

INICIATIVA
POR LA
SOSTENIBILIDAD
DEL CEMENTO



RECICLANDO CONCRETO



Contenido

Resumen ejecutivo	2
Introducción	4
Algunos mitos y verdades sobre el reciclaje de concreto	6
Concreto - ¿De qué está hecho y cuánto hay?	7
Cemento – ¿Qué es y es posible reciclarlo?	8
¿Qué se está haciendo en el mundo para recuperar el concreto?	9
¿Cuánto desecho hay?	12
Principios de desarrollo sostenible, enfoque de ciclo de vida y reciclaje de concreto	14
El concreto en contexto – Comparaciones de reciclaje	16
Beneficios económicos con el uso del concreto reciclado	17
¿Qué usos tiene el concreto reciclado?	19
¿Cómo se puede recuperar el concreto?	22
Devoluciones de concreto	24
Sectores de interés	26
Marcos regulatorios	27
Prácticas de construcción	29
Obstáculos y beneficios para un mayor uso del concreto reciclado en la actualidad	32
Diseño para el desmantelamiento	33
Recomendaciones	34
Indicadores	35
Referencias y enlaces útiles	37
Glosario	38
Notas	39





Resumen ejecutivo

El concreto está en todas partes. Es el segundo material más consumido después del agua y moldea nuestro entorno. Hogares, escuelas, hospitales, oficinas, vías y aceras, todos se hacen a partir del concreto. El concreto es extremadamente perdurable y puede conservarse por cientos de años en muchas aplicaciones. No obstante, las necesidades humanas cambian y se generan desechos – más de 900 millones de toneladas por año tan solo en Europa, Estados Unidos y Japón, y otro tanto desconocido en el resto del mundo. El concreto puede ser recuperado – el concreto puede ser triturado y reutilizado como agregado en nuevos proyectos.

Como parte de la Iniciativa por la Sostenibilidad del Cemento (CSI, por sus siglas en inglés), la industria del cemento ha venido considerando el reciclaje de concreto como un componente de las mejores prácticas para el desarrollo sostenible. Este reporte proporciona información general sobre la situación al respecto desde una perspectiva global. En algunos países se logra una recuperación casi completa del concreto, sin embargo en muchas partes del mundo el potencial de recuperación de concreto es ignorado y termina como desecho innecesario en basureros municipales o vertederos. Adicionalmente, las estadísticas sobre desechos de concreto no son fáciles de encontrar, en parte, por el relativamente bajo peligro que dicho desecho representa en comparación a otros tipos de desechos y por el poco interés del público al respecto.

Aunque el concreto es un desecho relativamente inofensivo, la industria del cemento apoya iniciativas para recuperar este recurso y minimizar la generación de desechos.

El reciclaje o recuperación del concreto presenta dos ventajas principales: (1) reduce la utilización de nuevos agregados vírgenes y los costos ambientales de explotación y transporte asociados, y (2) reduce el desecho innecesario de materiales valiosos que pueden ser recuperados y reutilizados. A pesar de estas ventajas, el reciclaje de concreto no tiene un impacto significativo en la reducción de la huella de carbono (además de algunas reducciones de emisiones que pueden ser logradas en transporte). La principal fuente de emisiones de carbono en el concreto está en la producción del cemento (cemento y agregados se mezclan para hacer concreto). No es viable separar el cemento contenido en el concreto para su reciclaje o reutilización como nuevo cemento, por lo que no es posible reducir las emisiones de carbono por medio del reciclaje de concreto.

Para cada una de las iniciativas de reciclaje de concreto es necesario realizar un completo análisis del ciclo de vida. Aunque muchas veces la meta es el reciclaje total, el impacto global y la utilización óptima de los materiales siempre deben ser considerados. Refinar la recuperación puede resultar en un producto de alto grado, pero a un mayor costo ambiental. En la actualidad, la mayoría del concreto recuperado es utilizado como sub-base vial y en proyectos de ingeniería civil. Desde la perspectiva de la sostenibilidad, estas aplicaciones de baja complejidad proporcionan los mejores resultados.

El objetivo principal de este informe es promover el reciclaje de concreto como un tema de interés e invitar a la reflexión en esta área. El reporte presenta algunos temas claves de discusión sin profundizar demasiado en detalles técnicos. El reporte ultimadamente promueve la meta de “cero vertimiento de desechos de concreto”. Sin embargo es importante anotar que los productores de cemento sólo ejercen una influencia indirecta en el apoyo de esta meta. El desarrollo sostenible es posible utilizando concreto si se emplean buenos diseños y planeación inicial y renovaciones y demoliciones cuidadosas. El reporte recomienda que todos los actores involucrados adopten una actitud sostenible en lo que al concreto se refiere. También recomienda una serie de indicadores clave. Hay un vacío de estadísticas confiables y consistentes. Mejores técnicas de reporte, junto con el establecimiento de objetivos claros producirán, al final, un mejor desempeño y menos desechos de concreto.



Recuperación de concreto: datos

- El concreto es un material durable de construcción que también puede ser recuperado.
- Se estima que, en el mundo, se fabrican alrededor de 25 billones de toneladas de concreto cada año. Esto representa más de 1.7 billones de cargas de camiones anuales, o cerca de 6.4 millones de cargas diarias, o más de 3.8 toneladas por persona en el mundo cada año.
- En el mundo, la cantidad de concreto utilizado en construcción dobla la cantidad del resto de materiales utilizados incluyendo madera, acero, plástico, y aluminio¹.
- Cerca de 1,300 millones de toneladas de desechos son generadas en Europa cada año, de las cuales el 40%, o 510 millones de toneladas, corresponden a residuos de construcción y demolición (RCD). Los Estados Unidos producen cerca de 325 millones de toneladas de RCD y Japón unos 77 millones. Dado que China e India están produciendo y consumiendo más del 50% del concreto en el mundo², su generación de desechos también será significativa a medida que su desarrollo avanza.
- Muchos países tienen esquemas de reciclaje para RCD y se alcanzan altos niveles de recuperación en países como Holanda, Japón, Bélgica y Alemania. En algunos países los residuos del concreto usualmente se destinan a vertederos municipales. Actualmente, los diferentes métodos de cálculo y la disponibilidad de información dificultan la comparación entre países.
- El concreto recuperado a partir de RCD puede ser triturado y utilizado como agregado. Su uso más común es como sub-base vial. También puede ser utilizado en un concreto nuevo.
- Las devoluciones de concreto (concreto fresco, húmedo, devuelto a la planta de premezclado como exceso) también pueden ser recicladas exitosamente. Existen instalaciones de recuperación en muchos sitios de producción en el mundo desarrollado. Más de 125 millones de toneladas son generadas cada año.
- El reciclaje de concreto reduce la explotación de recursos naturales y los costos asociados de transporte; también reduce el desecho de concreto en vertederos de basura. No obstante, su impacto sobre la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero es muy limitada ya que la mayoría de las emisiones ocurren durante la fabricación del cemento, y no es posible reciclar cemento por sí solo.
- Los esquemas de construcción verde reconocen la recuperación de RCD y apoyan la utilización de materiales reciclados incluyendo el concreto reciclado.





Introducción

¿Por qué hacemos este reporte?

Las empresas de cemento tienen un activo interés en el desarrollo sostenible. Un aspecto es el potencial de reciclaje del concreto, siendo el concreto el principal producto o uso del cemento. Este informe ha sido preparado por la Iniciativa por la Sostenibilidad del Cemento (CSI, por sus siglas en inglés) – 18 compañías líderes que trabajan juntas por una mayor sostenibilidad, bajo el auspicio del Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD).

El objetivo de la CSI es promover una percepción positiva sobre el potencial de reciclaje y sobre el reciclaje actual de cemento. Este conocimiento se considera de dominio público dentro de las industrias del cemento, el concreto y la construcción, al menos en algunos países. A pesar de esto, las amplias diferencias en las tasas de recuperación alrededor del mundo resaltan la necesidad de diseminar este mensaje más ampliamente.

Este reporte es la primera compilación de información y cifras sobre la recuperación del cemento- concreto por parte de compañías productoras de cemento a nivel internacional. El reporte se apoya en el conocimiento y experiencia de los socios de la CSI y en la información que el grupo de trabajo pudo recolectar en el curso del proyecto, particularmente de sus filiales en las industrias de los agregados y el concreto. La CSI también incluyó un proceso de consulta con distintos sectores, en el que se invitaron a participar a más de 440 individuos pertenecientes a diversos grupos clave de interés quienes tuvieron la oportunidad de comentar, en línea, el borrador del presente informe. Se recibieron respuestas detalladas de unos 40 participantes, y sus aportes se ven reflejados en el presente documento.

Este informe está dirigido a personas y organizaciones interesadas en el reciclaje de concreto, incluyendo autoridades de gobiernos locales, reguladores de reciclaje y disposición de desechos en vertederos, asociaciones de cemento y concreto, organizaciones medioambientales, arquitectos, profesionales en construcción verde y organizaciones no gubernamentales. Una audiencia clave son los potenciales promotores y usuarios de concreto reciclado.

¿De qué trata este informe y por qué reciclar concreto?

Este informe proporciona una perspectiva general y un resumen internacional de prácticas actuales en reciclaje de concreto y promueve la optimización del reciclaje de concreto dentro de una estrategia integral de desarrollo sostenible.

También resalta la falta de estadísticas globales estandarizadas y recomienda una serie de indicadores para el reciclaje de concreto. El presente informe pretende animar las discusiones sobre reciclaje de concreto entre todos los grupos de interés relevantes.

El concreto es un excelente material con el que se pueden construir edificaciones duraderas y eficientes en su consumo de energía. En todo caso, y aún con un buen diseño, las necesidades humanas cambian y serán generados desechos potenciales.

El concreto presenta propiedades únicas y su recuperación suele ubicarse en medio de las definiciones estándar de reutilización y reciclaje. No es usual que el concreto pueda ser “reutilizado” en el sentido de ser reutilizado en su forma original. Tampoco puede ser “reciclado” de nuevo en sus componentes originales. En su lugar, el concreto puede ser fragmentado en bloques más pequeños o en agregados para darle nueva vida. En este reporte se hace referencia al “concreto reciclado” como aquel concreto que ha sido desviado del flujo de los residuos y reusado y recuperado para el uso de un nuevo producto.

El reciclaje de concreto es una industria bien establecida en muchos países y la mayoría del concreto puede ser triturado y reutilizado como agregado. La tecnología existente para el reciclaje por medio de la trituración mecánica ya está disponible y es relativamente económica. Puede implementarse tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. Con más investigación y desarrollo el alcance de las aplicaciones de agregados reciclados puede ampliarse. Aún así, incluso con la tecnología existente, es posible lograr considerables incrementos en las tasas de recuperación en algunos países con mayor apoyo del público a los agregados reciclados y una reducción en las ideas equivocadas e ignorancia sobre sus posibles usos.



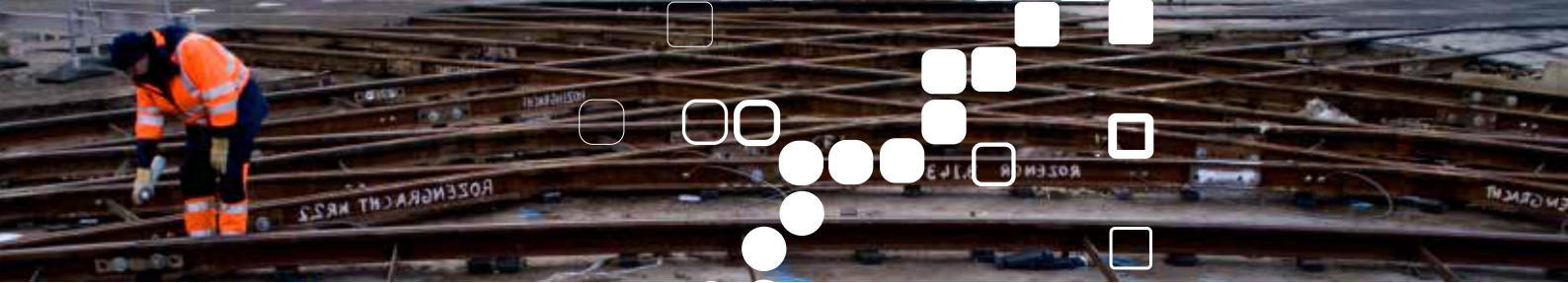
Algunos beneficios clave del concreto reciclado incluyen:

- Reducción de desechos en vertederos de basura y degradación asociada de la tierra.
- Sustitución de recursos vírgenes y reducción de los costos ambientales asociados a la explotación de recursos naturales.
- Reducción de los costos de transporte: a menudo, el concreto puede ser reciclado en los sitios de construcción y demolición, o cerca a las áreas urbanas donde será reutilizado.
- Reducción del pago de tarifas e impuestos asociados al vertimiento de desechos.
- Buen desempeño en algunas aplicaciones debido a su buena compactación y propiedades de densidad (por ejemplo, como sub-base vial).
- En algunos casos, generación de empleos en la industria del reciclaje de concreto que de otro modo no existirían en otros sectores.



Nota sobre la información en este reporte

La CSI ha recopilado e incluido información que estaba disponible al momento de la publicación. Las referencias han sido incluidas siempre que han estado disponibles. Información anecdótica también se ha incluido a partir del conocimiento general de la industria cuando se ha considerado que es lo suficientemente confiable.



Algunos mitos y verdades sobre el reciclaje de concreto

Mit o	Realidad
<ul style="list-style-type: none"> • El concreto no puede ser reciclado 	Aunque el concreto no se descompone en sus partes básicas, puede ser recuperado y triturado para su reutilización como agregado (para su uso en mezclas listas de concreto u otras aplicaciones) o puede ser reciclado mediante el proceso de fabricación del cemento en cantidades controladas, ya sea como materia prima alternativa para producir clínker o como componente adicional al moler clínker, yeso y otros aditivos del cemento.
<ul style="list-style-type: none"> • Los agregados de concreto reciclado no pueden ser usados en un concreto estructural 	Es generalmente aceptado que el 20% (o más) del contenido de agregados puede ser reemplazado por concreto reciclado para aplicaciones estructurales.
<ul style="list-style-type: none"> • Aunque parte del concreto puede ser reciclado no es posible lograrlo en grandes proporciones 	Países como Japón y Holanda logran la recuperación casi completa de los residuos del concreto.
<ul style="list-style-type: none"> • El concreto se puede fabricar en un 100% a partir de concreto reciclado 	La tecnología actual permite que el concreto recuperado sea usado como agregado en nuevo concreto pero (1) cemento nuevo siempre es necesario y (2) en la mayoría de las aplicaciones sólo una parte del contenido de agregados reciclados puede ser usado (las regulaciones limitan con frecuencia el contenido al igual que las propiedades físicas, particularmente para concreto estructural).
<ul style="list-style-type: none"> • El reciclaje de concreto reduce las emisiones de gases con efecto invernadero y la huella de carbono 	La mayoría de las emisiones de gases con efecto invernadero provenientes de la fabricación del concreto ocurren durante la producción del cemento. Es posible lograr ahorros menores si la necesidad de transportar los agregados se reduce por medio del reciclaje.
<ul style="list-style-type: none"> • Reciclar concreto en agregados de menor grado es degradación y no es la mejor solución ambiental 	Se debe efectuar una completa evaluación del ciclo de vida. Algunas veces, los usos de menor grado son la solución más sostenible, pues evitan el uso de nuevos recursos en el proyecto y requieren de un mínimo de energía en el procesamiento. Esto no significa que usos más refinados no sean apropiados para ciertas situaciones.
<ul style="list-style-type: none"> • Los agregados reciclados son más costosos 	Esto depende de las condiciones locales (incluyendo costos de transporte).

Verdad	Explicación
<ul style="list-style-type: none"> • El cemento no puede ser reciclado 	Una vez fabricado el clínker de cemento, el proceso es irreversible. No existe ningún proceso comercialmente viable para reciclar cemento.
<ul style="list-style-type: none"> • El concreto de demolición es inerte 	En comparación a otros desperdicios, el concreto es relativamente inerte y usualmente no requiere de ningún tratamiento especial.
<ul style="list-style-type: none"> • El concreto reciclado puede ser mejor que los agregados vírgenes para algunas aplicaciones 	Las propiedades físicas de agregados gruesos hechos a partir de concreto de demolición triturado son el material preferido para aplicaciones como bases y sub-bases viales. Esto se debe a que los agregados reciclados generalmente tienen mejores propiedades de compactación y requieren menos cemento como sub-base. Adicionalmente, por lo general es más económico de obtener que el material virgen.
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar agregados reciclados reduce el impacto sobre el uso del suelo 	Al emplear agregados reciclados en lugar de materiales vírgenes (1) se generan menos desechos y (2) se extraen menos recursos naturales.
<ul style="list-style-type: none"> • Aún reciclando todos los residuos de las construcciones y demoliciones (RCD) no se satisface la demanda del mercado por agregados 	La casi completa recuperación del concreto proveniente de construcciones y demoliciones sólo proveería alrededor del 20% del total de la demanda por agregados en países desarrollados.
<ul style="list-style-type: none"> • No hay cifras completas sobre las tasas de recuperación 	Con frecuencia no existen datos disponibles. Cuando los hay, la diferencia entre los métodos de contabilización dificulta la comparación entre países.



Concreto - ¿De qué está hecho y cuánto hay?

El concreto es el segundo material más consumido en el mundo después del agua y constituye la base del entorno urbano. Se estima que en 2006 en el mundo se consumieron entre 21 y 31 billones de toneladas de concreto (conteniendo 2.54 billones de toneladas de cemento)³, a comparación de los menos de 2 – 2.5 billones de toneladas de concreto consumidas en 1950 (200 millones de toneladas de cemento)⁴.

El concreto se compone de agregados gruesos y finos, cemento y agua⁵. Los agregados naturales pueden ser reemplazados por agregados recuperados a partir de concreto reciclado. Cenizas volantes, humo de sílice y escorias pueden ser utilizados como materiales cementosos reduciendo así el contenido de cemento. Estos materiales pueden ser añadidos en la última etapa de la producción del cemento o cuando se prepara el concreto.

