

## USO DEL CONCRETO RECICLADO

V. Mohan Malhotra\*

### RESUMEN

Grandes centros urbanos en Canadá y en los Estados Unidos están notando una creciente dificultad para localizar y desarrollar fuentes de agregado natural para usarse en el concreto. Hay dos razones para ello: primera, el creciente ritmo en la construcción durante las últimas tres décadas ha agotado la mayoría de las fuentes fácilmente accesibles; segunda, la presión por parte de los protectores del ambiente ha afectado notablemente la exploración y explotación de nuevas fuentes. Por lo tanto, éste estudio fue llevado a cabo para investigar la posibilidad para producir agregado a partir de cilindros descartados de ensayo para control del concreto, que normalmente se envían a basureros después de ensayarse.

Una serie de mezclas de concreto de  $0.062 \text{ m}^3$  (2.2 pies cúbicos) fueron hechas para abarcar las resistencias bajas, medias y altas. Dos juegos de mezclas fueron hechos para cada nivel de resistencia, un juego consistía en una mezcla de control y una mezcla utilizando agregado grueso preparado a partir de concreto reciclado con un agregado fino de referencia; el segundo juego consistía en una mezcla de control, y una mezcla utilizando agregado fino preparado a partir de concreto reciclado y un agregado grueso de referencia. Especímenes en cilindros y prismas fueron colados con cada mezcla para determinar las propiedades mecánicas del concreto a varias edades, y para estudiar la durabilidad del concreto después de estar expuesto a ciclos de congelado/deshielo.

El análisis de los resultados de ensayos ha mostrado que un concreto satisfactorio puede ser hecho con agregados preparados a partir de concreto reciclado. A mayores relaciones agua/cemento, la resistencia a la compresión y a la flexión de concreto hecho con agregados preparados de concreto reciclado es ligeramente menor que la resistencia del concreto hecho con agregados de referencia; esto se puede sobrellevar con ajustes adecuados en el proporcionamiento de la mezcla. A menores relaciones agua/cemento, la resistencia de los dos tipos de concreto puede ser comparable.

La durabilidad del concreto hecho con agregados preparados a partir de concreto reciclado es comparable con la durabilidad del concreto hecho con agregados de referencia.

\* Jefe de la Sección de Materiales de Construcción de la Rama de Minas, Departamento de Energía, Minas, y Recursos de Ottawa, Canadá.



INTRODUCCION

Ciudades metropolitanas, tanto en Canadá como en los Estados Unidos, están sintiendo una creciente escasez de agregados para la industria del concreto. Parece haber dos razones para ello: Primera, el gran volumen de construcción durante los últimos treinta años ha agotado la mayoría de las reservas conocidas de agregados de buena calidad. Segunda, el estar concientes de la necesidad de controlar la contaminación ambiental y la oposición de los ingenieros en ambiente ha desanimado el desarrollo de nuevas fuentes dentro de las áreas metropolitanas. Un estudio reciente (1) comisionado por la Provincia de Ontario sobre la prospectiva oferta y demanda de agregado en la región central de Ontario, llegó a algunas conclusiones alarmantes. El estudio indicó una demanda total de 2.8 billones de toneladas para el año 2000 con un abastecimiento disponible dentro de la región de 3 billones de toneladas (Tabla 1). El estudio concluyó:

"... con las condiciones presentes, la región puede permanecer auto-suficiente en cuanto a agregado mineral quizá durante 15 a 20 años".

Por lo tanto, es de gran importancia el encontrar y evaluar nuevas fuentes de agregado mineral. Una fuente obvia es el concreto desechado, el cual puede ser reciclado para producir agregado. Una búsqueda por toda la literatura disponible reveló poca o ninguna información sobre el tema en América del Norte, excepto en un estudio reciente limitado realizado por el Cuerpo de Ingenieros (2) en el cual fueron reciclados una sección de pavimento de concreto ya descartada conteniendo agregado silicoso y una viga de concreto del laboratorio conteniendo caliza como agregado grueso y arena natural silicosa como agregado fino.

