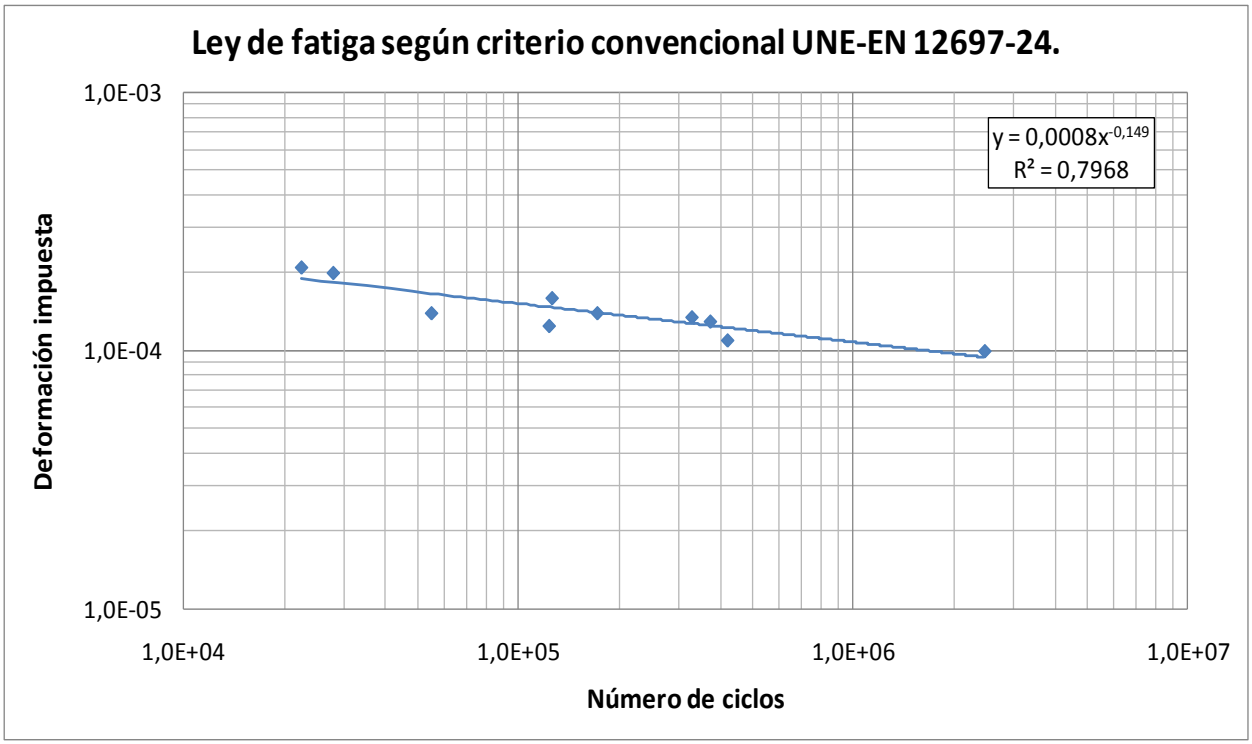

Figura 5. Ley de fatiga según criterio UNE-EN 12697-24.

terial natural por otro reciclado. El valor ambiental viene dado por:

- Ahorro de espacio en el vertedero: por cada tonelada de arena que se aprovecha, se evita el empleo de 0,62 m^3 de espacio en el vertedero.

- Reducción de las emisiones de CO_2[11].

Estos valores ambientales superan con creces el mayor coste de utilización de RCD.

CONCLUSIONES

El proyecto ha permitido demostrar que la sustitución del árido fino y del filler por arenas RCD en una mezcla asfáltica AC 22 bin S para una tráfico T41 es viable desde el punto de vista técnico y ambiental. Y así lo pone de manifiesto los controles de calidad efectuados.

En cuanto a la viabilidad económica, aunque el coste de la mezcla diseñada supera el coste de una mezcla convencional, si tenemos en cuenta el valor económico medioambiental que significa la revalorización de un residuo, podemos afirmar que es viable.

Además, y a falta de estudios más exhaustivos habrá que valorar la mejora de la durabilidad de la mezcla respecto a una convencional, por lo que se propone seguir investigando con el uso de estas arenas en cuanto a su vida útil y al incremento de rigidez.

NOTAS DEL ARTÍCULO

[1] La ayuda asignada por la Generalitat de Catalunya al proyecto ha permitido que el alcance del mismo haya sido de una mayor envergadura, llegando más lejos en la ejecución y obtención de datos.

[2] Residuos de la Construcción y la Demolición.

[3] El tráfico de diseño expresado según las categorías de la Norma 6.1 IC corresponde a un T41.

[4] Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona de aquí en adelante ETSECCPB.

[5] Universidad Politécnica de Cataluña de aquí en adelante UPC.

[6] Las temperaturas han sido de 31,1 ° C en el caso t^0, medida en agosto, y 6,9 ° C en el t^1, medida en febrero.

[7] Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona de aquí en adelante ETSECCPB.

[8] Universidad Politécnica de Cataluña de aquí en adelante UPC.

[9] En las mezclas convencionales utilizadas como patrón, no es necesario la aportación de filler, ya que disponen de un exceso de filler apto, aunque el PG3 exige al menos un 50% en capas intermedias.

[10] Con cálculo de costes referenciados al mes de agosto 2011.

[11] De acuerdo con el estudio realizado por la Agencia de Residuos de Cataluña del año 2009, por cada tonelada de arena reciclada utilizada se puede evitar la emisión de 23 kg de CO_2, el equivalente a las emisiones correspondientes a un vehículo de turismo que recorre 128 km.

REFERENCIAS

- Pérez, I.: Caracterización del comportamiento a fatiga de mezclas bituminosas en caliente fabricadas con áridos reciclados. Anales de la Mecánica de Fractura vol.1, 2007.

- Pérez, I.; Toledano, M.; Gallego, J. y Taibo, J.: Propiedades mecánicas de mezclas bituminosas en caliente fabricadas con áridos reciclados de residuos de construcción y demolición. Mat. de Construcción, Vol.57, 285, 17-29, 2007.

• Junta de Andalucia: Manual Usuarios ICAFIR 2006.

• Propiedades mecánicas de mezclas bituminosas en caliente fabricadas con áridos reciclados de residuos de construcción y demolición". Mat. de Construcción, Vol.57, 285, 17-29 (2007).

• R. Crespo del Río, J. F. Ruiz Romero, AEPO: Interpretación de las deflexiones obtenidas con Deflectómetro de Impacto (FWD) para la conservación de firmes de carreteras, VIII Jornadas Nacionales sobre conservación de Carreteras (2002).

• Dirección General de Carretera: Instrucción de carreteras. Norma 6.1 IC. (2004).

• Washington D.O.T. Evercalc 5.0 Help. (2001).