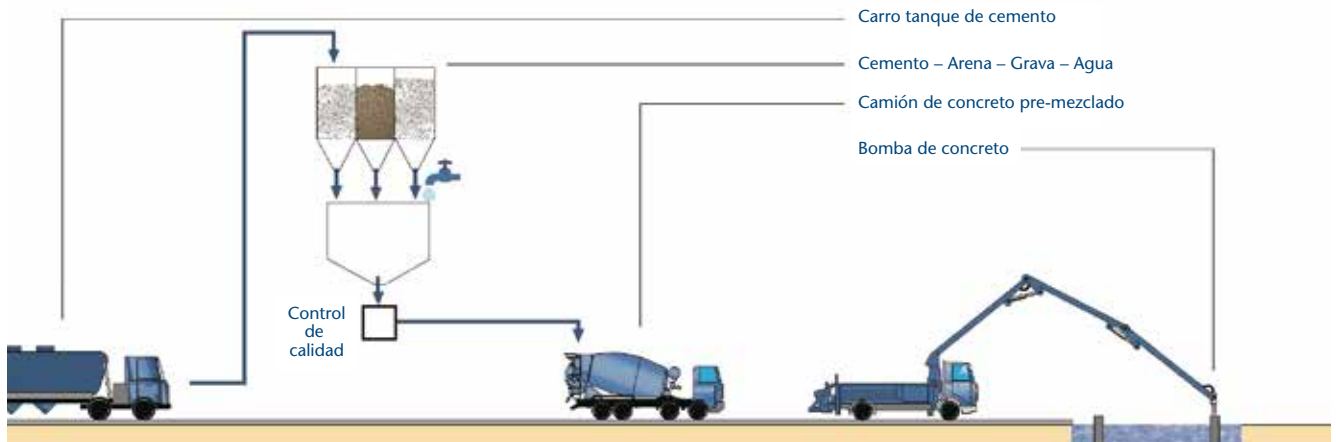
En los países desarrollados la mayoría del cemento producido se incorpora al concreto a nivel industrial y es vendido como concreto pre-mezclado. A una menor escala y más comúnmente en países en vía de desarrollo, el concreto es mezclado in situ por el usuario directamente en el lugar de la construcción.

Es posible reciclar concreto a partir de:

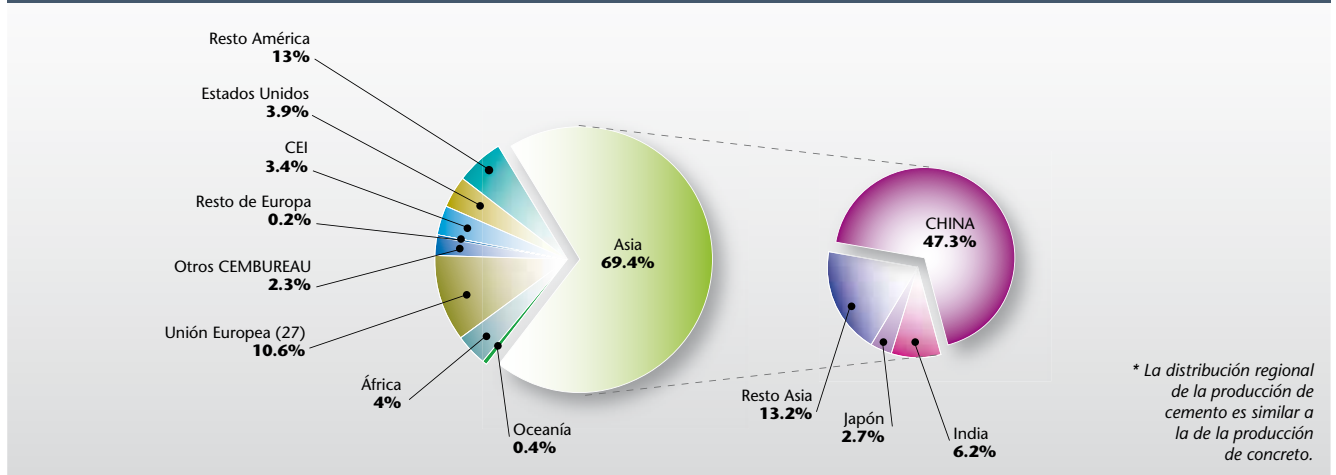
- Devoluciones de concreto fresco (húmedo) en los camiones mezcladores.
- Desechos de producción en fábricas de prefabricados⁶.
- Residuos de construcciones y demoliciones.

La fuente más importante son los residuos de demolición.

PREPARACIÓN DEL CONCRETO



Producción mundial de cemento por región en el 2006: 2.54 billones de toneladas





Cemento – ¿Qué es y es posible reciclarlo?

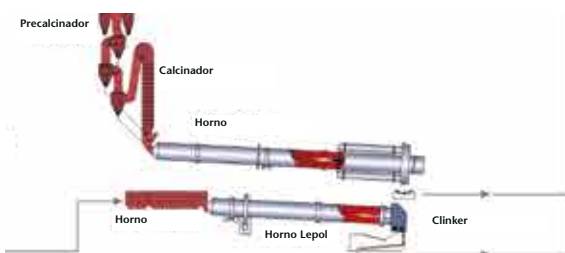
Entre el 5 y 20% del concreto se compone de cemento. El cemento es producido mediante la trituración y mezclado de caliza y arcilla (materiales que contienen óxidos de calcio, silicio, aluminio y hierro). Los materiales son fundidos a unos 1500°C en un horno, formando clínker. Una vez se produce el clínker, los materiales están ligados de manera irreversible. Seguidamente, el clínker se enfría y es molido con una pequeña parte de yeso y otros aditivos para producir un polvo seco – cemento. Según el uso que se le quiera dar, los componentes en el cemento varían para mejorar propiedades como resistencia, tiempo de fraguado, trabajabilidad, durabilidad y color. En la producción del cemento también se utilizan materiales reciclados tales como escorias de alto horno y cenizas volantes.

La forma más conocida de cemento es el cemento Portland, pero también existen muchos tipos distintos de cemento con diferentes propiedades. Los cementos especiales con

propiedades particulares son comercializados para proyectos en ambientes marinos, construcción de presas y proyectos de diseño en construcción. Cerca del 95% del cemento manufacturado es utilizado para hacer diferentes tipos de concreto. Los otros usos del cemento son principalmente estabilización de suelos y estabilización del pH de lodos.

Una vez el concreto ha sido mezclado, no es posible extraer el cemento para reciclarlo. No obstante, los residuos del concreto pueden ser reciclados en el proceso de fabricación de nuevo cemento en cantidades controladas, ya sea como materia prima alternativa para producir clínker o como aditivo, al moler el clínker con yeso y otros agregados.

Produciendo cemento

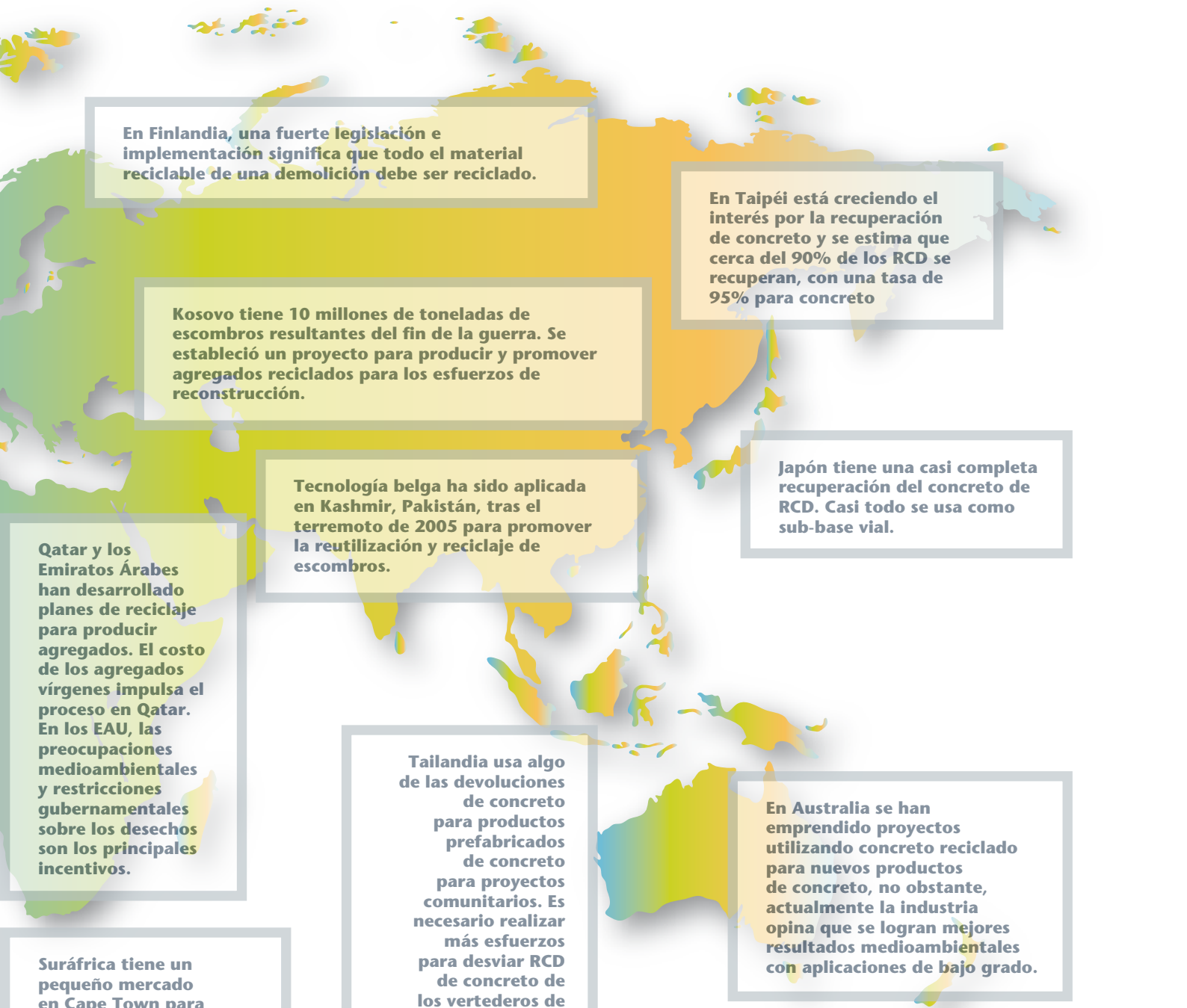




¿Qué se está haciendo en el mundo para recuperar el concreto?

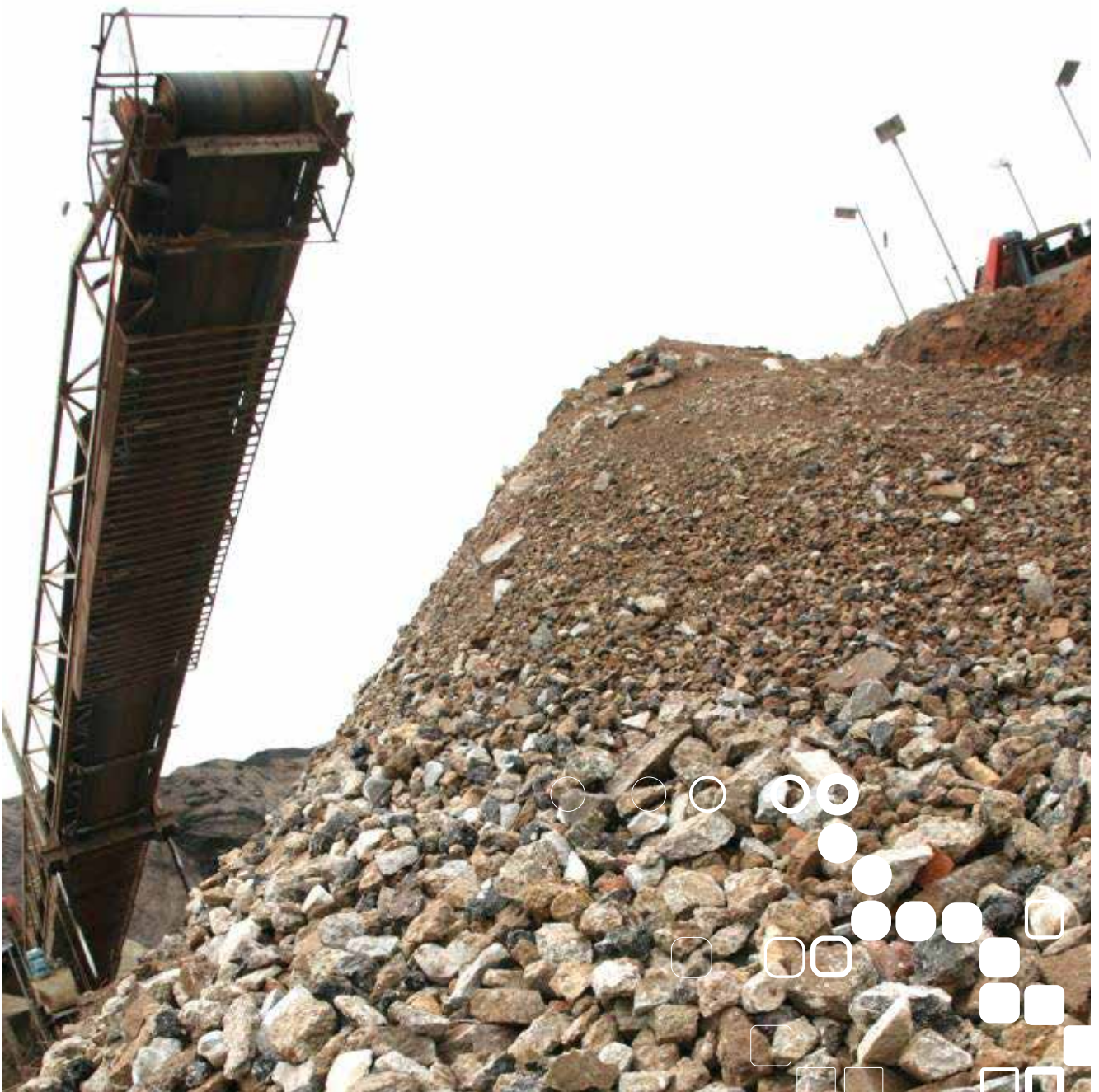
Algunos ejemplos de lo que está sucediendo en el mundo son







Países en Desarrollo y Áreas Rurales: aunque muchos de los mismos temas son relevantes para el mundo entero, los países en transición y regiones en desarrollo enfrentan algunos retos en particular. En las regiones recientemente desarrolladas, la cantidad de concreto disponible para reciclaje puede ser menor. Inversamente, las áreas en reconstrucción tras períodos de guerra tienen grandes cantidades de desechos de demolición sin clasificar. En ambas situaciones el impacto ambiental de los métodos de reciclaje requiere de un escrutinio aún mayor dado que los países pueden contar con menores recursos e infraestructura y, posiblemente, menos conocimiento en procesos de bajo impacto. Con frecuencia, la infraestructura de reciclaje es menos viable en áreas de un amplio alcance geográfico y con bajas densidades poblacionales.





¿Cuánto desecho existe?

Como el material artificial más utilizado por la humanidad, el concreto constituye una porción considerable de los desechos del mundo. A pesar de su larga vida, los cambiantes requerimientos humanos implican que siempre habrá un tiempo limitado al uso inicial.

No existen datos globales acerca de la generación mundial de desechos. Muchos países hacen algunos estimados de la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD)*, de los cuales una proporción significativa es atribuible al concreto (junto con el asfalto, la madera, el acero y otros productos en cantidades similares). Existen enormes diferencias entre regiones debido a las tradiciones en la construcción, y el contenido de concreto en los RCD puede variar entre un 20% y un 80%.

Cantidad de desechos (millones de toneladas)	Europa	Estados Unidos	Japón
Desechos de construcción y demolición (RCD)	510 ⁷	317 ⁸	77 ⁹
Desechos municipales	241 ¹⁰	228 ¹¹	53 ¹²

MT = millones de toneladas

Estimados para las principales regiones incluyen (en millones de toneladas métricas):

En su mayoría, los RCD son desechos recuperables que pueden ser reciclados y reutilizados con un beneficio económico y ambiental.

¿Cuánto está siendo recuperado y desde cuándo?

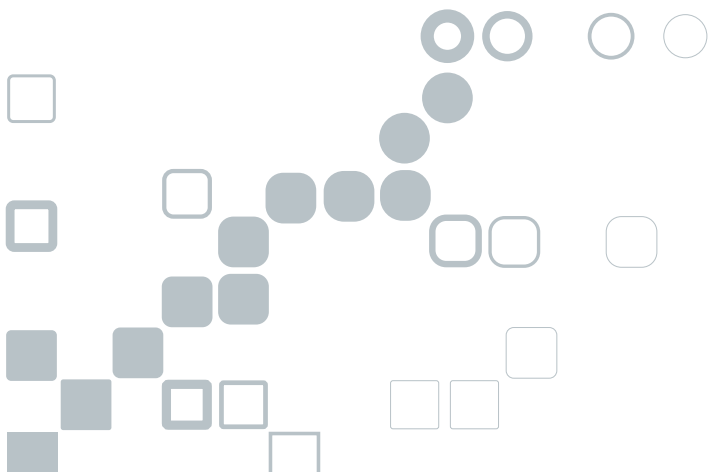
El interés por la recolección de cifras sobre recuperación viene creciendo a la par con la atención prestada al desarrollo sostenible y sus indicadores. Dicho lo anterior, el reciclaje de concreto y RCD no es una novedad y siempre ha sido un elemento dentro de la construcción debido a la naturaleza inerte del concreto y la relativa facilidad con la que puede ser procesado en agregados.

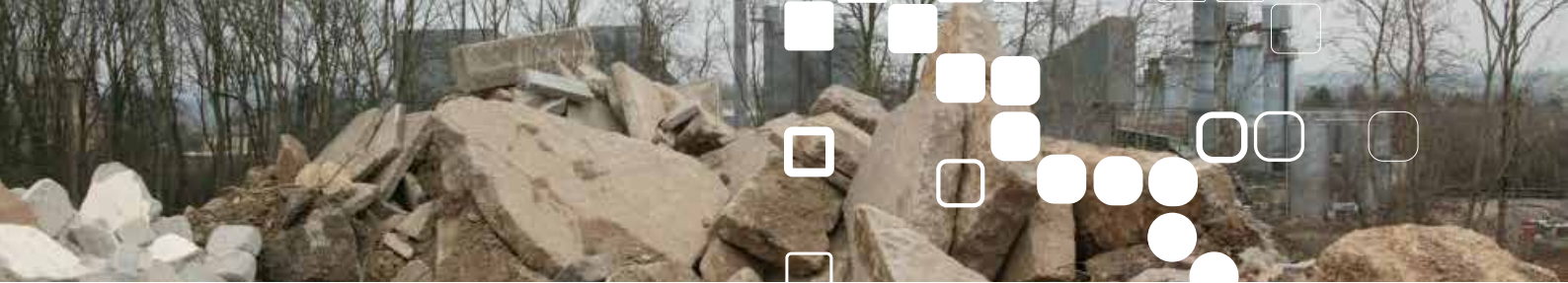
Desde el comienzo de la antigua civilización romana, los materiales de construcción han sido reciclados y reutilizados. En Europa, grandes cantidades de escombros tras la segunda guerra mundial estaban disponibles para su reutilización en medio de las difíciles circunstancias económicas y en tiempos en que la infraestructura para la explotación y recuperación de nuevos materiales era escasa.