Además de los pavimentos y otros miembros de concreto descartados, otra fuente de agregado es el concreto en la forma de cilindros de ensaye enviados al basurero después de los ensayes de control. Ciertamente que el concreto desechado puede proveer sólo una pequeña proporción de las necesidades totales de la industria del concreto, sin embargo, esta proporción combinada con otros desechos sólidos

TABLA 1

Relación entre oferta y la demanda para los agregados minerales en Ontario Central (Billones de Toneladas)

	Actual potencial de reservas disponibles	Demanda para 1972	Demanda para 2001	Demanda acumulada proyectada para 2001
Arena y grava	1.72	0.030	0.093	1.81
Roca triturada	1.00	0.013	0.037	0.73
Total	2.72	0.043	0.130	0.20

compatibles puede proveer en ciertas instancias, una fuente substancial de agregado. Otra consideración es que el reciclar el concreto desechado para substituir el agregado convencional soluciona los problemas de desechos y por lo tanto considerarse como una medida de control de la contaminación. Por lo tanto, se llevó a cabo un estudio para investigar el comportamiento en el concreto de agregados hechos a partir de reciclar cilindros de ensaye desechados.

Esta investigación es un elemento de trabajo del proyecto sobre Procesamiento de Materiales para la Conservación de Recursos y Energía. Este proyecto es parte de la Actividad de Procesamientos del Programa de Investigación de Minerales del CANMET.

ALCANCE

Doce revolturas de concreto de 62 lts (2.2 pies<sup>3</sup>) fueron hechas para cubrir las resistencias bajas, medias y altas. Dos juegos de mezclas fueron hechas para cada nivel. Un juego consistió en una mezcla de control y otra utilizando agregado preparado a partir de concreto reciclado y arena natural; el otro juego consistió en una mezcla de control y otra utilizando agregado fino preparado a partir de concreto reciclado y caliza triturada como agregado grueso. Tanto el agregado grueso como el fino se obtuvieron reciclando cilindros de 152 x 305 mm (6 x 12 pulg) que habían sido descartados después de ensayarse. Originalmente estos cilindros fueron hechos con concreto conteniendo caliza triturada como agregado grueso y arena natural como fino. Seis cilindros de 152 x 305 mm (6 x 12 pulg) y seis prismas de 89 x 102 x 406 mm (3.5 x 4 x 16 pulg) fueron colados con cada mezcla para determinar las propiedades mecánicas a diferentes edades, y para estudiar la durabilidad después de estar expuestos a ciclos de hielo y deshielo.

RECICLADO DE CILINDROS DE CONCRETO DESCARTADOS.

Los cilindros de concreto para el reciclado se obtuvieron de una investigación anterior, la cual utilizó caliza triturada y arena natural como agregados grueso y fino respectivamente. En la presente investigación se estudiaron 3 niveles de resistencia, por ejemplo: baja, media y alta. Se aseguró que los cilindros de ensaye para cada nivel de resistencia fueran procesados en lotes diferentes, y que los agregados resultantes fueran almacenados en tolvas separadas.

Los cilindros para la totalidad de los tres lotes pesaron aproximadamente 3.3 tons.

Los cilindros fueron procesados en una forma idéntica a la siguiente:

Todos los cilindros fueron sujetos a una pasada a través de un triturador de quijada de 178 x 254 mm (7 x 10 pulg) abierto a 51 mm (2 pulg). El material resultante se pasó por malla de 12.7 mm (1/2 pulg) y de 9.5 mm (3/8 pulg).

El material mayor de 12.7 mm (1/2 pulg) fue sujeto a una pasada por el triturador de quijada de 178 x 254 mm (7 x 10 pulg) abierto a 19 mm (3/4 pulg). Luego se hizo pasar por una serie de mallas desde 19 mm (3/4 pulg) hasta la malla #100 (150 µ m).



El material con tamaños menores que la malla #4 pero mayores que la #8 (menores de 4.75 y mayores de 2.36 mm) se pasaron dos veces a través de un triturador de quijada de 51 x 152 mm (2 x 6 pulg) colocado con una abertura de 1.6 mm (1/16 pulg). El material resultante entonces se hizo pasar por un juego de mallas, desde la #8 hasta la #100 (2.36 mm hasta 150  $\mu$  m). En la tabla 2 se da el material retenido acumulado en cada malla y el porcentaje de pérdida.

