

Capítulo V

Casos de éxito.

Fuente: Calvo P., Benjamín, Tecnología de áridos. Cátedra ANEFA, ESTIM, Madrid 2005 ,

CAPITULO V.

En los siguientes párrafos se presenta algunos casos donde se aplican los RCD's a la obra civil, cabe destacar que estos proyectos uno fue realizado en España y otros fueron construidos en México, cada uno con sus respectivas normas de construcción.

V.1.- PROYECTO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL.

Se colectaron los escombros de la ciudad de Chetumal de diferentes lugares, por lo que se juntaron 42 m³ de RCD's, de los 42 m³ se obtuvieron, 15 m³ de agregados finos, 5m³ de gravilla y 12 m³ de agregado grueso, con el mismo procedimiento de obtención de los agregados naturales para tener un punto de referencia de acuerdo a las normas mexicanas y las ASTM.

V.1.1.- Elaboración de los bloques.

Para la elaboración de los bloques se utilizó:

133 litros de agregado fino.

57 litros de gravilla.

16.5 litros de cemento Pórtland CPC-30R (25 kg).

Con esta dosificación se construyeron 25 bloques huecos de 3 celdas cada uno, de 15*20*40 cm.



Fig. V.1.1.- Elaboración de bloques.

FUENTE: Domínguez J., Martínez L., Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas., Artículo de Investigación, Revista Ingeniería 11-3, México 2007.

V.1.2.- Elaboración de mosaicos.

Para las capas de los mosaicos se utilizaron:

- **Pasta:** 9.5 litros de cemento Pórtland blanco, 9.5 litros de arena de mar, 150 gr. de pintura mineral en polvo y 9.5 litros de agua.
- **Material seco:** 19 litros de cemento Pórtland gris CPC 30-R y 19 litros de agregado fino.
- **Material húmedo:** 19 litros de cemento Pórtland gris CPC 30-R, 19 litros de agregado fino y 19 litros de agua.

Con este proporcionamiento se fabricaron 30 mosaicos de 30*30*2 cm.

V.1.3.- Dosificación de adoquines.

Para la obtención de los adoquines se utilizaron mezclas, con el siguiente proporcionamiento:

- 133 litros de agregado fino, 133 litros de gravilla, 50 kg, de cemento Pórtland gris CPC 30-R.
- 6 kg, de pintura mineral en polvo.
- Obteniendo con cada una de estas mezclas de 80 piezas del tipo “trébol”. Se fabricaron 100 adoquines reciclados y 20 naturales. En la figura V.1.3, se pueden apreciar bloques, mosaicos y adoquines reciclados, listos para su uso.



Fig., V.1.3.- Elementos constructivos reciclados.

FUENTE: Domínguez J., Martínez L., Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas., Artículo de Investigación, Revista Ingeniería 11-3, México 2007.

V.1.4.- Diseño de concretos.

En el proceso de diseño de mezclas se utilizó la norma ACI-211.1, los concretos se diseñaron para una resistencia de 150, 200 y 250 kg/cm²., como concretos sin aire incluido, con revenimientos de entre 8 y 10 cm., con un TMA de 20 mm para las gravas recicladas y de 25 mm para las gravas naturales.

MATERIAL	RECICLADO						NATURAL					
	Resistencias de diseño kg/cm ²						Resistencias de diseño kg/cm ²					
	150		200		250		150		200		250	
UNIDADES	kg	lt	kg	lt	kg	lt	kg	lt	kg	lt	kg	lt
CEMENTO	250	227	286	260	323	294	244	222	279	254	315	286
AGREGADO FINO	639	489	617	472	595	456	685	550	662	532	638	512
AGREGADO GRUESO	729	646	729	646	729	646	785	740	785	740	785	740
AGUA	200	200	200	200	200	200	195	195	195	195	195	195

Tabla V.1.4.- Proporcionamiento para concretos con agregados reciclados y naturales.

Fuente: Domínguez J., Martínez L., Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas., Artículo de Investigación, Revista Ingeniería 11-3, México 2007.

V.1.5.- Pruebas de laboratorio.