Las investigaciones sobre las propiedades de agregados reciclados comenzaron en la década de 1940¹³. La crisis del petróleo de 1973 disparó la investigación en aplicaciones de agregados reciclados en Japón por parte de la Sociedad de Contratistas de la Construcción y el Ministerio de Obras¹⁴.

Las cifras actuales sobre tasas de recuperación son difíciles de encontrar para configurar una radiografía del panorama global. La recolección de datos no es sistemática más allá de los datos generales sobre la generación de RCD, e incluso estos datos no siempre están disponibles para todas las regiones. Aún cuando hay información disponible, las definiciones utilizadas varían entre sí. En general, las tasas de recuperación se refieren a los desechos que son desviados de los vertederos municipales. Para los datos de recuperación de RCD, algunos países incluyen la tierra excavada, en tanto que otros no consideran este rubro dentro de la definición de recuperación. También, con frecuencia, la reutilización in-situ es obviada (y de hecho contribuye de manera importante a las tasas de recuperación real). La CSI también ha notado que algunos países excluyen los proyectos de ingeniería civil (vías y puentes) de las estadísticas de construcción.

* La CSI ha elegido utilizar el término C&DW (por sus siglas en inglés, para denominar los residuos de construcción y demolición, o RCD) por su empleo generalizado. Nótese que la mayoría de los desechos generados provienen de la demolición y no de la construcción.





Datos sobre recuperación

Los datos disponibles sobre recuperación de concreto se reproducen en la siguiente tabla. No obstante, las diferentes definiciones y métodos de medición a menudo impiden una comparación adecuada, como se discutió anteriormente. La CSI recomienda que estos datos sean utilizados como un referente para incentivar el diálogo acerca de un sistema de reporte uniforme para la generación y tasas de recuperación de RCD. Muchos países no están incluidos en la siguiente tabla, especialmente países en desarrollo y economías emergentes, pues los datos no estaban disponibles para la CSI. Se recomienda la publicación y disponibilidad de estos datos en tantos países como sea posible.

Además, la CSI apoya los esfuerzos para mejorar las tasas de recuperación pero reconoce que las dificultades para una alta tasa de recuperación son diferentes en cada región. Por ejemplo, en países extensos y poco poblados se esperan tasas de recuperación más bajas.

PAÍS	TOTAL RCD (Mt)	TOTAL RCD RECUPERADOS (Mt)	% DE RCD RECUPERADOS
Alemania ¹⁵	201	179	89
Australia ¹⁶	14	8	57
Bélgica ¹⁷	14	12	86
Canadá ¹⁸	No disponible	8 (concreto reciclado)	No disponible
España ¹⁹	39	4	10
Estados Unidos ²⁰	317 (incl. 155 de concreto)	127 (concreto reciclado)	82
Francia ²¹	309	195	63
Holanda ²²	26	25	95
Inglaterra ²³	90	46	50 – 90
Irlanda ²⁴	17	13	80
Japón ²⁵	77	62	80
Noruega ²⁶	No disponible	No disponible	50 – 70
Portugal	4	Mínimo	Mínimo
República Checa ²⁷	9 (incl. 3 de concreto)	1 (concreto reciclado)	45 (concreto)
Suiza ²⁸	7 (incl. 2 de concreto)	2	casi 100
Taiwán ²⁹	63	58	91
Tailandia ³⁰	10	No disponible	No disponible

Alemania – ejemplo de los hechos detrás de las cifras.

En 2004 Alemania produjo un total de 201 millones de toneladas de RCD, de los cuales el 89% fue reciclado. La excavación de tierra está incluida en las cifras, que se pueden desglosar así:

Fuente: Informe de Monitoreo de la Industria de la Construcción (2007) elaborado por Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (ARGE KWTB). www.arge-kwtb.de

Tipo de RCD	Volumen creado (2004) (Mt)	% Reutilizado o Reciclado
Excavación de tierra	128	88
Desechos de construcción	51	91
Trabajos en vías	20	99
Otros	2	~25

MT = millones de toneladas



Principios de desarrollo sostenible, enfoque de ciclo de vida y reciclaje de concreto

El reciclaje de concreto no es un fin por sí mismo. Es necesario hacer una evaluación de los beneficios globales derivados del reciclaje del concreto para el desarrollo sostenible. Es aconsejable ubicar el concreto en el contexto del impacto ambiental de otros materiales. El concreto tiene un alto impacto medioambiental con respecto a sus insumos, específicamente en la fase de producción de cemento. El transporte y entrega en todas las etapas de la producción es la segunda fuente más importante de impactos³¹. Sin embargo, el concreto es extremadamente duradero y puede traer muchas ventajas al medio ambiente durante la fase de utilización.

Los factores a considerar cuando se comparan los agregados vírgenes y los agregados reciclados u otros materiales para la construcción son los siguientes:

- **Los costos de transporte** incluyendo consumo de combustible y emisiones de CO₂
 - Generalmente, los RCD se encuentran en áreas urbanas cercanas o en el sitio de la construcción, en tanto que los materiales vírgenes por lo general suelen obtenerse de canteras más distantes y áreas naturales. En contraste, los costos de transporte pueden incrementarse al utilizar agregados reciclados si no existen maneras viables de procesar los agregados en el sitio donde serán utilizados.
- **La contaminación atmosférica, hídrica y auditiva y el consumo energético** de los sistemas de procesamiento al recuperar el concreto o utilizar materiales naturales
 - Se pueden comparar sistemas para diferentes materiales.
 - La producción de agregados gruesos tiene un menor impacto que los materiales más finos, pero es necesario tener en cuenta el uso futuro del agregado.
- **Impacto sobre el uso del suelo** – Utilizar agregados reciclados implica
 - Que menos desechos se destinen a los vertederos.
 - Que los suelos sean conservados y que sean menos explotados como fuente de materias vírgenes.
- **Impactos ambientales durante la fase de uso**
 - Los agregados reciclados tienen propiedades similares a las del concreto convencional. Por lo tanto, generalmente hay una menor diferencia en el impacto desde la perspectiva de fase de uso.

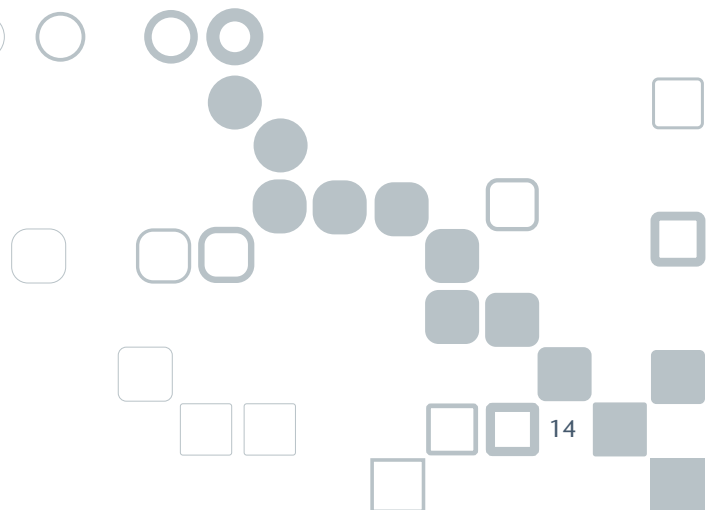
Comparado con otros materiales de construcción, la masa térmica del concreto permite lograr ahorros de energía durante la operación de un edificio construido con concreto, debido a que se necesita menos energía para su calefacción y enfriamiento en comparación con otros materiales.

- **Expectativa de vida útil**

- La durabilidad del concreto y del concreto reciclado significa que su larga vida útil puede presentar ventajas en sostenibilidad frente a otros materiales de construcción.

Reciclando concreto – CO₂ Neutro

Gran parte de la discusión alrededor del desarrollo sostenible se centra en la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero. No obstante, como se ha discutido con anterioridad, el reciclaje de concreto presenta muy pocas oportunidades en este sentido. Las reducciones de emisiones de gases con efecto invernadero se pueden lograr cuando un material o proceso con una gran huella de carbono es sustituido por uno con una huella menor. Reciclar el concreto en forma de agregados no tiende a producir este tipo de reducciones en comparación al uso de agregados naturales, con excepción de las reducciones que puedan lograrse en materia de requerimientos de transporte. Las investigaciones indican que durante periodos extendidos el concreto, especialmente el concreto triturado puede carbonatar, y así, reabsorber CO₂. No obstante, no existen datos contundentes al respecto y los cálculos e investigaciones apenas comienzan³². La fabricación de cemento es el área clave en materia de reducción de emisiones, pues es en esta etapa de la producción en la que se generan la mayoría de emisiones de gases con efecto invernadero. La industria ha tomado importantes medidas al respecto en los últimos años³³.





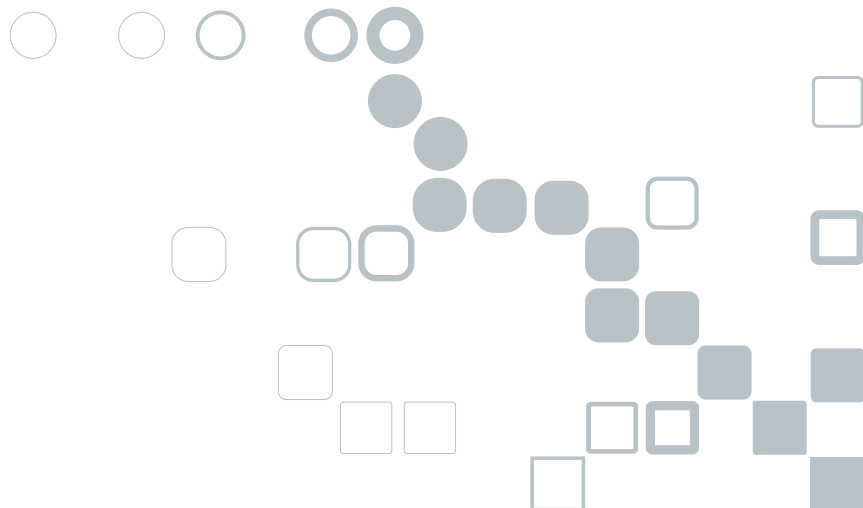
Herramientas de comparación

El análisis del ciclo de vida (ACV) se emplea para considerar y comparar los impactos medioambientales de una serie de materiales y productos. Un ACV puede ser útil en la determinación del mejor uso para los RCD y de los residuos del concreto en una situación particular. Los ACV suelen producir una enorme cantidad de cifras y es necesario tomar decisiones para balancear las ventajas y desventajas relativas de las alternativas evaluadas.

Caso de estudio

Cuando se construyó la Edens Expressway en Chicago a principios de la década de 1950 se emprendió un estudio para comparar el resultado de reciclar cerca de 300,000 toneladas de RCD (principalmente concreto). En este caso se encontró que se podían lograr importantes reducciones en el consumo de energía. El reciclaje también se consideró como la mejor alternativa para el cumplimiento del cronograma de trabajo.³⁴

Ahorro de energía en la construcción de una vía con reciclaje de RCD			
SIN RECICLAJE		CON RECICLAJE	
350,000 t de RCD a vertederos	350,000 t de material primario	52,500 t a vertederos	52,500 t de material primario 297,500 t de material secundario
7,900 viajes al vertedero + 7,900 viajes de regreso al sitio	7,900 viajes a la cantera + 7,900 viajes de regreso al sitio	1,200 viajes al vertedero + 1,250 viajes de regreso al sitio	1,200 viajes a la cantera + 1,200 viajes de regreso al sitio
TRANSPORTE		TRANSPORTE	
1.64 x 10 ¹¹ MJ	1.97 x 10 ¹¹ MJ	0.249 x 10 ¹¹ MJ	0.805 x 10 ¹¹ MJ
CONSUMO ENERGÍA PARA DEMOLICIÓN		CONSUMO ENERGÍA PARA DEMOLICIÓN Y TRATAMIENTO	
	0.0132 x 10 ¹¹ MJ	(0.0132 + 0.0008) x 10 ¹¹ MJ	
CONSUMO DE ENERGÍA SIN RECICLAJE:	3.61 x 10¹¹ MJ (100%)	CONSUMO DE ENERGÍA CON RECICLAJE:	0.818 x 10¹¹ MJ (22.6%)
Supuestos: <ul style="list-style-type: none"> Tasa de recuperación: 85% Carga de camión: 44 toneladas Consumo de energía para transporte de material: 1.22 MJ por tonelada por km Consumo de energía para el tratamiento de RCD: 285 MJ por tonelada Consumo energético para demolición: 92 MJ por tonelada 		Fuente: Pavement 154, 1989, Recycling of Portland Cement Concrete	





El concreto en contexto – Comparaciones de reciclaje

Las comparaciones de reciclaje pueden ser útiles en su promoción. El análisis de diferentes tasas de reciclaje puede resaltar de manera comparativa los beneficios y obstáculos de reciclar diferentes productos. En el caso del concreto, las tasas de reciclaje han tendido a ser menores que las de otros materiales de construcción en algunos países. En otros países las altas tasas de reciclaje de concreto han tendido a ser ignoradas por el público en general. Incentivos económicos y facilidad para recuperar el material han sido factores clave para el reciclaje de algunos materiales como el acero y el aluminio. Los impactos medioambientales, apoyados por el interés público, junto con las correspondientes normas y leyes, han impulsado el reciclaje de elementos como neumáticos y botellas de PET. Debido a una oferta generalmente abundante de agregados vírgenes, la naturaleza inerte del desecho y los beneficios medioambientales relativamente limitados, el reciclaje de concreto nunca se ha constituido en una gran prioridad. Adicionalmente, el concreto es percibido con frecuencia, y erróneamente, como un material que no está disponible para la recuperación inmediata. Como se ha comentado en este reporte, su durabilidad y ventajas en materia de consumo de energía derivadas de su utilización también deberían ser reconocidas, pues el reciclaje es tan sólo uno de los componentes del desarrollo sostenible.

Una comparación de las tasas de reciclaje en la industria puede resultar interesante ya que ilustra el desarrollo de prácticas sostenibles. Es importante que las comparaciones se hagan en el marco de un contexto adecuado. En tanto que las altas tasas de reciclaje son “buenas”, una tasa más alta de reciclaje de un material frente a otro no implica necesariamente que un material sea más “verde” que el otro. De esta manera los factores a tener en cuenta serían:

- Diferentes definiciones para “tasa de reciclaje”
- La vida inicial del material
- El impacto de la producción de recursos vírgenes vs el reciclaje.

Las cifras disponibles para algunos materiales seleccionados son:

Material	Tasa reciclaje Europa ³⁵ (%)	Tasa reciclaje EE.UU. (%)	Tasa reciclaje Japón (%)
Concreto/RCD	30 ³⁶	82 ³⁷	80 ³⁸
Latas de aluminio para bebidas	58 ³⁹	52 ⁴⁰	93 ⁴¹
Aluminio en edificaciones	96 ⁴²	No disponible	80 ⁴³
Contenedores de vidrio	61 ⁴⁴	22 ⁴⁵	90 ⁴⁶
Baterías de plomo	95 ⁴⁷	99 ⁴⁸	99 ⁴⁹
Papel/cartón	63 ⁵⁰	56 ⁵¹	66 ⁵²
Botellas de PET	39 ⁵³	24 ⁵⁴	66 ⁵⁵
Neumáticos	84 ⁵⁶	86 ⁵⁷	85 ⁵⁸
Contenedores de acero	66 ⁵⁹	63 ⁶⁰	88 ⁶¹
Madera	16 (Reino Unido) ⁶²	Bajo	



Beneficios económicos con el uso del concreto reciclado

Además de los beneficios para el medio ambiente, utilizar concreto reciclado también puede ser económico, según la situación y condiciones locales. Los factores incluyen:

1. Cercanía y cantidad de agregados naturales disponibles.
2. Confiabilidad de la oferta, calidad y cantidad de RCD (disponibilidad de materiales y capacidad de las instalaciones de reciclaje).
3. Opinión pública sobre la calidad de los productos reciclados.
4. Incentivos en compras estatales.
5. Normas y regulaciones que exijan tratamientos diferenciados para agregados reciclados y material primario.
6. Impuestos y tasas sobre los agregados naturales y vertederos municipales.

El costo de enviar a los vertederos muchas veces puede ser superior al costo de separar y vender los desechos del concreto de un sitio de construcción a un agente reciclador (o incluso al de pagar una tarifa por su recolección), particularmente cuando existen tarifas sobre la utilización del vertedero. El costo de utilizar residuos de materiales de demolición en una construcción nueva en el mismo sitio de la demolición puede ser inferior al costo de utilizar nuevos materiales. Según el método de reciclaje utilizado, y la



medida en que los materiales necesiten ser separados y otros materiales removidos, el costo de maquinaria para reciclaje y procesamiento puede aumentar.

Algunos estados en los Estados Unidos calculan ahorros de hasta un 50% - 60% por la utilización de agregados reciclados en comparación a la utilización de agregados nuevos⁶³. Reciclar es menos costoso que desechar en Alemania, Holanda y Dinamarca⁶⁴. En países que carecen de infraestructura para el reciclaje y que disponen de abundantes recursos naturales, el costo de reciclar puede ser más alto.