Las figuras 1 y 2 comparan los agregados preparados a partir de concreto reciclado con aquellos preparados de caliza triturada y arena natural.

En las figuras 3 y 4 se muestran fotomicrografías tomadas con el microscopio electrónico de los agregados preparados a partir de concreto reciclado y de la caliza triturada y arena natural tomadas como de referencia.

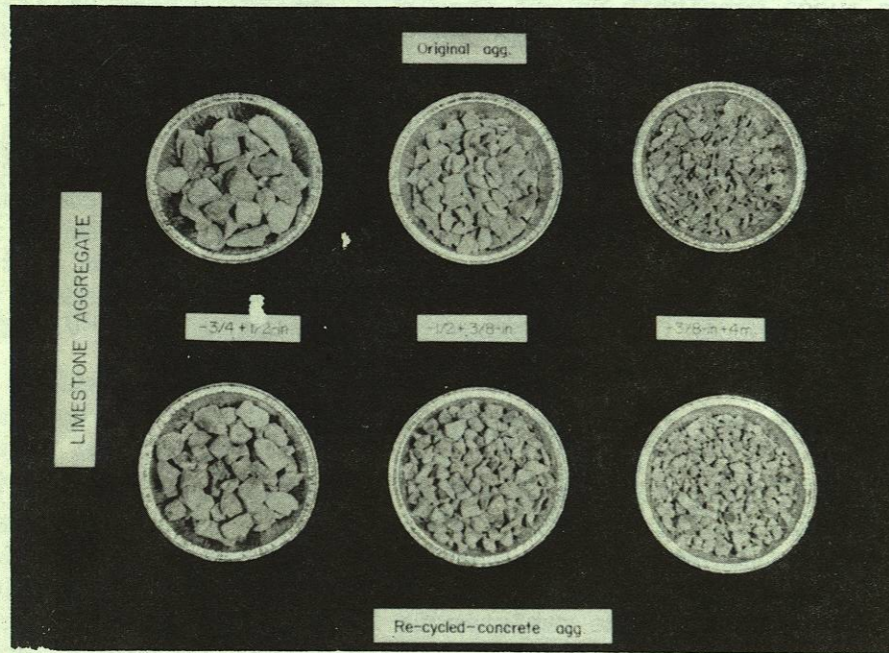


Fig. 1.- Una comparación entre la forma de partícula y textura superficial para caliza triturada y agregado grueso preparado a partir de concreto reciclado.

REVOLTURAS DE CONCRETO.

Un total de 12 revolturas de concreto fueron hechas en el laboratorio de la Rama de Minas (ahora CANMET) entre mayo de 1972 y junio de 1973. Se utilizó una revoladora "contra corriente" de 0.071 m<sup>3</sup> (2.5 pies<sup>3</sup>) para laboratorio.

Los materiales utilizados se describen a continuación:

Cemento.

Se utilizó cemento Portland normal, ASTM tipo I (CSA tipo 10) para las re-

TABLA 2  
Cantidad y porcentaje de las porciones de agregado grueso y fino después de reciclar cilindros de concreto\*

Tamaños mm (pulg)	Baja			Media			Alta			
	lb	kg	%	lb	kg	%	lb	kg	%	
Agregado grueso										
19.0 mm (3/4 pulg)	40	18	3.7	158	63	...	216	98	11.9	
-19.0 mm a +12.5 (-3/4 a + 1/2)	412	187	37.7	405	184		478	217	26.5	
-12.5 a +9.5 (-1/2 a + 3/8)	305	138	27.9	443	201		530	241	29.4	
-9.5 a + 4.75 (-3/8 a + No. 4)	335	152	30.7	472	214		580	263	32.2	
	1092	495	100.0	1478	662	100.0	1804	819	100.0	
Agregado fino										
-4.75 a 2.36 (-No. 4 a + No. 8)	59	27	10.9	82	37	10.8	110	50	11.4	
-2.36 a + 1.40 (-No. 8 a + No. 14)	141	64	26.2	220	100	29.0	287	130	29.8	
-1.40 a + 600 (-No. 4 a + No. 30)	125	57	23.2	204	93	26.9	245	111	25.4	
600 m a + 300 m (-No. 30 a + No. 50)	100	45	18.5	109	49	14.4	120	54	12.5	
-300 m + 150 m (-No. 50 a + No. 100)	43	19	8.1	66	30	8.7	85	39	8.8	
-150 m (- No. 100)	71	32	13.1	77	35	10.2	116	53	12.1	
Pérdidas aproximadas	539	244	100.0	758	344	100.0	963	437	100.0	
		2.6%			2.9%			1.6%		