Pruebas de laboratorio a los bloques

Para este elemento se llevaron a cabo las siguientes pruebas tanto a los materiales reciclados como a los naturales, tomando en cuenta las especificaciones correspondientes: A partir de la Norma NMX-C-404-1997-ONNCCE:

- a) Determinación de las dimensiones. (NMX-C-038- 1974).
- b) Resistencia a la compresión. (NMX-C-036-1983).
- c) Determinación de la absorción del agua. (NMX-C- 037-1986).

Pruebas de laboratorio a los mosaicos

Estas se desarrollaron a partir de la Norma NOM-C- 8-1974. Las pruebas efectuadas fueron las siguientes:

- a) Dimensiones (Inciso 5.1.)
- b) Acabado (Inciso 3.1.2.4.)
- c) Determinación de la absorción del agua (Inciso 5.6.)
- d) Prueba de resistencia a la flexión (módulo de ruptura), (Inciso 5.4.)

Pruebas de laboratorio a los adoquines

Estas se desarrollaron de acuerdo a la Norma NOMC- 314-1986. Las pruebas a las cuales fueron sometidos son las siguientes:

- a) Determinación de las dimensiones (Inciso 5.3.1.)
- b) Determinación de la absorción del agua (Inciso 7.2.)
- c) Resistencia a la compresión (Inciso 7.1.)

Pruebas de laboratorio a los concretos.

- a). Revenimiento. Se realizó de acuerdo a la norma ASTM-C143M-00 (Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete).
- b). Resistencia a la Compresión. Se utilizó la norma ASTM-C39M-01 (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens), y para la preparación y cabeceo de los cilindros se utilizó la norma ASTM-C617-98 (Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens).

Características de la muestra	Unidad	Material natural	Material reciclado
Peso volumétrico seco y suelto	kg/m ³	1,061.00	1,129.00
Peso volumétrico seco y compacto	kg/m ³	1,138.00	1176.00
Densidad	kg/lt	2.03	1.99
Absorción	%	13.64	11.82
Abrasión	%	35.70	43.40

Tabla V.I.4.1.- Características físico-mecánicas del agregado grueso.

Características de la muestra	Unidad	Material natural	Material reciclado
Peso volumétrico promedio, seco y suelto	kg/m ³	1,245.00	1,306.00
Densidad	kg/lt	2.10	1.91
Absorción	%	7.99	14.03
Módulo de finura	-----	2.53	2.82

Tabla V.I.4.2.- Características físico-mecánicas del agregado fino.

Malla #	Material NATURAL % que pasa	Material RECICLADO % que pasa	Especificación ASTM C-136 3/4" a #4
2"	100	100	0
1 1/2"	100	100	0
1"	100	100	100
3/4"	93	97	90-100
1/2"	35	54	0
3/8"	12	30	20-55
No. 4	10	21	0-15
No. 8	0	0	0-5

Tabla V.I.4.3.- Granulometría del agregado grueso.

Malla #	Material NATURAL % que pasa	Material RECICLADO % que pasa	Especificación ASTM C-33 3/4" a #4
3/8"	100	100	100
No. 4	100	99	95-100
No.8	86	77	80-100
No.16	63	55	50-85
No. 30	44	38	25-60
No.50	30	29	10-30
No 100	24	20	2-10

Tabla V.I.4.4.- Granulometría del agregado fino

Fuente: Domínguez J., Martínez L., Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas., Artículo de Investigación, Revista Ingeniería 11-3, México 2007.

V.1.6.- Construcción de la vivienda.

La construcción fue de forma tradicional de la región, con base de cimientos de mampostería, muros de block, dalas de repartición de cargas, castillos rigidizantes y losa maciza de concreto. Estas viviendas se encuentran en los territorios del Instituto Tecnológico de Chetumal.

Las dimensiones son las siguientes: de 3.5*4 m. y una altura de 2.80 m. ^[25]



Fig. V.I.6.- Muros, dalas y castillos.

FUENTE: Domínguez J., Martínez L., Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas., Artículo de Investigación, Revista Ingeniería 11-3, México 2007.

V.2.- PROYECTO “TATO” (ESPAÑA).

Este proyecto es la primera experiencia de utilización de los agregados reciclados en Madrid, España donde todo la construcción esta construida al 100% con gravas recicladas y arenas para elaboración de morteros, el edificio consta de 2 plantas con sótano y un voladizo, con una superficie de 300 m² por planta.