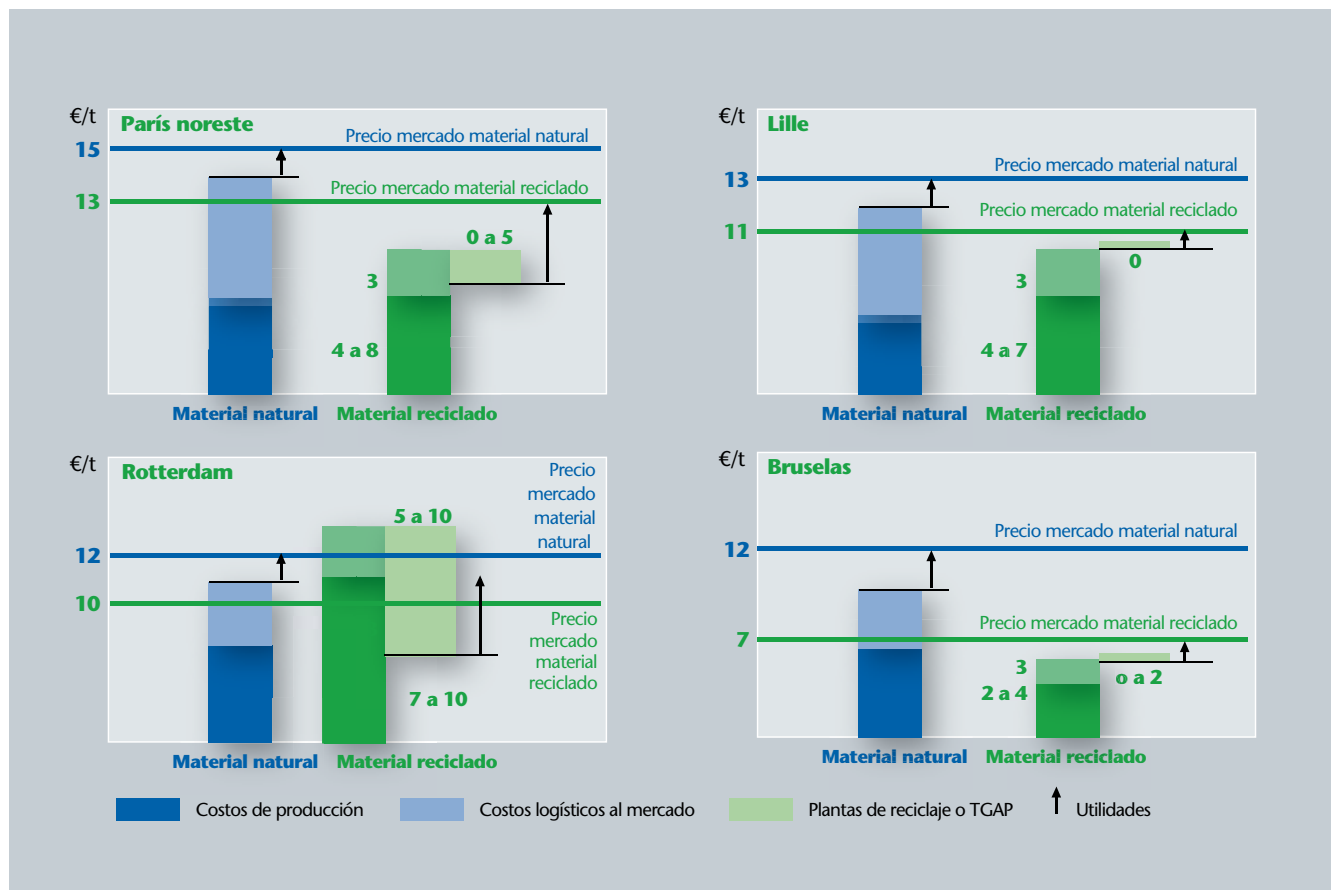
Algunos ejemplos de ahorros de costos con:

- Casi 700,000 toneladas de agregados fueron reutilizadas in-situ en un proyecto de una autopista en Anaheim, California. Se empleó una trituradora portátil para reciclar asfalto y concreto viejos. Además, se trajeron 100,000 toneladas adicionales de agregados reciclados para utilizarlos en la base para completar el proyecto. Con la utilización de agregados reciclados se ahorraron unos US\$ 5 millones en la compra y transporte de agregados vírgenes y el transporte de agregados existentes para su desecho⁶⁵.
- Se ahorraron AU\$ 4 millones en el proyecto de construcción del Western Link Road en Melbourne, Australia por medio de la separación y desviación de los residuos del concreto, rocas, asfalto, acero y madera de su vertimiento en basureros. Se evitó el vertimiento de más de 15,000 m³ de concreto⁶⁶.
- El proyecto Holdfast Shores Development en Australia, un complejo con puerto deportivo, residencias, áreas comerciales y de entretenimiento realizó una auditoría en desechos. El procedimiento de clasificación de basuras y el establecimiento de contenedores separados para concreto (los cuales fueron posteriormente comprados para su utilización como material de base vial) resultó en una disminución del 29% en el costo del desecho de contenedores de basura. En promedio, cuesta AU\$ 186 desechar un contenedor con desechos en general, y cuesta AU\$ 132 desechar un contenedor sólo con concreto. Parte del concreto fue utilizado en la barrera marina como parte del desarrollo del puerto deportivo⁶⁷.
- Se empearon agregados reciclados en la construcción de un complejo comercial en Port Glasgow, Reino Unido, lo que arrojó ahorros por £264,000 (o ~4%) en los costos⁶⁸.
- Un plan para demoler Aarhus Gasworks en Dinamarca calcula que el reciclaje de RCD reducirá los costos de gestión de residuos hasta en un 90%⁶⁹.



Márgenes de utilidad sobre el uso del concreto reciclado – La recuperación de concreto puede beneficiar los resultados en el balance

Estudios de la industria en Europa han mostrado una variación en el margen de utilidad comparable como se ilustra en el siguiente ejemplo. En París, la falta de agregados naturales hace de los agregados reciclados una opción atractiva y el mercado del reciclaje allí está impulsado principalmente por empresas de obras civiles integradas verticalmente con organizaciones de reciclaje. De manera similar en Rotterdam, el margen de utilidad para agregados reciclados es alto, pero en este caso se debe al precio de venta, a pesar de que los costos de producción para materiales reciclados superan los de producción de materiales vírgenes. En Bruselas, la falta de posibilidades de desecho significa que las empresas de construcción y demolición presionan los precios a la baja para encontrar soluciones para los desechos, en tanto que en Lille la abundancia de canteras hace que los altos costos de producción sean un factor limitante.



Fuente: UEPG, agregados de desechos de construcción y demolición en Europa. 2006.

Investigaciones de la industria han mostrado que en Europa, los agregados de concreto reciclado se pueden vender entre 3 y 12 € por tonelada, con un costo de producción entre 2.5 y 10 € por tonelada. El precio de venta más alto se obtiene en lugares donde todos los RCD son recuperados y se alcanza el máximo de separación posible, donde hay una fuerte demanda, escasez de alternativas naturales y regímenes regulatorios que los promuevan.



¿Qué usos tiene el concreto reciclado?

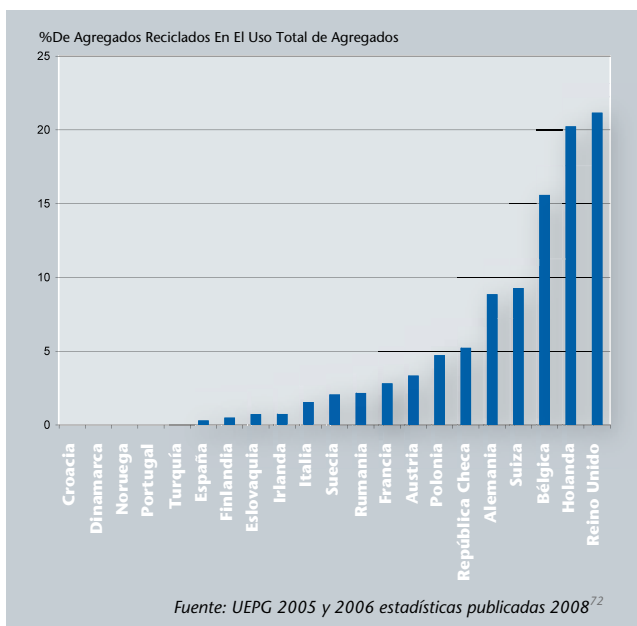
- Como agregado (grueso y fino)
- Como bloques en su forma original o cortados

“Agregado reciclado” en este informe se refiere a agregados recuperados a partir de concreto viejo.

Uso como agregado

La mayoría del concreto reciclado se utiliza como agregado para sub-bases viales, normalmente en su forma granulada. La calidad del agregado producido depende de la calidad del material original y del grado de procesamiento y separación. La contaminación con otros materiales también afecta la calidad. Aunque los agregados más finos pueden producir un producto de mayor valor, su producción también puede tener un mayor impacto sobre el medio ambiente. Una vez bien limpio, la calidad del concreto reciclado generalmente es comparable con aquella de los agregados vírgenes y sus posibilidades de uso son equiparables, aunque pueden existir algunas limitaciones respecto a su resistencia. El material con contenido de paneles de yeso puede estar más limitado en sus aplicaciones.

Los agregados reciclados representan entre un 6% y 8% del total de agregados utilizados en Europa, con diferencias significativas entre países⁷⁰. Los principales usuarios son el Reino Unido, Holanda, Bélgica, Suiza y Alemania. Se estima que en el año 2000 un ~5% de los agregados utilizados en Estados Unidos fueron agregados reciclados⁷¹.



1. Como agregado grueso

Para bases viales, sub-bases y aplicaciones de ingeniería civil

Las aplicaciones más comunes son base vial, pavimento y sub-base. En Estados Unidos su uso y aceptación ha sido promovida por la Administración Federal de Autopistas (FHWA), la cual ha adoptado una política pro uso y emprendido investigaciones en esta área. Investigaciones finlandesas han encontrado que el concreto reciclado con características específicas de calidad y composición en las capas de base y sub-base, pueden permitir la reducción del grosor de estas capas debido a las buenas propiedades de capacidad de soporte del material⁷³. Se ha encontrado que, cuando se utiliza como base y sub-base, el material cementoso granulado en agregados reciclados presenta una cohesión superior a la de los agregados vírgenes finos, de manera que se mejora la resistencia brindando una muy buena base de construcción para un nuevo pavimento⁷⁴. También se puede utilizar en mezclas de asfalto⁷⁵. Varios proyectos de ingeniería civil también pueden emplear agregados gruesos.

Para concreto

Una percepción equivocada muy común es que los agregados a partir de un concreto reciclado no deberían ser utilizados en un concreto estructural. Los lineamientos y regulaciones a menudo consideran las limitaciones físicas de los agregados a partir del concreto reciclado, pero idealmente deberían promover su uso. Un estudio realizado por la National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) en los Estados Unidos concluyó que los agregados de concreto reciclado son sustitutos aptos en reemplazo de materiales vírgenes hasta en un 10% para la mayoría de aplicaciones del concreto, incluso en el concreto estructural⁷⁶. Algunas investigaciones en el Reino Unido indican que se puede utilizar hasta un 20% de agregados de concreto reciclado en la mayoría de aplicaciones (también en concreto estructural)⁷⁷. Los lineamientos del gobierno Australiano indican que se puede utilizar hasta un 30% de agregados reciclados en concreto estructural sin que esto implique algún detrimento en su resistencia y maleabilidad en comparación con los agregados vírgenes⁷⁸. Los lineamientos en Alemania permiten que bajo ciertas circunstancias los agregados de concreto reciclado sean hasta el 45% del total de los agregados utilizados dependiendo del tipo de exposición del concreto⁷⁹. Como el concreto reciclado contiene parte de cemento, cuando se reutiliza para un nuevo concreto tiende a absorber más agua y ser menos resistente que los agregados vírgenes. Es por ello que en algunos casos se necesita agregar más cemento.



Aún queda un significativo potencial para aumentar del uso de agregado grueso reciclado en el concreto. En algunos países, especialmente Alemania, Suiza y Australia el concreto con agregados reciclados está siendo comercializado. Por ejemplo, el concreto “verde” Boral es concreto premezclado que utiliza agregados reciclados y ha sido empleado en una serie de proyectos de construcción en Australia, incluyendo el edificio verde líder a nivel mundial, Council House 2, un bloque de oficinas de diez pisos en Melbourne. Un ejemplo notable en Alemania es el complejo Waldspirale conformado por 105 residencias y diseñado por Friedensreich Hundertwasser en Darmstadt. Terminada en el año 2000, la edificación hace uso de agregados reciclados en el concreto. La escuela más grande de Zúrich en Birch ha liderado el camino en la utilización de agregados reciclados en Suiza. En España, Horcimex utilizó agregados reciclados en el concreto estructural de un proyecto de vivienda en Madrid.

El uso de los agregados reciclados en el concreto, tiende a ser principalmente en el concreto premezclado. Existen algunos ejemplos en Francia sobre su uso en prefabricados pero la CSI no está al tanto de su uso generalizado en la actualidad.

2. Como agregado fino

Los agregados finos pueden ser utilizados en lugar de arena natural. No obstante, el contenido de mortero puede afectar la trabajabilidad, resistencia y contracción debido a la alta absorción de agua, lo que podría incrementar el riesgo de asentamiento y fisuración por contracción durante el secado. Adicionalmente, los agregados finos suelen contener yeso de RCD y es más costoso tanto económica como ambientalmente, limpiar el material. Los agregados finos pueden ser un buen relleno para correcciones de la bajo grado, ya que actúan como agente secante cuando se mezclan con el suelo de la sub-base⁸⁰. Dado el impacto de la extracción de arena de ríos y mares, las fuentes alternativas son de creciente importancia y su uso puede aumentar como resultado de esto.

Reutilización en su forma original

La reutilización de bloques en su forma original o cortada en bloques más pequeños, acarrea un menor impacto ambiental pero el mercado existente es limitado. Mejores diseños de edificaciones que permitan la reutilización de losas y la transformación de la construcción sin necesidad de demoliciones podrían aumentar este uso en particular. Las losas huecas de concreto son fáciles de desmontar y sus medidas por lo general son estándar, por lo que son ideales para la reutilización.

Algunos ejemplos de usos variados son:

- En la bahía de Chesapeake, Estados Unidos, se ha descubierto que el concreto reciclado de construcciones y escombros de vías constituye un buen material para arrecifes artificiales, útiles para los programas de restauración de ostras. Las superficies irregulares y porosas proporcionan buena protección a las pequeñas ostras de sus predadores. Los arrecifes artificiales de pesca sobre la costa este de los Estados Unidos también utilizan con frecuencia los residuos del concreto.
- St Lawrence Cement (Holcim) trituró 450,000 toneladas de escombros de concreto para su reutilización como base vial para nuevas plataformas en el aeropuerto de Toronto.
- En Tailandia se utilizan los residuos del concreto para hacer bloques de pavimentación, macetas y bancas de uso público.
- El proyecto del aeropuerto Gardemoen en Oslo permitió la reutilización de más del 90% de los materiales recuperados del lugar de demolición.

Problemas de filtración

La calidad de los agregados recuperados depende, en gran parte, de la calidad del concreto original y cualquier condición excepcional que el concreto haya enfrentado durante su primer uso. Un estudio danés encontró algunos problemas de filtración de bromo y cromo en un concreto reciclado⁸¹. En Japón se ha notado que plomo y cromo hexavalentes pueden ser encontrados en los residuos del concreto pues el cemento originalmente contiene estos elementos – lo que representa un potencial de contaminación para el suelo⁸². Por otra parte, investigaciones recientes del Waste & Resources Action Programme (WRAP) en el reino Unido no indican ninguna diferencia con respecto al promedio de los materiales vírgenes⁸³. Un estudio en Suiza encontró que no ocurre ningún aumento significativo en los niveles de contaminación (particularmente con respecto a la contaminación de aguas subterráneas) cuando se utilizan materiales reciclados de construcción⁸⁴. A pesar de ello, las autoridades Suizas exigen la implementación de medidas de protección para el agua subterránea cuando se utilizan materiales de construcción reciclados de demoliciones, también prohíbe su uso en sistemas de filtración y drenaje (debido al potencial de contaminación con cromo y alteraciones de los valores del pH)⁸⁵. Los pavimentos de concreto utilizados en climas fríos, sobre los que a menudo se aplican sales descongelantes, pueden presentar un contenido más elevado de cloruro de sodio, lo que limita su recuperación para usos en nuevo concreto debido al riesgo de una reacción álcali-sílice o corrosión del acero⁸⁶.



La calidad de los agregados reciclados depende del material original: los desechos de demoliciones pueden presentar algunos inconvenientes.

El concreto puede ser reciclado a partir de desechos de producción, de desechos de devoluciones de mezcladoras y de desechos de construcción y demolición. Los desechos de demoliciones son la fuente más significativa y al mismo tiempo la más problemática ya que (1) el concreto por lo general está mezclado con otros materiales de desecho de la construcción y demolición y (2) es difícil saber la preparación e historial de la mezcla original del concreto. Normas rigurosas para la construcción mejoran la calidad en todas las etapas de uso.

Los agregados reciclados tienen múltiples aplicaciones en la construcción, como se ilustra a continuación.



- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Vía de concreto | 8. Cimentaciones profundas |
| 2. Vía de asfalto | 9. Servicios públicos |
| 3. Vías de conglomerados hidráulicos | 10. Rehabilitación de servicios públicos en vías |
| 4. Mejoras del suelo | 11. Sub-estructuras de concreto |
| 5. Excavaciones – terraplenes | 12. Estructuras de concreto |
| 6. Excavaciones – zanjas | 13. Edificaciones (industriales) |
| 7. Cimentaciones superficiales | 14. Edificaciones (residenciales) |

Fuente: AggRegain (www.aggregain.org.uk/opportunities)

¿Cómo se puede recuperar el concreto?

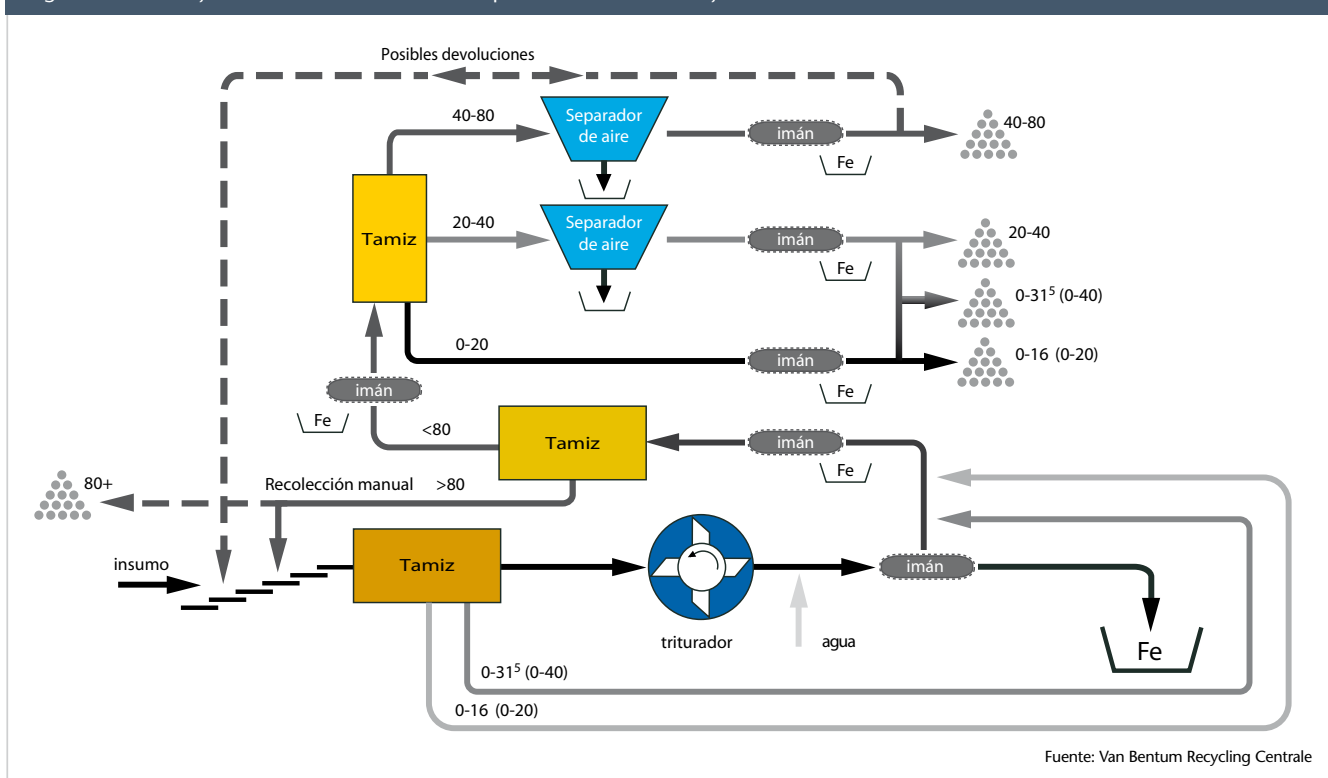
Los temas clave en las mejores prácticas para la recuperación del concreto son:

1. Separación de los RCD.
2. Procesadores energéticamente eficientes que consideren los potenciales de contaminación auditiva, atmosférica e hídrica.
3. Evaluación comparativa de procesamiento in-situ vs. procesamientos fuera del sitio.

