

“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE HORMIGONES ELABORADOS CON AGREGADOS RECICLADOS”

Becario: Lucas Scanferla ⁽¹⁾
Director: Ing. Marcelo Barreda ⁽²⁾

Proyecto de I+D+i de pertenencia:

“Control de la Fisuración en Pavimentos de Hormigón: Juntas de Contracción” Código UTN UTI 1103
Código de Incentivos 25/1043

1. Resumen

Los agregados reciclados (AR), que constituyen la gran mayoría de los denominados RCD (Residuos de Construcción y Demolición), se generan con la demolición de estructuras previas: edificios, pavimentos antiguos, etc.

En el presente trabajo se evalúa el comportamiento en estado fresco y endurecido de hormigones elaborados con agregados reciclados. El agregado reciclado fue obtenido en laboratorio por trituración de restos de probetas de hormigón ensayadas a la compresión.

Se realizaron reemplazos (30, 60 y 90 %) del agregado fino natural por agregado reciclado en un hormigón considerado como referencia.

2. Abstract

Recycled Aggregates (RA), that constitute the main part of the so called BDW (Building and Demolition Waste) are generated with the demolition of previously existing structures: buildings, ancient pavements, etc.

In this work the behavior in fresh and hardened state of concretes prepared with recycled aggregates is assessed. The aggregate was obtained in the laboratory by trituration of waste from test samples tested for compression force.

30, 60 and 90% of the natural fine aggregates were replaced by recycled aggregates in a concrete considered as reference.

3. Fundamentos

El reciclado de materiales de construcción está actualmente en vías de configurarse como una actividad con interesantes expectativas de crecimiento. La progresiva y rígida legislación del control de deposición de residuos de muchos países provoca un mayor interés por el reciclaje de residuos, ya que la deposición de desechos en los vertederos va tornándose más costosa en función de las características de los mismos. Es previsible que, en un futuro no muy lejano, el empleo de estos residuos como productos sustitutos de los convencionales se tomarán en cuenta, lo que propiciará la aparición de actividades que, haciendo posible el desarrollo sostenible, sean económicamente interesantes. Las canteras de agregados naturales se están agotando por la gran demanda de construcción, además los residuos de la construcción son inertes y

(1) Becario de Investigación del LEMaC

(2) Director de Beca

por lo tanto no son peligrosos pero su volumen es tal que para preservar el medio ambiente se hace necesario programar su gestión.

El "agregado reciclado de hormigón" es el resultado de una serie de procesos por el cual deben pasar los residuos de hormigón, compuesto por cemento y agregados naturales, cuyos procesos son la trituración, el tamizado y el procesado en plantas de reciclado. Es importante destacar que este material secundario se deriva de un solo tipo de material primario, el hormigón, cuya composición es heterogénea (cemento, agua, agregados, aditivos y adiciones); es por todo esto que el agregado reciclado de hormigón no puede considerarse como un material uniforme y las diferencias que pueda presentar en su composición dependerán fundamentalmente de la proporción de mortero presente en el residuo.

La EHE de 2008 establece una serie de consideraciones básicas de los agregados reciclados:

El agregado reciclado puede emplearse tanto para hormigón en masa como hormigón armado de resistencia característica no superior a 40 N/mm^2 , quedando excluido su empleo en hormigón pretensado. Quedan fuera de los objetivos de estas recomendaciones (a) los hormigones fabricados con agregado fino reciclado; (b) los hormigones fabricados con agregados reciclados de naturaleza distinta del hormigón (agregados mayoritariamente cerámicos, asfálticos, etc) (c) los hormigones fabricados con agregados reciclados procedentes de estructuras de hormigón con patologías que afectan a la calidad del hormigón tales como la reacción álcali-agregado, ataque por sulfatos, fuego, etc. (d) los hormigones fabricados con agregados reciclados procedentes de hormigones especiales tales como aluminoso, con fibras o con polímeros.

Es aconsejable que los agregados reciclados procedentes de hormigones de muy distintas calidades se almacenen separadamente, debido a que la calidad del hormigón de origen influye en la calidad del agregado reciclado, obteniéndose agregados con mejores propiedades a partir de hormigones de buena calidad.

Los agregados reciclados se denominan "R" y el tamaño mínimo permitido es de 4 mm. Además deberán presentar un contenido de desclasificados inferiores menor o igual al 10 % y un contenido de partículas que pasan por el tamiz 4 mm no superior al 5 %. El contenido de desclasificados inferiores del agregado reciclado suele ser superior al de los agregados naturales, debido a que estos pueden generarse después del tamizado, durante el almacenamiento y transporte, por su mayor friabilidad.

Además, la fracción fina reciclada se caracteriza por presentar un elevado contenido de mortero, lo cual origina unas peores propiedades que afectan negativamente a la calidad del hormigón. Esta es la principal causa de restringir su uso en la aplicación de hormigón estructural.

En el Hormigón reciclado con un contenido inferior al 20 % de agregado reciclado, el contenido de terrones de arcilla de éste no puede superar el 0,6% y el del agregado grueso natural no superior al 0,15 %. Si el hormigón reciclado incorpora cantidades de agregado reciclado superiores al 20%, habrá que extremar las precauciones durante su producción para eliminar al máximo las impurezas de tierras que lleve la materia prima y así facilitar que el agregado combinado cumpla la especificación. En el caso extremo de utilizar un 100% de agregado grueso reciclado, este debe cumplir la especificación máxima del 0,25% de terrones de arcilla.

En el hormigón reciclado con un contenido de agregado reciclado no superior al 20%, este debe tener una absorción inferior al 7%. Adicionalmente, el agregado grueso natural debe poseer una absorción no superior al 4,5%.