El proyecto es una obra de sustitución de edificación en Madrid y contempla, entre otros condicionantes medioambientales, la reutilización y reciclado de la demolición, reutilización de tierras de vaciado, ahorro energético mediante la combinación de energía solar, gas y electricidad, cubierta ecológica ajardinada y utilización de materiales reciclados. [27]

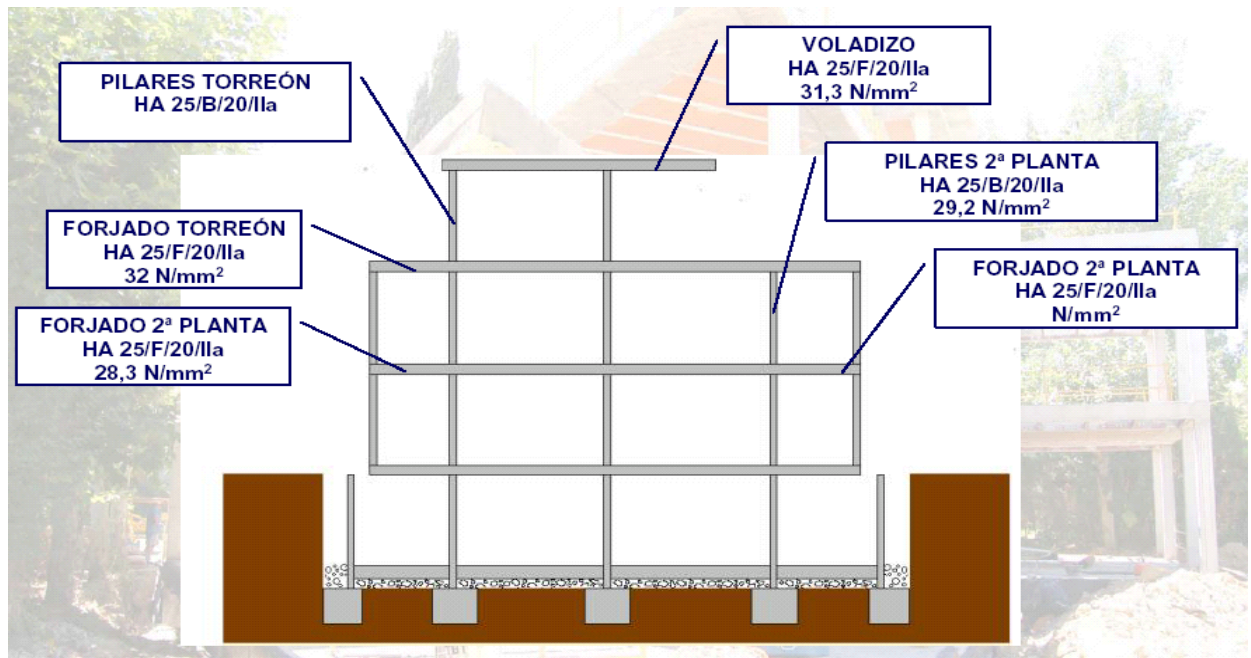


Fig. V.2 Datos de la obra.

FUENTE: Tertre J.I., "Proyecto TATO 14", TECREC, Madrid, España, 2004

V.2.1.- Origen del agregado reciclado.

La grava reciclada empleada en la fabricación del concreto procede de las demoliciones de las zapatas de cimentación de la fábrica de perfumerías GAL, en Alcalá de Henares en Madrid.

Se caracterizó el concreto de la cimentación para determinar la resistencia a compresión inicial. Se extrajeron dos muestras prismáticas que dieron como resistencia media de 370 kg/m².



Fig. V.2.1.- Demolición de la fábrica de perfumes GAL.

FUENTE: Tertre J.I., "Proyecto TATO 14", TECREC, Madrid, España, 2004

En general, a mayor resistencia de compresión del concreto de entrada, el agregado pétreo reciclado final presentará mayor resistencia a la fragmentación, o sea, menor coeficiente de los Ángeles y menor contenido de finos.

V.2.2.- Caracterización de la grava reciclada.

De todo el conjunto de grava reciclada se tomo una muestra representativa sobre la cual el LOEMCO, se encargo de los ensayos estipulados en la norma UNE-EN 12620 "Agregados pétreos para concreto". El laboratorio CEMEX preparo dosificaciones con distintos porcentajes de agregado reciclado frente al total de fracción gruesa natural.