Tecnología actual

Por mucho, el método más común de reciclaje del concreto seco y endurecido involucra trituración. Frecuentemente, clasificadores móviles y trituradoras son instaladas en los sitios de construcción para permitir el procesamiento in-situ. En otras situaciones, se establecen lugares de procesamiento específicos, los cuales son, por lo general, capaces de producir agregados de mejor calidad. Algunas veces las máquinas incorporan cuchillas de aire para remover materiales ligeros como madera, sellos y plásticos. Asimismo, se utilizan imanes y procesos mecánicos para extraer el acero que también es reciclado. Un típico sistema de triturado se ilustra a continuación:

Diagrama de reciclaje de RCD tomado de una compañía danesa de reciclaje ⁸⁷



También son utilizados circuitos cerrados de lavado en húmedo, además de la trituración, en ocasiones para recuperar productos más puros y/o para permitir la reutilización de los finos⁸⁸.

Encuestas sobre el uso de agregados reciclados realizadas en Inglaterra han encontrado que los recicladores que combinan trabajo in-situ (esto es, en el lugar de la demolición) con acceso a un centro fijo de reciclaje (donde los materiales que de otro modo habrían sido desechados o utilizados como relleno de baja calidad pueden ser mejor refinados y utilizados) logran un uso de mayor valor para los RCD⁸⁹. El nivel óptimo de separación y procesamiento depende de las circunstancias particulares en cada situación. Por ejemplo, aunque más separación y refinación puede producir productos de mejor calidad, en Inglaterra un beneficio de no separar el concreto de los escombros de ladrillo es que el producto mezclado se puede utilizar como sub-base y base vial. Si se extrajera el ladrillo, entonces no sería apto para dichas aplicaciones.



Casos de estudio

- (i) Taiheiyo Cement Corporation desarrolló el TRASS, una solución que integra una molienda en seco con dos conos que pueden producir agregados de calidad a partir de bloques de concreto sin necesidad de remover la pasta de cemento, previniendo así daños al agregado. El agregado puede ser producido según especificaciones de tamaño. Las máquinas tienen emisiones bajas de ruido y vibración en comparación a los molinos de rodillos o trituradoras de impacto y tienen motores ahorradores de energía. Adicionalmente, el sistema es modular, por lo que es de fácil transporte.
- (ii) Coleman y Company's Urban Quarry: con una producción actual entre 9,000 y 10,000 toneladas de agregados y arena por mes a partir de RCD en Birmingham, esta "cantera urbana" encuentra que la demanda supera rápidamente la oferta. Los usos incluyen concreto, drenaje y agregados decorativos distribuidos a centros de jardinería.
- (iii) Tokyo Electric Power Company (TEPCO) es dueña de cerca de 5,800 edificios y se estima que 7.8 millones de toneladas de desecho serán generadas a partir de su eventual demolición. TEPCO investigó sobre los métodos actuales de refinación utilizados en Japón para crear agregados de alta calidad; estos métodos incluyen la remoción de mortero, lo que es costoso económicamente y ambientalmente (aumenta las emisiones de CO₂). TEPCO obtuvo la aprobación para un método de sustitución de agregados que no remueve el mortero original sino que emplea métodos de trituración y molienda en húmedo. Los agregados de concreto reciclado (tanto gruesos como finos) pueden fabricarse en instalaciones de uso general que incluso pueden ser móviles, y es posible recuperar entre un 55% y 73%,

que puede ser empleado en un concreto estructural. El material restante puede ser usado en productos prefabricados de concreto.

Tecnologías emergentes

Aunque no son viables comercialmente en el presente, algunas de las tecnologías emergentes incluyen:

1. Construcción de circuito cerrado utilizando energía térmica y mecánica.

La universidad de Delft, junto con la TNO, está trabajando en un innovador concepto de construcción de ciclo cerrado en el que los escombros de concreto y albañilería se separan en agregados gruesos y finos y fragmentos de mortero utilizando la energía mecánica y térmica derivada de la fracción combustible de los RCD.

2. Descomposición eléctrica del concreto.

Para romper el concreto, se necesita un alto esfuerzo cortante por medio de una onda de choque. La tecnología convencional utiliza fuerza mecánica. Es posible utilizar energía térmica (véase más arriba) o eléctrica en su lugar. La energía eléctrica puede ser controlada a través de pulsos. En la actualidad, los altos costos iniciales de instalación hacen que su uso sea privativo; no obstante, un nicho de aplicaciones pueden beneficiarse de esta tecnología en donde se realicen actividades altamente repetitivas. También es necesario considerar los impactos ambientales de utilizar energía eléctrica.

3. Microondas.

La tecnología de microondas también puede ser utilizada para triturar concreto⁹⁰.





Devoluciones de concreto

Las devoluciones de concreto son la parte de mezcla preparada de concreto que es devuelta a la planta en los camiones mezcladores como material sobrante. Puede tratarse de pequeñas cantidades de sobrantes de concreto en el fondo del tambor de la mezcladora, o cantidades más importantes que no fueron utilizadas por el cliente en el sitio de la construcción.

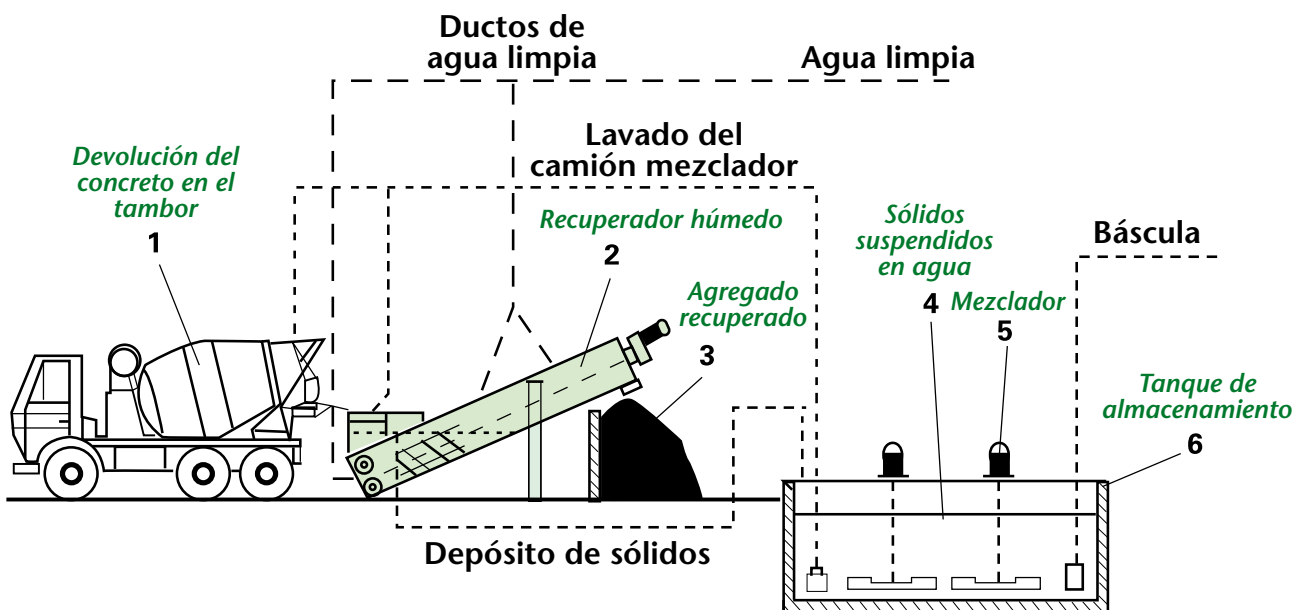
Por lo general, la cantidad de desechos de concreto generados por las mezcladoras representan entre el 0.4% y 0.5% del total de la producción. No obstante, en las temporadas altas, cuando la demanda aumenta, el desecho puede alcanzar entre el 5% y 9% de la producción. El desecho puede ser recuperado por el lavado y la reutilización en la producción del concreto o, en caso de fraguado de manera irreversible, se podría triturar y utilizar como agregado. No es común que las empresas tengan políticas corporativas con respecto al tratamiento de este tipo de desechos, aún así, la práctica de recuperar las devoluciones de concreto está muy extendida.

El proceso de lavado por lo general se hace en húmedo, como lo ilustra la siguiente figura. Algunas veces el lavado en seco se utiliza antes de este procedimiento, el cual involucra, primero, mezclar los residuos del concreto con agregados vírgenes y después la mezcla puede ser regresada al acopio de agregados para su uso en un concreto nuevo.

La mayoría de los agregados fabricados a partir del concreto endurecido se utilizan para propósitos distintos a la de un concreto nuevo. Si las cantidades devueltas son altas, entonces es común dejar que el concreto se endurezca para posteriormente triturarlo y utilizarlo como relleno. Algunas veces, si el concreto todavía está húmedo, entonces se fabrican piezas estandarizadas que pueden ser utilizadas in-situ, donadas a proyectos locales o vendidos.

Una vez preparado, el concreto debe ser utilizado lo más pronto posible. Los camiones mezcladores con tambores giratorios mantienen la manejabilidad del concreto por un tiempo limitado. Muchas empresas están utilizando sistemas de posicionamiento global en sus camiones que se reportan a una estación de control central, de modo que el concreto pueda ser re-direccionado a medida que las órdenes de compra cambian, así se minimiza la generación de desperdicios. En México, la introducción de este sistema en una empresa redujo el tiempo de entrega de los pedidos de 3 horas a 20 minutos.

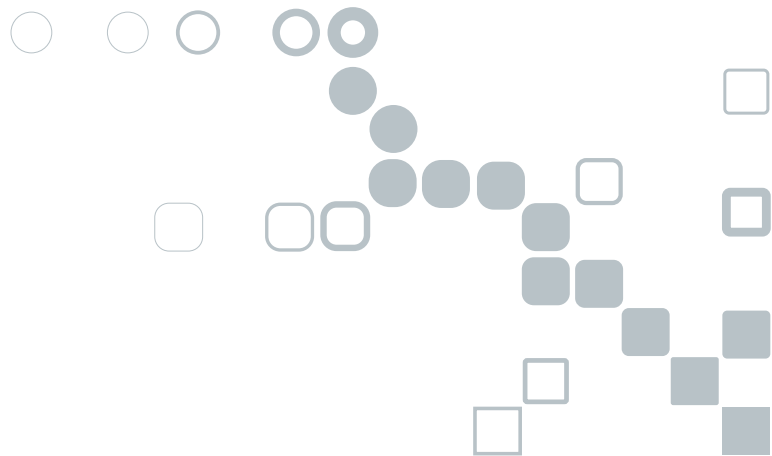
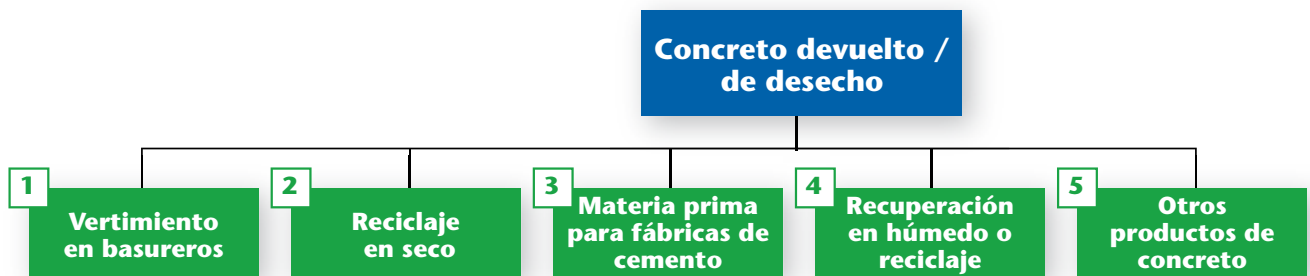
Sistema típico de recuperación de concreto fresco



Fuente: Boral Concrete, Australia



Las opciones de gestión de los residuos del concreto pueden ser consideradas en el siguiente diagrama:





Sectores de interés

El reciclaje de concreto es de interés para muchos sectores y puede estar influenciado por las opiniones e intereses de los siguientes sectores:

- Fabricantes de cemento
- Fabricantes de concreto premezclado
- Productores de piezas prefabricadas de concreto
- Productores de agregados
- Empresas de reciclaje
- Expertos y empresas de demolición
- Constructores de vías y expertos
- Empresas de construcción, constructores e ingenieros
- Gobiernos locales y autoridades locales de planeación
- Entidades reguladoras de desechos
- Asociaciones comerciales
- Agencias medioambientales y ONG
- Arquitectos
- Organismos de normalización
- Centros de investigación y universidades
- La industria de construcción verde
- Entidades gubernamentales a cargo de las compras públicas
- Consumidores y público en general





Marcos regulatorios

Las siguientes áreas se ven impactadas por las leyes, regulaciones, normas, políticas de compras estatales y la opinión pública, que influyen sobre la manera en que se aborda el reciclaje de concreto en un determinado país:

- **Leyes y regulaciones de desechos**
 - Restricciones a vertederos de basura
 - o Impuestos sobre el vertimiento de basura
 - Clasificación de los RCD como “desechos” con exigencias de permisos y restricciones de transporte
- **Leyes de construcción de vías, códigos y normas de construcción y la opinión pública**
 - Restricciones sobre el uso de materiales reciclados según las normas
 - Estrategias verdes de compras públicas
- **Leyes y regulaciones ambientales**
 - Incentivos a la reutilización y reciclaje
- **Regulaciones y leyes sobre los recursos naturales**
 - Restricciones sobre la oferta de material virgen
- **Opinión pública sobre la calidad de productos reciclados**
- **Investigación, desarrollo y financiación de infraestructura**

No hay una única “mejor” solución, y las políticas y estructuras varían entre países. El objetivo debe incluir consideraciones sobre las mejores prácticas de desarrollo sostenible según las condiciones particulares de cada caso. Incluso, pueden presentarse diferencias entre regiones dentro del mismo país, especialmente entre áreas urbanas (donde hay material para reciclaje disponible, además de la infraestructura para reciclar) y áreas de baja densidad (donde los costos de transporte son importantes). El clima y tipo de productos demandados son, igualmente, factores a tener en cuenta. Se debe adoptar un enfoque flexible que apoye el reciclaje y el conocimiento público de casos de éxito en el reciclaje. Es importante ver al concreto envejecido como un recurso, no como un desecho, y es necesario superar las concepciones equivocadas que en muchos casos se tienen sobre las propiedades de los materiales reciclados.

En los estados Unidos, mucha de la actividad de reciclaje ha sido impulsada por el apoyo de la FHWA al concreto reciclado como material de agregado en bases y subbases viales⁹¹. La Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) y la Asociación Americana de

Oficiales estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) han aceptado al concreto reciclado como fuente de agregados en un concreto nuevo. La Administración Federal de Aviación (FAA), el Cuerpo de Ingenieros Militares, la Agencia de Protección Medioambiental (EPA), los Departamentos Estatales de Transporte (DOTs) y muchas municipalidades ahora están utilizando agregados reciclados en diferentes concentraciones⁹². Algunos elementos de política pública incluyen, por ejemplo, permitir pagar precios más altos por los materiales si se utilizan materiales reciclados en contratos gubernamentales (por ejemplo, en Michigan) o excluir o modificar regulaciones sobre los desechos (por ejemplo, en California, Texas, Virginia y Minnesota).

En **Europa**, las políticas de residuos están encaminadas a la recuperación de desechos. El vertimiento de basuras está siendo cada vez más desmotivado y algunos países han prohibido el vertimiento de RCD en rellenos sanitarios. Como parte de la Estrategia para la Prevención y Reciclaje de Desechos, se adoptó una Directiva Marco de Residuos revisada. La Unión Europea también persigue una estrategia del uso sostenible de los recursos naturales. La introducción, en 2004, de las normas europeas para agregados que se enfoca sobre la idoneidad para el uso, y no en la fuente, abre el camino para el crecimiento del uso de agregados sostenibles.

En el Reino Unido se han implementado tarifas e impuestos sobre el vertimiento de desechos para incentivar la utilización de agregados reciclados e incluye ayudas económicas para proyectos de infraestructuras de reciclaje, investiga las formas de reducir las barreras normativas y se compromete con la investigación a través del programa WRAP. En Dinamarca, los impuestos sobre la disposición de desechos han impulsado el reciclaje⁹³.

Japón tiene leyes robustas en desarrollo sostenible y hay un fuerte interés en limitar el vertimiento de desechos, reutilizar y reciclar materiales. En 2009, la Ley sobre el Reciclaje de Materiales de Construcción entró en vigencia, esta ley exige la separación obligatoria de los RCD y la reutilización/reciclaje del concreto, el asfalto y la madera.