No son muchos los países que poseen normativas para la utilización de los agregados reciclados en la fabricación de hormigón, siendo Japón, Australia y algunos países de la Unión Europea (p. e. Bélgica, Holanda, Gran Bretaña o Alemania) los más avanzados en esta temática. Estados Unidos, por ejemplo, todavía está redactando, a través del comité 555 del ACI (American Concrete Institute), la correspondiente normativa.

En España, la única normativa de obligado cumplimiento en la cual se hace referencia a los agregados reciclados es la EHE, pues las diversas normas armonizadas europeas tan sólo mencionan la posible presencia de agregados reciclados en la fabricación de hormigón.

En Argentina no existen normativas para la utilización de agregados reciclados en la elaboración del hormigón.

El objetivo del trabajo es evaluar el comportamiento en estado fresco y endurecido de hormigones con distintos porcentajes de agregado fino reciclado, comparándolos con un hormigón de referencia elaborado con agregados naturales.

4. Desarrollo experimental

El agregado reciclado empleado en las dosificaciones fue obtenido en laboratorio por trituración de restos de probetas de hormigón ensayadas a la compresión.

El agregado reciclado fue calificado como agregado fino debido a su granulometría (Tabla 1), donde se observa que la totalidad del material pasa el tamiz de 3/8" (9,5 mm).

Tamiz	% Pasa
3/8"	100
Nº 4	68
Nº 8	42
Nº 16	26
Nº 30	17
Nº 50	11
Nº 100	5

Tabla 1. Granulometría del agregado reciclado

El agregado fino reciclado tiene alta absorción de agua. Esto se debe a que la mayoría del material es mortero proveniente del hormigón viejo, el cual generalmente es más absorbente que el agregado natural. Considerando esta circunstancia, el agregado reciclado fue empleado en la condición de saturado con la superficie seca.

Se elaboró un hormigón sin agregados reciclados (H-0) y tres hormigones reemplazando el 30, 60 y 90 % (H-30, H-60 y H-90) en peso del agregado fino en el hormigón de referencia (Tabla 2).

Materiales [Kg/m ³]	H-0	H-30	H-60	H-90
Agua	160	160	160	160
Cemento CPC 40	360	360	360	360
Piedra partida granítica 10:30	425	425	425	425
Piedra partida granítica 6:20	638	638	638	638
Arena de trituración	611	428	245	61
Arena silícea	204	142	81	20
Agregado reciclado	0	245	489	734
Aditivo fluidificante	0.8	0.8	0.8	0.8

Tabla 2. Dosificaciones empleadas

En todos los casos se determinó el asentamiento mediante el uso del tronco de cono (IRAM 1536) y la resistencia a la compresión (IRAM 1546) y a la flexión (módulo de rotura) (IRAM 1547) a la edad de 7 días en probetas cilíndricas de 15 x 30 cm y en probetas prismáticas de 15 x 15 x 53 cm, respectivamente.

Hormigones	Asentamiento [cm]
H-0	5
H-30	6
H-60	3
H-90	0

Tabla 3. Asentamientos

Hormigones	f'c [MPa]	MR [MPa]
H-0	26.6	3.3
H-30	26.4	3.2
H-60	21.8	2.8
H-90	17.3	2.7

Tabla 4. Resistencias a compresión (f'c) y a flexión (MR) a la edad de 7 días



Foto1. Asentamiento hormigón H-90



Foto2. Forma de rotura en flexión

5. Análisis de Resultados

En estado fresco se observa que el asentamiento obtenido en el hormigón con 30 % de reemplazo (H-30) es similar al del hormigón de referencia (H-0), mientras que se nota una disminución del asentamiento a medida que aumenta el porcentaje de agregado reciclado utilizado (H-60 y H-90) (Tabla 3).

En estado endurecido, se advierten valores de las resistencias a compresión y a flexión para el caso del hormigón con 30 % de reemplazo (H-30), similares a las del hormigón de referencia (H-0). Los hormigones con mayor porcentaje de agregado reciclado (H-60 y H-90) presentan resistencias inferiores respecto del hormigón de referencia (H-0) (Tabla 4).

6. Conclusiones

El hormigón con un 30 % de reemplazo del agregado fino natural por agregado reciclado presentó un buen comportamiento tanto en estado fresco como endurecido, obteniéndose valores de asentamiento y resistencia mecánica similares a los registrados en el caso del hormigón elaborado con agregados naturales. Por lo tanto, en virtud de los resultados obtenidos, se recomienda fijar el 30 % como límite para el reemplazo del agregado fino natural por agregado fino reciclado en hormigones de cemento portland. Este porcentaje es similar al encontrado en la bibliografía consultada, donde se considera aceptable el uso de un 10 a 20 % de agregado fino reciclado.

Las conclusiones sólo resultan válidas para el conjunto de materiales empleado.

7. Bibliografía

American Concrete Pavement Association, Recycling Concrete Pavement, TB 014-P, Skokie, Illinois, USA, 1993.

Bustillo Revuelta, M., Manual de RDC y Áridos Reciclados, Fueyo Editores, Madrid, España, 2010.

Norma IRAM 1536. Hormigón Fresco de Cemento Portland. Método de Ensayo de la Consistencia Utilizando el Tronco de Cono. 1978.

Norma IRAM 1546. Hormigón de Cemento Portland. Método de Ensayo de Compresión. 1992.

Norma IRAM 1547. Hormigón de Cemento Portland. Ensayo de Tracción por Flexión. 1992.

[http://www.fipai.org.br/Minerva%2006\(03\)%2003.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2006(03)%2003.pdf)