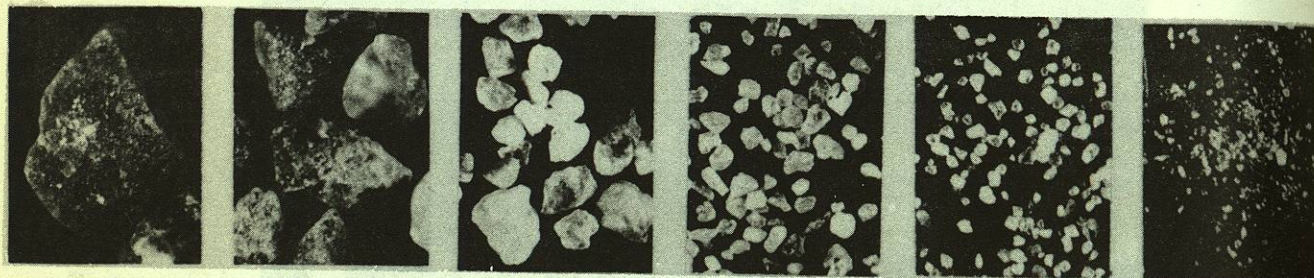
\* Del reporte MPD 73-27 (Proyect MIL 385)





Malla de -4 + 8      Malla de -8 + 16      Malla de -16 + 30      Malla de -30 + 50      Malla de -50 + 100      Malla de -100

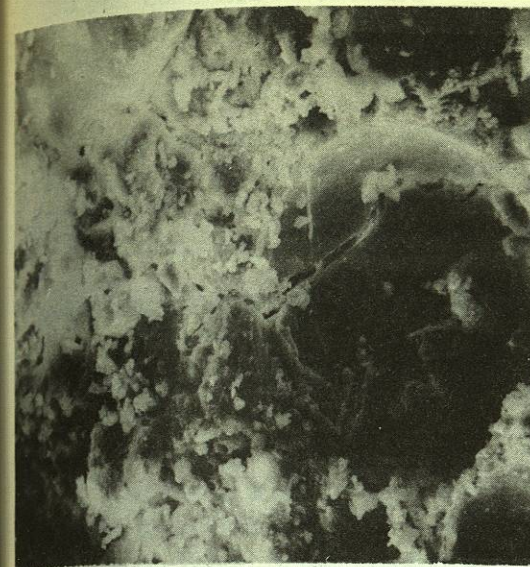
Porciones de agregado fino preparado a partir de concreto reciclado



Malla de -4 + 8      Malla de -8 + 16      Malla de -16 + 30      Malla de -30 + 50      Malla de -50 + 100      Malla de -100

Porciones de arena natural

Fig. 2.- Fotomicrografías mostrando la forma de partícula y textura superficial de la arena natural y del agregado fino preparado de concreto reciclado. Ampliación aproximada de 13x.



Agregado preparado a partir de concreto reciclado x625



Caliza natural triturada x625

Fig. 3.- Fotomicrografías con el microscopio electrónico de barrido de la porción de agregado con tamaños menores de 19.0 mm y mayores de 12.7 mm -- (3/4 pulg y mayores de 1/2 pulg).



Agregado preparado a partir de concreto reciclado x625



Caliza natural triturada x625

Fig. 4.- Fotomicrografías con el microscopio electrónico de barrido de la porción de agregado con tamaños menores de 12.7 mm y mayores de 9.5 mm (de 1/2 pulg y mayor de 3/8 pulg).