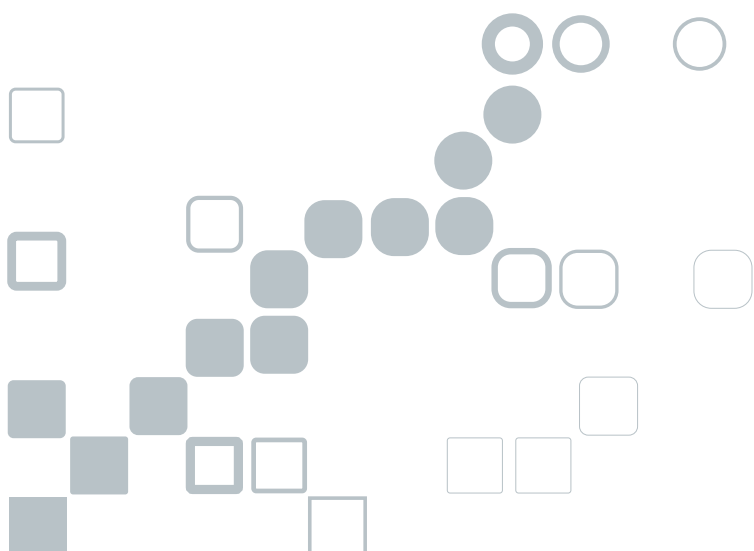
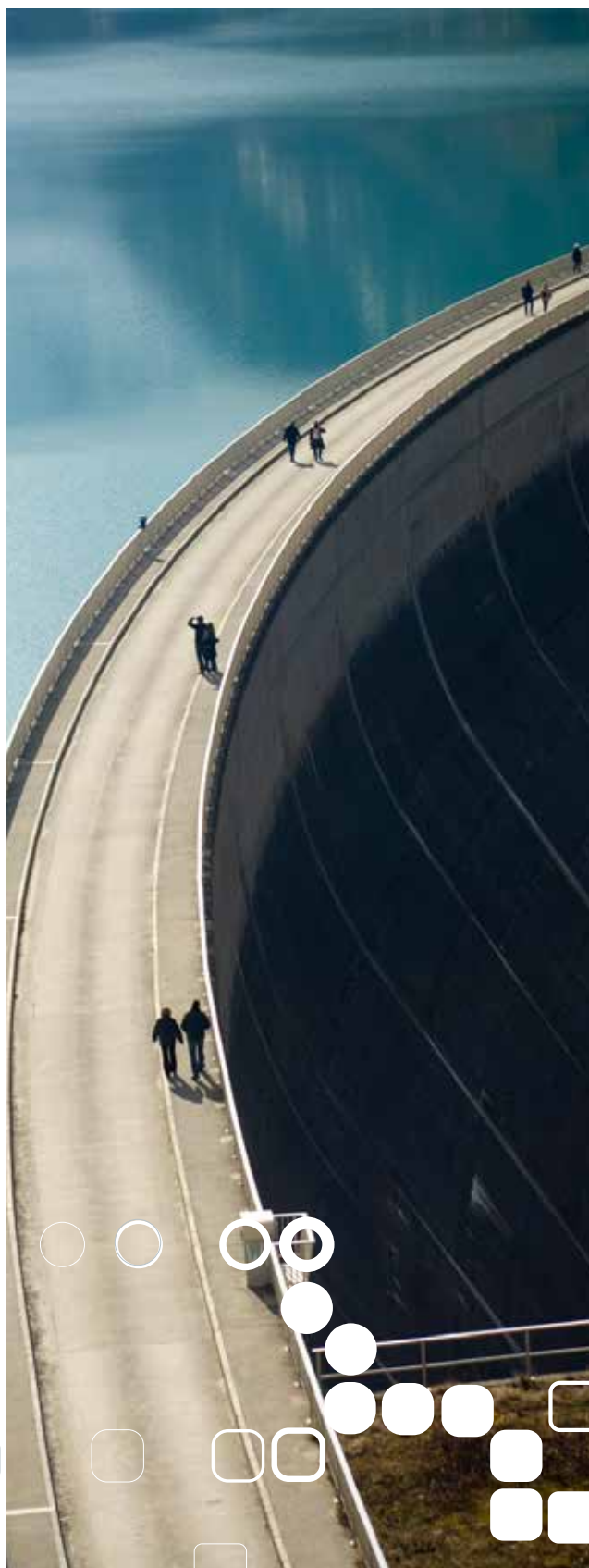
Normas

Es importante establecer normas que no excluyan de manera arbitraria los agregados reciclados. Las normas deberían resaltar y promover el uso de los agregados reciclados.

Algunas normas de utilidad son:

- Las nuevas normas ISO, que están siendo desarrolladas en “Manejo Ambiental para Concreto y Estructuras de Concreto”. El proyecto incluirá un recuento de la producción de concreto, construcción y mantenimiento de edificaciones, demolición y reutilización de edificaciones, reciclaje de concreto, etiquetación de productos y diseño ambiental de estructuras.
- La instrucción española EHE, la cual recomienda una sustitución del 20% de agregados gruesos vírgenes por agregados reciclados.

Varias normas europeas⁹⁴, japonesas y australianas⁹⁵ también han sido ampliamente desarrolladas. La Unión Internacional de Laboratorios y Expertos en Materiales de Construcción (RILEM) también ha estado involucrado en el desarrollo de normas⁹⁶.





Prácticas de construcción

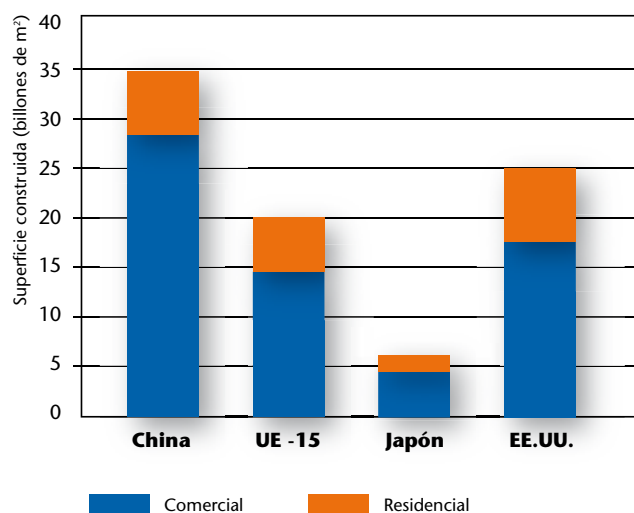
En promedio, la construcción genera entre el 5% y 15% del PIB y consume la porción más amplia de los recursos debido al uso del suelo y la extracción de materiales⁹⁷. En los últimos años, han emergido conceptos como la construcción verde y otros relacionados para limitar el impacto del mundo urbano. En la actualidad, el mercado de edificaciones verdes se estima en una industria de US\$ 12 billones en los Estados Unidos⁹⁸. El uso sostenible del concreto en edificaciones comprende varios temas dentro de la construcción verde a saber:

1. **Sostenibilidad del diseño inicial.** Diseños duraderos y flexibles mejoran la vida de las edificaciones y permiten adaptaciones futuras. Se puede considerar la prefabricación fuera de las instalaciones. El diseño para el desmantelamiento también debe ser tenido en cuenta.
2. **Uso óptimo de los materiales de insumo en el diseño.** La reutilización y reciclaje de materiales puede ser, con frecuencia, la solución óptima para la sostenibilidad. El uso del concreto también puede mejorar la eficiencia energética del edificio en algunos diseños.
3. **Planes in-situ de gestión de desechos.** Estos planes maximizan el potencial de reutilización y reciclaje de materiales y minimizan los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud. En particular, la clasificación de desechos mejora su recuperación y calidad de los productos.

El diseño verde en la construcción comprende una serie de temas que deben ser equilibrados para lograr la sostenibilidad óptima en el ciclo de vida. No existe un único método de diseño que sea el mejor. Un buen diseño necesita considerar varios puntos:

- El impacto de la producción, procesamiento y transporte de los materiales de insumo (incluyendo los costos energéticos implícitos en la producción) y el nivel de desechos asociados con su uso
- Los costos medioambientales de la operación durante la fase de uso
- La duración esperada del uso
- Las posibilidades de reutilización o bajo costo de recuperación después de su uso (por ejemplo, la facilidad con la que los materiales puedan ser separados y reutilizados o reciclados).

Superficie construida existente (2003)



Fuente: *Energy Efficiency in Buildings, Business Realities and Opportunities*, WBCSD, August 2007, página 11.

Existen más de 85 billones de m² de edificaciones... lo que significa 85 billones de m² de potenciales RCD... y el auge de la construcción en China está añadiendo 2 billones de m² cada año:

Sistemas de calificación de edificios verdes

La capacidad de maximizar el reciclaje de concreto está influenciada por el nivel de reconocimiento que los códigos para la construcción y esquemas de calificación de edificaciones verdes concedan al concreto reciclado. En general, hay pocas restricciones legales sobre el uso del concreto reciclado como agregado en proyectos de construcción para relleno, sub-base, asfalto y paisajismo exterior. Por otra parte sí existen muchas limitaciones con respecto a la cantidad de concreto reciclado que puede ser utilizado en un concreto estructural. Frecuentemente la razón principal para limitar su uso es una percepción errónea en cuanto a la calidad del concreto reciclado e incluso la ausencia de consideración de sus posibles usos. Los esquemas de construcción verde y sistemas de calificación pueden cambiar esta percepción, especialmente si el reciclaje y uso del concreto reciclado se abordan de manera específica en estos esquemas.



Las principales características de un esquema de calificación de edificios verdes incluyen:

1. Requisitos de planes de gestión in-situ de desechos de demolición para estructuras existentes.

Las características clave deben incluir la máxima recuperación y minimización de desechos, costos asociados de transporte y potencial vertimiento, y maximización de la reutilización o reciclaje de los materiales recuperados para su empleo in-situ en una nueva construcción.

2. Requisitos para el uso de materiales existentes o materiales hechos a partir de componentes reciclados.

Un proyecto es calificado de acuerdo a los anteriores criterios y otros adicionales. La mayoría de los esquemas han acreditado profesionales quienes auditan y califican los proyectos de manera independiente. Los esquemas de calificación suelen ser voluntarios aunque las autoridades públicas le están exigiendo cada vez más a los proyectos que cumplan con una calificación específica. En el Reino Unido, el Código para Viviendas Sostenibles es un esquema de calificación que será obligatorio a partir de 2008 para todas las nuevas residencias⁹⁹.

El Concejo de Construcción Verde (GBC) es una organización internacional que agrupa once Concejos locales con aproximadamente la misma cantidad de otros países interesados en unirse¹⁰⁰. La mayoría de los Concejos adoptan los sistemas de calificación LEED o BREEAM.

LEED

El Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (Leadership in Energy and Environmental Design - LEED) es la principal herramienta para los sistemas de construcción verde en los Estados Unidos y tiene numerosas actividades en el mundo. Es un sistema voluntario que ha sido ampliamente adoptado en proyectos públicos y privados. El LEED es un sistema de puntos que otorga certificaciones con calificaciones. El programa comprende cinco áreas clave:

1. Desarrollo sostenible (incluyendo el manejo responsable de los RCD)
2. Ahorro de agua
3. Eficiencia energética
4. Selección de materiales (incluyendo el uso de materiales reciclados)
5. Calidad del ambiente interior

Para nuevas construcciones, 8 de los 85 puntos posibles tienen que ver con el manejo de RCD y el uso de materiales reciclados. Es común que en los proyectos LEED haya una buena gestión de los RCD, lo mismo que el uso de agregados de concreto reciclado. No obstante, no se sabe de ningún proyecto que haya incluido concreto reciclado en su estructura.

BREEAM

Con un amplio reconocimiento en el Reino Unido y a nivel internacional, el Centro de Investigación de Edificaciones (Building Research Establishment Ltd - BREEAM) tiene un juego de herramientas para medir el desempeño medioambiental de las construcciones. Es posible ganar créditos por el reciclaje de RCD y por el uso de agregados reciclados. El BREEAM también promueve SMARTWaste para minimizar la generación de desechos.

Otros sistemas de calificación incluyen el CASBEE en Japón, el HQE en Francia, el GreenStars en Australia y Nueva Zelanda y Green Globes.

Ejemplo: el Council House 2 en Melbourne, Australia, calificado con seis GreenStars. El concreto utilizado en la estructura contiene agregados de concreto reciclado.

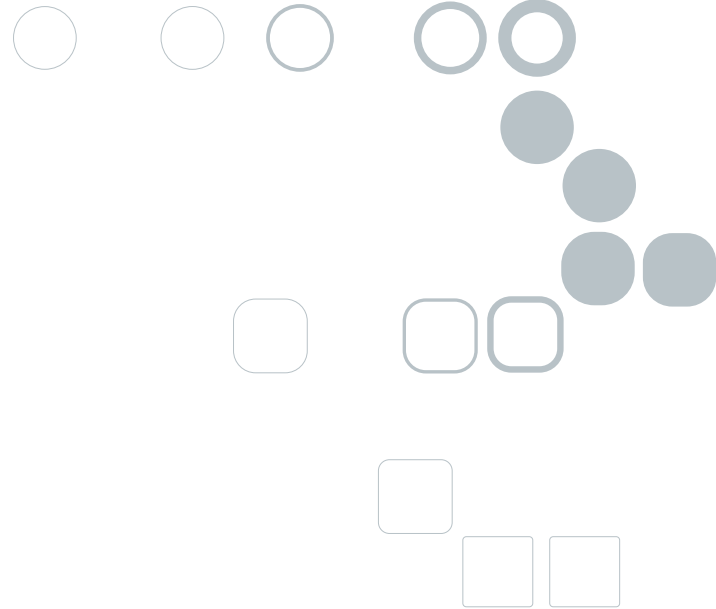




Etiquetado de productos

Las iniciativas de construcción verde han dado paso a una serie de esquemas de certificación de productos para la construcción, como los conocidos sellos “FSC” para productos de silvicultura sostenible. Otro ejemplo es la piedra azul belga, la cual se vende con una declaración medioambiental que indica el impacto del ciclo de vida¹⁰¹. En Europa también existe el sello Natureplus que certifica productos para la construcción¹⁰², pero en la actualidad no incluye en sus listas productos de concreto reciclado. La Guía Verde para la Construcción de BREEAM es otro ejemplo. Dichos sellos son comparables a las etiquetas de “información nutricional” en los productos comestibles, pero en lugar de indicar el contenido de grasa y calorías, estas etiquetas informan al consumidor sobre el consumo de energía e impacto sobre la degradación de la capa de ozono del producto. Estos sistemas de etiquetado pueden incluir información sobre el contenido de materiales reciclados.

Además de los programas de certificación medioambiental y etiquetado de productos, algunas empresas están comercializando productos verdes. Boral Limited en Australia vende Boral Green Concrete, fabricado a partir de concreto reciclado y Envirocrete, un agregado producido con concreto reciclado.





Obstáculos y beneficios para un mayor uso del concreto reciclado en la actualidad

Algunos obstáculos y beneficios clave incluyen:

Tema	Obstáculo	Beneficio
Costo del material vs. agregados naturales	Bajo costo de los agregados vírgenes en algunos países.	Los impuestos sobre agregados naturales y sus costos de transporte pueden ser mayores a aquellos de los agregados reciclados. Los costos totales del proyecto pueden ser reducidos en la medida en que se pagan menos impuestos y tarifas sobre el vertimiento de RCD cuando el material es recuperado y no desechado.
Disponibilidad del material	Oferta irregular de RCD.	Los RCD usualmente se encuentran en áreas urbanas cercanas a proyectos de construcción y desarrollo. Los materiales vírgenes por lo general necesitan ser transportados desde lugares más alejados.
Infraestructura para el procesamiento	Se necesitan planes de manejo de desechos de RCD in-situ. Pudiera necesitarse la separación de RCD. Materiales de alto valor del concreto recuperado requiere de procesos costosos.	Una vez que la infraestructura ha sido establecida, unidades móviles de separación e instalaciones especializadas pueden generar retornos atractivos.
Opinión pública	Percepciones equívocas sobre la menor calidad del concreto recuperado. Se cree que los materiales nuevos son de mejor calidad.	La creciente preocupación por el medio ambiente estimula una mayor demanda por productos ecológicos y la reutilización de materiales.
Leyes, regulaciones y normas aceptadas en la industria	La clasificación de concreto recuperado como desecho puede incrementar la cantidad de permisos y reportes necesarios. Se pueden imponer limitaciones adicionales a su uso.	Leyes que incentiven el reciclaje, impuestos a los vertederos de desechos y políticas de abastecimiento verde por parte de grandes usuarios pueden promover el uso de concreto reciclado.
Impactos ambientales	Las tecnologías de procesamiento para la recuperación del concreto deberían considerar posibles impactos de contaminación atmosférica, agua y auditiva, lo mismo que el consumo de energía, aunque difiere muy poco del procesamiento de agregados vírgenes.	En el contexto de un análisis del ciclo de vida, el uso de concreto recuperado puede disminuir el impacto ambiental en general. <ul style="list-style-type: none"> • No utilizar materiales recuperados incrementa los costos ambientales y de salubridad asociados a una mayor generación de desperdicios • No aprovechar materiales recuperados implica el uso de materiales vírgenes en su lugar • Por lo general, el concreto recuperado suele ser inerte • En algunos casos, la necesidad de transporte del concreto reciclado es inferior a la de materiales vírgenes (que por lo regular están alejados de áreas de desarrollo urbano) reduciendo así el consumo de combustibles, la emisión de CO₂ y el uso de vías y vehículos.
Propiedades físicas	Para aplicaciones especiales (Ej.: concreto de alto desempeño) hay algunas limitaciones en la idoneidad de su uso. La tecnología puede ser un limitante de las opciones de reciclaje.	El concreto reciclado tiene un buen desempeño en la mayoría de las aplicaciones.



Diseño para el desmantelamiento

Considerar el desmantelamiento en el momento de diseñar una edificación mejora las posibilidades de construir circuitos cerrados. Los beneficios son múltiples: se minimizan la eventual generación de RCD y se reduce la demanda de nuevos materiales para futuros proyectos. Los diseños deben considerar maneras de maximizar las posibilidades de reutilización, o al menos posibilidades de reciclar la estructura y sus componentes. Como primer paso, los diseños que permiten una eventual adaptación o renovación de la estructura pueden facilitar sustituciones parciales que alarguen la vida útil de la edificación. Mantener los componentes separados o separables es clave para la reutilización o reciclaje de los componentes. Además es pertinente la evaluación de cualquier posible problema de contaminación.

Una de las características más importantes del concreto es su durabilidad. El mejor diseño para el desmantelamiento es permitir su reutilización in-situ: el concreto puede ser un material ideal de construcción ya que las edificaciones de concreto pueden ser adaptadas y renovadas para futuros usos durante varias décadas.

El concreto in-situ y el concreto prefabricado juegan un papel clave en el diseño de planes de desmantelamiento:

Concreto in-situ - Con frecuencia se cree que el concreto in-situ no tiene muchas aplicaciones para su reutilización o posibilidades de recuperación. No obstante, las edificaciones con losas de concreto post-tensado pueden ser reutilizadas y modificadas según las necesidades¹⁰³. Si el edificio es demolido, un registro o etiqueta en el concreto detallando sus componentes puede ayudar a su posible futuro reciclaje. Algunas veces los diseños indican que esto es una “degradación” (downcycling en inglés) del material, ya que el agregado de concreto reciclado se usa para proyectos como, por ejemplo, sub-base vial. No obstante, como se ha mencionado, la mejor solución ambiental global no necesariamente requiere reprocesamiento refinado y aún es posible lograr un ciclo completo del uso de materiales.