PROPIEDAD	NORMA	VALOR
CONTENIDO DE FINOS	UNE-EN 933-1	0.31%
ÍNDICE DE LAJAS	UNE-EN 933-3	5 %
COEFICIENTE DE FORMA	UNE-EN 933-4	5 %
ANGULOSIDAD	UNE-EN 933-5	90%
COEFICIENTE L.A.	UNE-EN 1097-2	39%
ABSORCIÓN DE AGUA	UNE-EN 1097-6	4.59 %
MATERIA ORGÁNICA	UNE-EN 1744-1	0.00%
CONTENIDO TOTAL DE AZUFRE	UNE-EN 1744-1	1.05 %
SULFATOS SOLUBLES EN ÁCIDO	UNE-EN 1744-1	0.31%

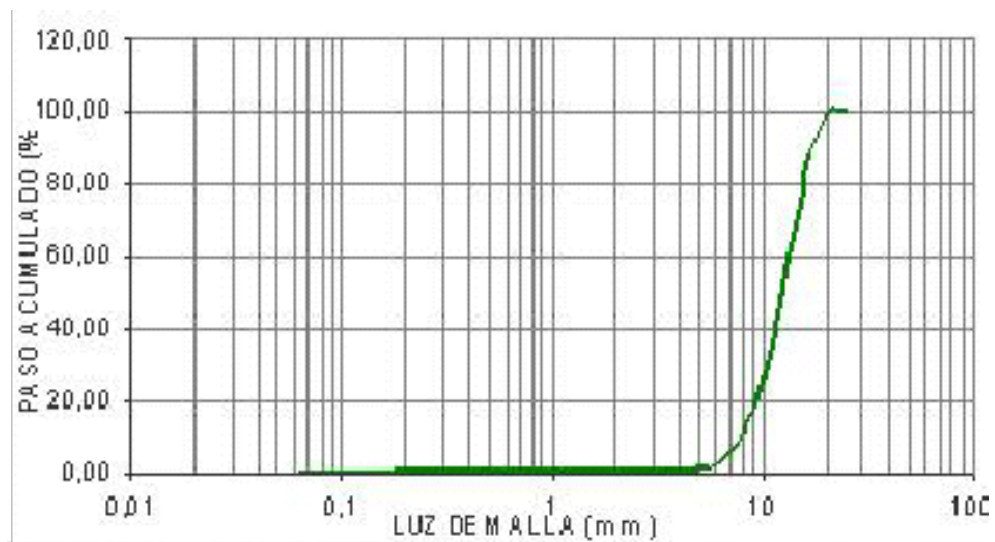


Fig. V.2.2.- Propiedades físicas y granulometría (Fuller) del árido reciclado.

CASOS DE ÉXITO.

	HA 25/B/20	HA 35/B/20
DOSIFICACIONES [kg]		
CEMENTO	306	370
GRAVA SiO	830	830
GRAVA RECICLADA	93	96
ARENA	918	970
POZZOLITH	2.44	2.96
RHEOBUILD	1.53	2.22
AGUA TOTAL	170	160
CARACTERÍSTICAS		
RELACIÓN A/C	0.56	0.44
CONSISTENCIA ABRAMS	7.5	7.5
DENSIDAD CONCRETO FRESCO	2.382	2.371
RESISTENCIAS MECÁNICAS A COMPRESIÓN [N/mm²]		
A 7 DÍAS	30.3	39
A 28 DÍAS	37.5	46

Tabla V.2.2.- Dosificación del concreto con un 10% de agregado reciclado.

	HA 25 / B / 20 la		HM 20 / B / 20 / Ila
	20%	30%	10%
DOSIFICACIONES [kg]			
CEMENTO	306	370	280
GRAVA SiO	830	830	760
GRAVA RECICLADA	93	96	190
ARENA	918	970	985
POZZOLITH	2.44	2.96	0.8
RHEOBUILD	1.53	2.22	0.2
AGUA TOTAL	170	160	0.48

Tabla V.2.2.1- Otras posibles dosificaciones.

FUENTE: Tetre J.I., "Proyecto TATO 14", TECREC, Madrid, España, 2004

V.2.3 Datos de la obra.