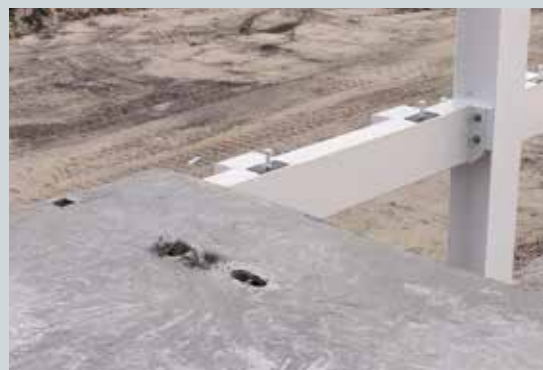
Losas prefabricadas - Los diseños deberían considerar el uso de losas prefabricadas que puedan ser desmanteladas y reutilizadas. Se debe evitar el uso de rellenos como polietileno para evitar posibles obstáculos en el posterior reciclaje de los materiales¹⁰⁴.

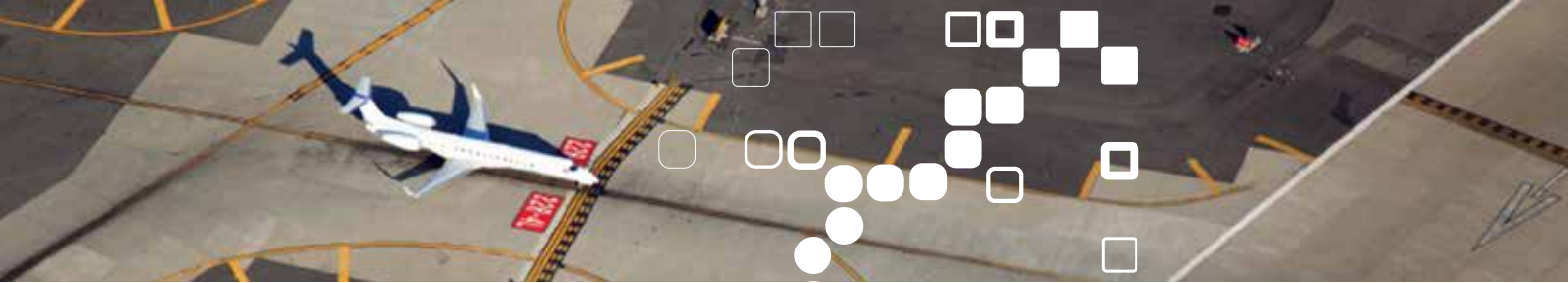
Algunos ejemplos¹⁰⁵

1. La reconstrucción del edificio Porthania en la Universidad de Helsinki
2. La reutilización de viejos silos en Copenhague para residencias (IRMA) (ver foto abajo)



3. Durante la construcción de la estación ferroviaria de Ghent St Peter en Bélgica, se necesitó de un parqueadero provisional de varios pisos. Se construyó un estacionamiento para 700 autos utilizando vigas de acero y piezas prefabricadas de concreto. Cada placa fue diseñada para permitir el fácil desmonte y construcción en otro lugar. (ver foto abajo)¹⁰⁶





Recomendaciones

Este informe establece que el concreto puede ser y está siendo recuperado. El objetivo debe ser **“cero desechos de concreto en vertederos”**. La Iniciativa por la Sostenibilidad del Cemento (CSI) apoya iniciativas que apunten al logro de esta meta.

No obstante, cabe anotar que los productores de cemento sólo pueden tener un papel indirecto en el apoyo al reciclaje de concreto (siendo el concreto el principal producto o uso del cemento) y a la meta de cero vertimientos de concreto. Los objetivos de este informe incluyen promover conversaciones alrededor del tema e incentivar el reciclaje de concreto entre todos los sectores de interés. Los productores de cemento pueden estar involucrados particularmente en el trabajo con filiales en las industrias del concreto, agregados y construcción. Los productores de cemento también pueden, por medio de este informe, incentivar iniciativas de reciclaje por parte de otros sectores de interés enumerados a continuación.

Se emiten las siguientes recomendaciones respecto a la meta **“cero vertimientos de concreto”**:

- Dialogar con sectores clave para desarrollar estadísticas confiables y consistentes. Es necesario tener lineamientos sobre las definiciones.
- Que los gobiernos y otros sectores clave publiquen cifras de RCD y proporcionen detalles para que el público determine tasas de recuperación de RCD y concreto y publicar otros indicadores clave de desempeño como se propone en la siguiente sección.
- Establecer objetivos aplicables a proyectos públicos y privados (tanto en construcción de vías como en la industria de la construcción).
- Desarrollar incentivos económicos que permitan el avance de la infraestructura.
- Utilizar el análisis de beneficio global para determinar el mejor uso para el concreto recuperado en cada mercado (incluyendo análisis del ciclo de vida para el impacto ambiental, casos de estudio y otros beneficios y obstáculos).
- Adoptar legislación que promueva la reutilización con el mayor valor agregado tanto económico como técnico y ambiental.
- Investigar y desarrollar más técnicas de recuperación y aplicaciones.
- Esquemas de construcción verde para avanzar en la promoción de buenas prácticas de gestión de los RCD y el uso de agregados de concreto reciclado.
- Publicidad entre sectores de interés para cambiar la opinión pública desfavorable.

Muchas de las anteriores recomendaciones ya han sido adoptadas por algunos sectores. El momento apropiado para seguir avanzando en el tema es ahora. Los sectores que pueden marcar la diferencia y adoptar las anteriores recomendaciones son:

- Fabricantes de concreto premezclado
- Productores de piezas prefabricadas de concreto
- Productores de agregados
- Empresas de reciclaje
- Expertos y empresas de demolición
- Constructores de vías e ingenieros
- Empresas de construcción, constructores e ingenieros
- Gobiernos locales y autoridades locales de planeación
- Entidades reguladoras de desechos
- Asociaciones comerciales
- Agencias medioambientales y ONG
- Arquitectos
- Organismos de normalización
- Centros de investigación y universidades
- La industria de construcción verde
- Entidades de compras estatales
- Consumidores y el público en general

Los siguientes son los indicadores sugeridos que recomiendan responsabilidades específicas.



Indicadores

La CSI propone los siguientes indicadores para que sean adoptados por los sectores de interés clave. Los indicadores son sugerencias para mejorar el reporte de cifras y eventualmente, el desempeño. Se sugieren dos clases de indicadores: (a) indicadores para las industrias del cemento, concreto y agregados y (b) indicadores para todos los sectores involucrados.

Clase A: indicadores para las industrias del cemento, concreto y agregados

La CSI propone implementar los siguientes indicadores en las industrias del cemento, concreto y agregados siempre que sea posible:

INDICADOR	MEDIDA	FÓRMULA	RESPONSABLE
Uso de agregados reciclados como sustitutos de agregados naturales. (INDICADOR CORPORATIVO)	Cantidad de agregados reciclados producidos como % del total de agregados producidos	Agregados reciclados producidos por la empresa (toneladas)/ total de agregados producidos por la empresa (toneladas)	Productores de agregados
Uso de concreto reciclado como agregado en concreto (INDICADOR CORPORATIVO)	a) % de productos prefabricados de concreto en el mercado con contenido de concreto reciclado b) % de la producción total de concreto que utilice algún componente de agregados reciclados	a) Productos prefabricados de concreto (toneladas) / total de productos prefabricados de concreto (toneladas) b) Producción de concreto que usa componentes de agregados reciclados (m ³)/Producción total de concreto (m ³)	Compañías de premezclado
Reducción en las devoluciones de concreto (INDICADOR CORPORATIVO)	% de concreto devuelto a la planta de premezclado por año sobre órdenes entregadas de concreto	Concreto devuelto a la planta de premezclado (m ³)/Total de órdenes de concreto entregadas (m ³)	Compañías de premezclado **
Recuperación de concreto devuelto (INDICADOR CORPORATIVO)	% de recuperación de concreto devuelto (húmedo y seco)	Concreto recuperado (m ³)/concreto devuelto a la planta de premezclado (m ³)	Compañías de premezclado

** Reducción en las devoluciones de concreto: los fabricantes de premezclado pueden monitorear la cantidad de concreto devuelto, que es información muy valiosa; no obstante, la reducción de los volúmenes depende, sobre todo, de las prácticas de compra y uso de los clientes.



Clase B: Indicadores para todos los sectores de interés

La CSI propone que los sectores interesados, adopten los siguientes indicadores. Estos indicadores son sugerencias para mejorar el reporte de las cif eventualmente, el desempeño.

INDICADOR	MEDIDA	FÓRMULA	RESPONSABLE
Recuperación de RCD (A NIVEL NACIONAL)	a) % de recuperación de RCD b) % vertido (cifras por material, de ser posible)	a) RCD recuperados (toneladas)/Total RCD (toneladas) b) RCD en vertederos de basura(toneladas) / Total RCD (toneladas)	Gobiernos o asociaciones comerciales con información de diferentes sectores
Uso de agregados reciclados como sustitutos de agregados naturales (A NIVEL NACIONAL)	Uso de agregados reciclados como % del uso total de agregados	Agregados reciclados producidos en el país (toneladas) / Total agregados producidos en el país (toneladas)	Asociaciones comerciales de agregados o gobiernos
Uso de concreto reciclado como agregado en concreto (A NIVEL NACIONAL)	a) % de productos prefabricados de concreto con concreto reciclado en el mercado b) % de la producción total de concreto que utiliza componentes de agregados reciclados	a) Productos de concreto prefabricados (toneladas) / Total de productos de concreto prefabricados (toneladas) b) Producción de concreto que usa componentes de agregados reciclados (m ³)/Total producción de concreto (m ³)	Gobiernos y asociaciones comerciales
Reconocimiento de la recuperación de los RCD en programas de construcción verde (LEED, BREEAM, CASBEE)	% de proyectos con planes de recuperación de RCD	a) Número de proyectos con planes de recuperación de RCD/Total de proyectos b) Número de proyectos con agregados de concreto reciclado/ total de proyectos	Organizaciones de construcción verde
Reconocimiento de los agregados de concreto reciclado en programas de construcción verde (LEED, BREEAM, CASBEE)	Número de proyectos reportados que utilizan agregados con concreto reciclado (mencionados específicamente en oposición a los RCD en general)		Organizaciones de construcción verde
I+D para mejorar el reciclaje de concreto	Número de nuevas tecnologías adoptadas a nivel comercial		Gobierno e industria
I+D para mejorar el reciclaje de concreto	Financiación para la I+D de reciclaje de concreto		Gobierno e industria



Referencias y enlaces útiles

Algunas organizaciones relevantes

Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (ARGE KWTB) www.arge-kwtb.de

Instituto Asiático de Tecnología 3R Knowledge Hub www.3rkh.net

CDE (Ingenieros especialistas en equipos de reciclaje) www.cdeglobal.com

Cembureau (Organización representante de la industria del cemento en Europa) www.cembureau.be

Asociación de cemento de Canadá www.cement.ca

Asociación de reciclaje de materiales de construcción (CMRA, organización de los EE.UU. de empresas y agencias) en www.cdrecycling.org. También www.concretethinker.com

Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik www.fzk.de/ihm

Federación Internacional de Reciclaje www.fir-recycling.nl

UEPG (Asociación Europea de Agregados) www.uepg.eu

Página de gobiernos

Anuario canadiense de minerales – capítulo de cemento en www.nrcan.gc.ca/mms/cmy/com_e.html

República Checa: Ministerio del medio ambiente www.env.cz

Japón: Ministerio de la tierra, infraestructura y transporte www.mlit.go.jp

Reino Unido: www.defra.gov.uk.

Estados Unidos: EPA, ver www.epa.gov, para estadísticas también ver www.nssga.org and www.usgs.com (especialmente minerals.er.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/)

Algunas publicaciones seleccionadas

FHWA Transportation Applications of Recycled Concrete Aggregate, Sept 2004

Natural Resources Canada An Analysis of Resource Recovery Opportunities in Canada and the Projection of Greenhouse Gas Emission Implications (Marzo 2006) en www.recycle.nrcan.gc.ca/summaries_e.htm#8

Obla K et al, Crushed Returned Concrete as Aggregates for New Concrete, Final Report to the RMC Research and Education Foundation Project (2007)

Integrated Decontaminated and Rehabilitation of Buildings, Structures and Materials in Urban Renewal (IRMA), "City Concept, Sustainable Value Creation within Urban Renewal" ver más en projweb.niras.dk/irma/index.php?id=643

Sjunnesson, J, Life Cycle Analysis of Concrete, Tesis de grado, 2005, Universidad de Lund, www.miljo.lth.se/svenska/internt/publikationer_internt/pdf-filer/LCA%20of%20Concrete.pdf

Yasuhiro Dosho, "Sustainable Concrete Waste Recycling", Construction Materials 161 Issue CM2, Proceedings of Civil Engineers, pp. 47-62, Mayo 2008.

Códigos de construcción verde y proyectos y diseño de desmantelamiento

Australia's Guide to Environmentally Sustainable Homes, Your Home Technical Manual online en www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/fs34f.htm

www.recyhouse.be (ejemplo de proyecto de reciclaje y construcción con discusiones sobre el uso de agregados reciclados)

Un reporte de la última tecnología de reciclaje de concreto publicado en Alemán. Puede ser descargado en www.tfb.ch/htdocs/Files/Sachstandsbericht_RC-Beton_%20Juli_07.pdf



Terminología utilizada en este informe

Agregados son materiales granulares utilizados en construcción. Pueden ser naturales, manufacturados o reciclados.

Agregado reciclado, a menos de que se indique lo contrario, se refiere a agregados hechos a partir de RCD, RCD de concreto o desechos de concreto (e incluye agregados finos y gruesos a menos de que se indique lo contrario).

Agregados de concreto reciclado se refiere a agregados hechos a partir de agregados reciclados.

Concreto con agregados de desecho indica un concreto con un contenido de agregados reciclados.

Concreto fresco se refiere al concreto húmedo que no ha fraguado. También se le conoce como concreto en estado plástico.

Concreto in-situ es el concreto premezclado repartido en camiones y vertido directamente en el sitio.

Concreto prefabricado se refiere al concreto endurecido en una forma específica en un sitio distinto al de su ubicación final. Incluye bloques simples, ladrillos y adoquines, al igual que losas y vigas pretensadas y reforzadas con acero.

Concreto premezclado es el concreto manufacturado bajo condiciones industriales que se entrega fresco al cliente o en el sitio de la construcción.

Concreto reciclado se refiere a los desechos de concreto o RCD de concreto desviado de las corrientes de desecho y reutilizado o recuperado para su uso en un nuevo producto.

Concreto recuperado es el concreto que ha sido recuperado de los desechos del concreto o RCD y que puede ser reutilizado o reciclado.

Concreto residual se refiere al sobrante de concreto fresco en equipos y camiones (ya sea en el sitio de producción del concreto premezclado o en el lugar de trabajo).

Desmantelamiento es el desmontaje cuidadoso y planeado de las edificaciones para la recuperación de materiales valiosos y la minimización de desechos.

Devoluciones de concreto es el concreto premezclado no utilizado que se regresa a la planta en el camión mezclador como material sobrante. Se puede tratar de pequeñas cantidades de residuos de concreto en el fondo del tambor del camión o de cantidades más significativas no utilizadas por el cliente en el sitio de la construcción.

Energía incorporada es la energía requerida para hacer un producto, incluyendo la energía requerida para todos sus componentes, para la extracción de los recursos naturales, para el transporte y para el procesamiento.

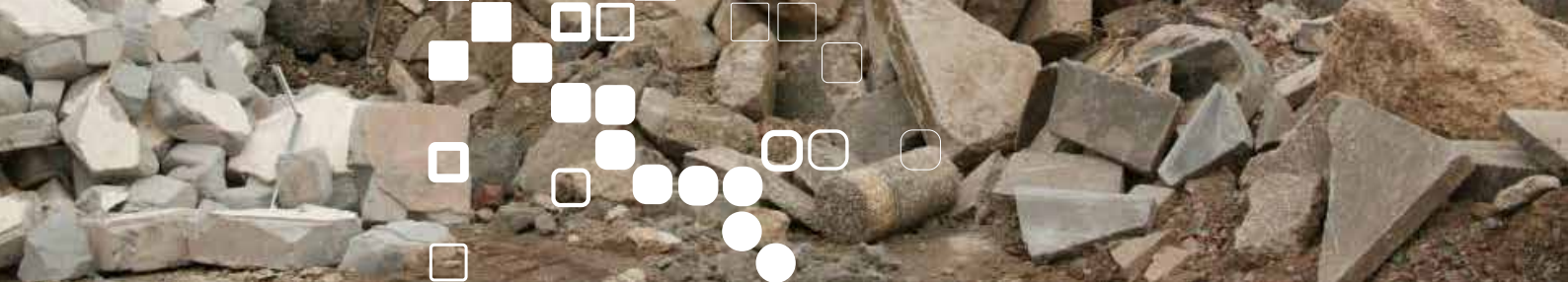
RCD indica residuos de construcción y demolición. Incluye concreto, acero, vidrio, mampostería, asfalto y otros materiales que se encuentran en sitios de construcción o demolición; también en sitios de construcción de obras de ingeniería civil como vías y puentes.

RCD de concreto identifica al concreto en todas sus formas encontrado en residuos de construcción y demolición. Incluye elementos de concreto, partes, piezas y bloques recuperados durante las actividades de construcción y demolición. Puede ser extraído directamente de los sitios o de los materiales de construcción y demolición una vez han sido separados.

Reciclaje de concreto se refiere al proceso que pretende evitar el desecho del concreto (por ejemplo, en rellenos sanitarios o vertederos municipales).

Tasa de recuperación se refiere a la cantidad de material que ha sido desviado de vertederos municipales para su reutilización o reciclaje. Nota: algunas de las cifras reportadas no discriminan entre la cantidad de material que ha sido recolectado para reciclaje y la cantidad real de material reciclado.

Toneladas indica toneladas métricas.