Todos los elementos de la estructura de la vivienda están contruidos con concreto que tiene agregados reciclados, utilizados para la cimentación, los muros del sótano, zanjas, zapatas, plantilla en pilares y forjados.

ELEMENTO	ZAPATAS	MUROS	ZANJAS	PLANTILLA
Tipo de concreto	HA 25/F/20/IIa	HA 25/P/20/IIa	HA 35/B/20/IIa	HA 25/F/20/IIa
Cantidad de concreto	32 m ³	85 m ³	6 m ³	50 m ³
Cantidad de agregado reciclado	2,976 kg	7,905 kg	570 kg	4,650 kg
Origen del agregado reciclado	Gal.	Gal.	Gal.	Gal.
Dosificación del agregado reciclado	10 %	10 %	10 %	10 %

	ESTRUCTURA	CIMENTACIÓN	TOTAL
Cantidad de concreto	156 m ³	211 m ³	367 m³
Cantidad de agregado reciclado	20,407.5 kg	19,065 kg	39,472.5 kg

Tabla V.2.3 Datos de la obra.

FUENTE: Tertre J.I., "Proyecto TATO 14", TECREC, Madrid, España, 2004



Fig. V.2.3.1.- Cimentación: zanja y zapatas.



Fig. V.2.3.2.- Muros.



Fig. V.2.3.3.- Plantilla.

FUENTE: Tetre J.I., "Proyecto TATO 14", TECREC, Madrid, España, 2004

La empresa TEC REC, pretendió con el proyecto en demostrar el óptimo comportamiento de los agregados reciclados en aplicaciones estructurales cuando se realiza el proceso con una tecnología adecuada, así pues, se puede utilizar estos productos para su comercialización en la dosificación de concretos no estructurales también. ^[26]

V.3.- PROYECTOS REALIZADOS EN EL D.F., POR LA EMPRESA: CONCRETOS RECICLADOS.

La actividad del reciclado, derivado de las condiciones topográficas de estos predios y de la similitud con la explotación de agregados pétreos donde se ubica la planta, facilita la actividad del reciclaje, es por eso que **Concretos Reciclados, S.A de C.V.**: una empresa 100% mexicana, se especializa en el reciclaje de desechos de la construcción, con tecnología de punta para aprovechar al máximo todos los recursos.

V.3.1.- Delegación Iztapalapa.

En la actualidad, la Delegación de Iztapalapa está ejecutando la construcción de un pozo de captación y absorción de aguas pluviales para el recargue de los mantos acuíferos subterráneos. Se estima que ésta obra generará un volumen de 70,000 m³ de residuos en su proceso de excavación.

Éste material se está recibiendo en la planta de Concretos Reciclados para su trituración, tratamiento y su posterior reincorporación a la propia Delegación.

Se construyó la trotapista del parque Cuitláhuac con una longitud de tres kilómetros.



Fig. V.2.3.3.- Trotapista parque Cuitláhuac delegación Iztapalapa.

FUENTE: Granell E., *Concretos Reciclados*, México, 2004

V.3.2.- Delegación Xochimilco.

En el Área Natural Protegida (ANP) de los Ejidos de San Gregorio y Distrito de Riego del Exejido de Xochimilco, (Toda la zona fue nombrada Patrimonio de la humanidad por la UNESCO), existen alrededor de 100,000 m³ de escombros que se empezaron a acumular desde el sismo de 1985.

Concretos Reciclados recicló 16,000 m³ de este escombros y el producto resultante se empleó para la rehabilitación de aproximadamente 14 km de caminos cortafuegos y de acceso del propio Distrito de Riego.

Es importante aclarar que se seguirá trabajando con la Delegación de Xochimilco para el reciclado del escombros restante.

V.3.3.- Delegación Tlalpan.

La Delegación de Tlalpan y la Asociación de Corredores del Bosque de Tlalpan están rehabilitando brechas del Bosque de Tlalpan con una doble función; por un lado, como caminos corta-fuegos para evitar en lo posible la propagación de incendios y por otro, proporcionar a los corredores del propio bosque de Tlalpan una superficie confortable para llevar a cabo su actividad.

Para tal objetivo, la empresa Concretos Reciclados provee a la delegación con materiales reciclados de diferentes granulometrías para la rehabilitación de estos caminos.

En la actualidad se han rehabilitado 15 km. de estos caminos. ^[23]