Notas

- ¹ www.ecosmartconcrete.com/enviro_statistics.cfm
- ² Extrapolado de los datos del 2006 de Cembureau de la producción para China (47.3%) e India (6.2%).
- ³ Cifras Cembureau 2006. Se estima que la producción de cemento corresponde a 8 – 12% de la producción de concreto. Para una región en particular (1) la cantidad podría ser mayor si otros materiales cementosos son utilizados para preparar concreto o (2) la cantidad pudiera ser inferior si se utilizara más cemento para aplicaciones distintas de concreto.
- ⁴ Utilizando el mismo ratio 8-12% para 1950. Cifras informe de la WBCSD sobre la Industria Internacional del Cemento, Estructura y Prácticas, 2003.
- ⁵ También se añaden otros materiales en menor cantidad para mejorar el desempeño.
- ⁶ Tiende a ser una cantidad mínima pues la mayoría de material es reclamado.
- ⁷ 2002, Eurostat.
- ⁸ Estimados tomados de W. Turley, Construction Materials Recycling Association (CMRA) (350 millones de toneladas netas anuales de RCD, de las cuales poco menos del 60% probablemente corresponde a concreto). Ver también: www.concretethinker.com/Papers.aspx?DocId=25
- ⁹ FY 2005, Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte de Japón.
- ¹⁰ 2002, Eurostat.
- ¹¹ 2006, Municipal Solid Waste Generation, Recycling and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2006, EPA (251 millones de toneladas netas por año equivalentes a unos 228 millones de toneladas métricas).
- ¹² FY 2005, Ministerio del Medio Ambiente, Japón.
- ¹³ Buck (1977) en Doshó (2007), ver abajo.
- ¹⁴ Doshó, Y, "Development of a Sustainable Concrete Waste Recycling System – Application of Recycled Aggregate Concrete Produced by Aggregate Replacing Method" (2007) 5, Journal of Advanced Concrete Technology no. 27, página 28.
- ¹⁵ Construction Industry Monitoring Report (2007) por Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (ARGE KWTB). www.arge-kwtb.de.
- ¹⁶ Australian Bureau of Statistics, cifras de 2002-2003 tomadas de Australia's Environment: Issues and Trends, 2007. Los datos de reciclaje podrían ser más altos según la fuente consultada.
- ¹⁷ 2005 como aparecen en el estudio de la UEPG (2007) según estimaciones de VVS y FDERECO 2005.
- ¹⁸ Ver también la presentación Cement Association of Canada 2003 por A. Wilson. Para información sobre Alberta ver Construction, Renovation and Demolition Waste Materials: Opportunities for Waste Reduction and Diversion, Informe final preparado por Sonnevera, 27 de abril de 2006, www.environment.gov.ab.ca/info/library/7703.pdf.
- ¹⁹ 2003 como aparece en Vázquez, "Present Situation in Spain", ponencia seminario EcoServe Mayo de 2006.
- ²⁰ Cálculos de la CRMA para 2005. Se estima que la recuperación de concreto está alrededor de 127 millones de toneladas.
- ²¹ En 2001, como se reporta en Ben Arab, el estudio de la UEPG (2007) según datos de la encuesta realizada por FNTP & Ademe. Las cifras son altas porque incluyen recuperación de tierra. La UNPG (Union Nationale des Producteurs de Granulats) reporta que 17.43 millones de toneladas de RCD fueron recicladas en agregados en 2007 (comparado con los 14 millones de toneladas en 2006), principalmente concreto.
- ²² 2001, FIR (Federación Internacional del Reciclaje), www.fi-r-recycling.nl. Los datos no incluyen tierra excavada.
- ²³ Encuesta del 2005 por el Departamento para las comunidades y el Gobierno Local reporta un 51% de recuperación. Nota: 15 millones de toneladas adicionales de RCD repartidos en sitios exentos (normalmente por reclamación de tierras, mejoras agrícolas o proyectos de infraestructura). Ver www.defra.gov.uk. Nota: estudio de la UEPG (2007) integra los sitios exentos y reporta una recuperación del 89.9%.
- ²⁴ 2006 como aparece en el EPA National Waste Report. Las cifras de recuperación incluyen tierra y piedras de proyectos de construcción de vías. La recuperación de RCD excluyendo piedras y tierra (es decir, principalmente concreto) es cerca de 1 millón de toneladas.
- ²⁵ 2005, Ministerio de la Tierra, Infraestructura y Transporte de Japón. Japón tiene una tasa de recuperación del 98% para ladrillos de concreto (en 2005 31.5 millones de toneladas fueron recuperadas a partir de 32.2 millones de toneladas de desechos), se alcanzan tasas más bajas de recuperación para desechos de concreto mezclado. Los datos se encuentran en japonés en www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/index.htm. En Tokio está prohibido el vertimiento de basuras y es obligatorio encontrar nuevos usos para los RCD.
- ²⁶ Cálculos de Skanska Norge AS.
- ²⁷ Las cifras de RCD no incluyen tierra excavada. Los volúmenes recuperados son cálculos de recuperación de concreto únicamente. Departamento de Gestión de Desechos del Ministerio del medio Ambiente de la República Checa.
- ²⁸ Esta información fue proporcionada a la CSI por el Dr. Frank Jacobs, TFB. Los 1.9 millones de toneladas de concreto en RCD se recuperan casi por completo, 1.1 millones son utilizados para la producción de concreto y el resto se emplea como agregado.
- ²⁹ 2007. Cifras tomadas de la Administración para la Protección del Medio Ambiente (EPA) y la Agencia del Ministerio del Interior para la Construcción y Planeación (CPAMI). Las leyes taiwanesas (Ley de disposición de desechos y reciclaje de recursos) disponen que los volúmenes de RCD sean declarados ante la EPA y la CPAMI. La tasa general de recuperación de RCD en 2003 fue 83%.
- ³⁰ 2007. Cálculos de una investigación en curso basada en las tasas de generación de desechos registradas por la Oficina Nacional de Estadísticas de Tailandia. No hay cifras disponibles sobre recuperación pero en general se recuperan los materiales más valiosos de los RCD (por ejemplo metales) y la mayoría del concreto es desechado.
- ³¹ Ver por ejemplo, Sjunnesson, J, Life Cycle Analysis of Concrete, Masters Thesis, 2005, University of Lund www.miljo.lth.se/svenska/internt/publikationer_internt/pdf-filer/LCA%20of%20Concrete.pdf
- ³² Ver por ejemplo, proyecto de absorción de CO2 del Centro de Innovación Nórdica en www.nordicinnovation.net/_img/03018_c02_uptake_in_concrete_executive_summary.pdf
- ³³ Encuentre más información en WBCSD Cement Sustainability Initiative (CSI) en www.wbcdcement.org
- ³⁴ La CSI decidió incluir este caso de estudio como un ejemplo ilustrativo de los posibles beneficios del reciclaje. Como se observa más arriba, los beneficios en cualquier proyecto variarán ampliamente y también es necesario considerar los mejores parámetros de comparación en una situación determinada. Los detalles de este proyecto se obtuvieron en ntsearch.bts.gov/tris/record/tris/00924124.html y de una presentación en un taller de un grupo de interés acerca de RCD en Tailandia en julio de 2007 y visitado por un delegado de la CSI.
- ³⁵ Los países incluidos en Europa varían. Cuando se conocen, se especifican los países en las notas.
- ³⁶ Volumen recuperado/Volumen emergente. Este es el cálculo general para Europa. Las cifras varían significativamente entre países desde casi la completa recuperación en países como Holanda, hasta tasas mucho más bajas en el resto de países. Las estadísticas publicadas también pueden variar dependiendo de si la tierra excavada se incluye o no en las tasas de recuperación como se discutió anteriormente.
- ³⁷ Volumen recuperado/Volumen emergente (2005) cálculo realizado por Construction Materials Recycling Association (CMRA). La recuperación de concreto se estima en unos 127 millones de toneladas.
- ³⁸ Volumen recuperado/Volumen emergente de escombros (2005) Ministerio de la Tierra, la Infraestructura y el Transporte de Japón. Japón presenta una tasa de recuperación de 98% para ladrillos de concreto (en 2005, 31.5 millones de toneladas fueron recuperadas de 32.2 millones de toneladas de desperdicios), se logran tasas más bajas para concreto mezclado. Las cifras se encuentran en Japonés en www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/index.htm.
- ³⁹ Recolección/Producción (2006) European Aluminium Association para UE 25 y EFTA. Tasa más altas han sido logradas en algunos países individuales, por ejemplo 93% en Noruega y 88% en Suiza y Finlandia (www.world-aluminium.org).
- ⁴⁰ Recolección/Producción (2006) Aluminium Association Inc en el informe de 2006 Minerals Yearbook, US Department of the Interior en 5.1. La EPA indica 45% para latas de aluminio (www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/recycle.htm#figures).
- ⁴¹ Recolección/Consumo. (2007) Japan Aluminium Association.
- ⁴² Tasa promedio de recolección para aluminio según un estudio de Delft University of Technology sobre edificaciones en demolición seleccionadas en 6 países Europeos. Collection of Aluminium from Buildings in Europe, a Study by Delft University of Technology, 2004.
- ⁴³ (2005) Incluye marcos de aluminio, materiales de construcción internos y externos. Japan Aluminium Association.
- ⁴⁴ Recolección/Consumo (2006), European Container Glass Federation (www.feve.org) para Austria, Bélgica, Bulgaria, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, España, Suecia, Suiza, Turquía y Reino Unido. El peso recolectado corresponde a vidrio efectivamente reciclado. Datos medioambientales de la OECD en 2007 reportan una tasa del 65% para 2005.
- ⁴⁵ (2005) OECD Datos medioambientales 2007.
- ⁴⁶ (2003) OECD Datos medioambientales 2007. El reporte de la Japan Steel Can Recycling Association 2006 indica una tasa de 94.5% para cantidad de vidrio reciclado utilizado/cantidad de botellas de vidrio producidas, ver www.steelcan.jp/english/index.html.



- ⁴⁷ Cálculos. Las cifras no son recolectadas en Europa aunque se cree que la tasa de recuperación es alta y hay un Mercado fuerte en el reciclaje de plomo. Ver International Lead Association www.ila-lead.org y la Association of European Storage Battery Manufacturers www.eurobat.org para más información sobre reciclaje en Europa. El Reino Unido publicó una tasa del 90%: www.guardian.co.uk/world/2006/may/05/qanda.recycling. 93% es la tasa en Irlanda (www.returnbatt.ie).
- ⁴⁸ Reciclaje/Consumo (2006) EPA Municipal and Solid Waste Generation Facts and Figures para 2006, página 3. Ver también www.batterycouncil.org. Ver también National Recycling Rate Study, Junio de 2005, preparado por SmithBucklin Corporation en bci.dev.web.sbs.com/BCIRecyclingRateStudyReport.pdf.
- ⁴⁹ Volumen recuperado/Volumen emergente de escombros. Battery Association of Japan
- ⁵⁰ Papel usado recuperado /Consumo total de papel (2006) Confederation of European Paper Industries para UE 27 más Noruega y Suiza. Ver www.paperrecovery.org. Las cifras actualizadas se publican cada año en la página de internet. Ciertos papeles no pueden ser recolectados (bibliotecas, archivos, etc.) y ciertos papeles no pueden ser recuperados (papel higiénico, etc.) y por esto el máximo teórico en reciclaje de papel se estima en un 81%. Un estudio por BIR puede ser consultado en www.bir.org/aboutrecycling/paper (la tabla 10 proporciona algunas cifras sobre la importación y exportación de papel recuperado en el mundo que podrían ser examinadas más de cerca).
- ⁵¹ Recuperación/Consumo (2007) American Forest & Paper Association (www.afandpa.com). 50% fue reportado para 2005 en el reporte OECD datos medioambientales 2007.
- ⁵² (2003) OECD datos medioambientales 2007. Ver también Paper Recycling Promotion Center, www.prpc.or.jp.
- ⁵³ Recolección/Consumo (2006) Petcore para UE 27 más Noruega, Suiza, Islandia y Turquía.
- ⁵⁴ Recolección/Volumen emergente de escombros (2006) Napcor Report. La EPA indica 31% para botellas plásticas de bebidas no alcohólicas (www.epa.gov/epaoswer/non-hw/muncpl/recycle.htm#figures).
- ⁵⁵ Recolección/Consumo (2006) Council for PET Bottle Recycling, Japón.
- ⁵⁶ Recuperación/Cantidad de escombros emergente, (2006) ETRMA (European Tyre & Rubber Manufacturers' Association) para UE 27 más Noruega y Suiza.
- ⁵⁷ Recuperación/Cantidad de escombros emergente, (2005) RMA (Rubber Manufacturers Association).
- ⁵⁸ Recuperación/Cantidad de escombros emergente (2006) Japan Automobile Tyre Manufacturers Association Inc).
- ⁵⁹ Recolección/Consumo (2007) Association of European Producers of Steel for Packaging (APEAL) para UE 27 más Noruega y Suiza.
- ⁶⁰ Recolección/Consumo (2006) Steel Recycling Institute, www.recycle-steel.org
- ⁶¹ Cantidad utilizada en reciclaje /Consumo (2006) Japan Steel Can Recycling Association. El informe anual de 2007 se puede consultar en www.steelcan.jp/english/index.html.
- ⁶² Cantidad recuperada /Cantidad de escombros emergente (2007). Este es un incremento significativo desde el 2% logrado en 1996. Ver más en www.woodrecyclers.org/recycling.php. La mayoría se recicla en forma de productos de comprimidos; pero el mercado está creciendo en jardinería y para cubiertas de establos y galpones.
- ⁶³ ECCO.
- ⁶⁴ Lauritzen, E "Recycling Concrete- An Overview of Development and Challenges" (2004) Ponencia conferencia RILEM.
- ⁶⁵ www.concreterecycling.org/histories.html
- ⁶⁶ onsite.rmit.edu.au
- ⁶⁷ onsite.rmit.edu.au
- ⁶⁸ www.aggregain.org.uk/case_studies/2716_use_of_recy.html
- ⁶⁹ Parte del resumen de los resultados del proyecto financiado por la UE Descontaminación Rehabilitación Integrada de Edificaciones, Estructuras y Materiales en Renovación Urbana (IRMA, por su nombre en inglés), "City Concept, Sustainable Value Creation within Urban Renewal". Ver más en www.projweb.niras.dk/irma
- ⁷⁰ Las estadísticas de la UEPG de 2006 publicadas en 2008 reportan una cifra de 6%. La QPA (Octubre 2007) reporta cifras más altas indicando un promedio del 8% para Europa y del 26% para Gran Bretaña en 2006.
- ⁷¹ USGS Fact Sheet FS-181-99 (Febrero 2000). En 2006, 2.95 billones de toneladas métricas de agregados fueron producidas en los Estados Unidos. (www.nssga.org y www.usgs.com).
- ⁷² (Ver www.uepg.eu/index.php?pid=141, en borrador final generar tabla y quitar * de Irlanda y Dinamarca)
- ⁷³ Lohja Rudus, Use of Reclaimed Concrete in Pavement Structures, Design Manual and Construction Specifications 2000, página 7.
- ⁷⁴ FHWA Transportation Applications of Recycled Concrete Aggregate, Septiembre 2004, página 18.
- ⁷⁵ A 2004, ocho estados en los Estados Unidos reportaron el uso de agregados reciclados en mezclas calientes de asfalto (FHWA). La alta tasa de absorción del agregado reciclado incrementa los requerimientos de asfalto y por esta razón su uso ha sido limitado (Informe FHWA Septiembre 2004, página 26). En la actualidad, CRH utiliza productos de asfalto de desecho como subbase para productos de asfalto.
- ⁷⁶ Obla, K et al, Crushed Returned Concrete as Aggregates for New Concrete, Final Report to the RMC Research and Education Foundation Project 05-13 (2007).
- ⁷⁷ WRAP Performance Related Approach to Use of Recycled Aggregates (2007).
- ⁷⁸ Clark, en Australia's Guide to Environmentally Sustainable Homes, Your Home Technical Manual online en www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/fs34f.htm
- ⁷⁹ DafStb Richtlinie : Concrete acc. DIN EN 206-1 y DIN 1045-2 with recycled aggregates acc. to DIN 4226-100
- ⁸⁰ FHWA State of the Practice National Review Transportation Applications of Recycled Concrete Aggregate (2004) US Dept of Transport
- ⁸¹ MONITORING BOUWSTOFFENBESLUIT, Monitoring kwaliteit bouwstoffen 2003-2004, Informe de Intron para la agencia danesa de planeación, uso del suelo y el medio ambiente (VROM) 2005
- ⁸² Doshio, TEPCO Japón 2007. TEPCO ha desarrollado un sistema de trituración y molienda en húmedo para reducir este problema potencial.
- ⁸³ WRAP, Testing of Concrete to Determine the Effects on Groundwater (2007)
- ⁸⁴ Consultest AG (1998)
- ⁸⁵ Ver Eco-Efficient and Ready Mix Concrete Plants and Concrete Production, A handbook by the Association of the Swiss Aggregates and Concrete Industry, 2003.
- ⁸⁶ www.concretethinker.com/Papers.aspx?DocId=25
- ⁸⁷ www.bentumrecycling.nl/uk/brc_C&DWrecyclingschema.htm
- ⁸⁸ Ver por ejemplo, www.cdeglobal.com.
- ⁸⁹ Ver páginas 24 y 28 de Capita Symonds Ltd for the Department for Communities and Local Government Survey of Arisings and use of Alternatives to Primary Aggregates in England, 2005, Publicado en febrero de 2007.
- ⁹⁰ Para más información sobre el uso de tecnologías de microondas remitirse a www.fzk.de/ihm y buscar FRANKA. IHM es el "Institut für Hochleistungsimpuls-und Mikrowellentechnik" y FRANKA es una máquina desarrollada para la fragmentación de desechos.
- ⁹¹ Ver FHWA State of the Practice National Review, Septiembre 2004.
- ⁹² Ver informe FHWA (2004) y CMRA (Construction Material Recycling Association) www.cdrecycling.org. La EPA no incluye al concreto reciclado dentro de los materiales recuperados recomendados para su uso en concreto nuevo en el Comprehensive Procurement Guidelines Program. Ver www.epa.gov/epaoswer/non-hw/procure/products/cement.htm.
- ⁹³ Lauritzen, E "Recycling Concrete - An Overview of Development and Challenges" (2004) Presentación conferencia RILEM.
- ⁹⁴ Ver www.Aggregain.Org.Uk/Quality/Aggregates_Standards/European.Html
- ⁹⁵ La norma australiana (Lineamiento) "HB 155" separa los desechos reciclados del concreto en una serie de categorías de uso y desarrolla especificaciones para materiales aceptados en construcción.
- ⁹⁶ International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures www.rilem.org
- ⁹⁷ UNEP, Buildings and Climate Change (2007) página 1.
- ⁹⁸ 2007 cifras del US Green Building Council.
- ⁹⁹ www.planningportal.gov.uk/england/professionals/en/1115314116927.html
- ¹⁰⁰ www.worldgbc.org
- ¹⁰¹ www.pierrebleuebelge.be
- ¹⁰² www.natureplus.org
- ¹⁰³ Ver ejemplos en www.sustainableconcrete.org.uk/main.asp?page=127.
- ¹⁰⁴ www.envirocentre.co.uk/downloads/rsc/6_SDP_4_Design_for_Deconstruction.pdf, página 6-1
- ¹⁰⁵ Ver también, por ejemplo, Design for Disassembly and Adaptability Guidelines of the Canadian Standards Association en www.csa.ca/sustainablebuilding
- ¹⁰⁶ www.ifdbouwen.be/media/docs/voorbeeldprojecten/Voorbeeldproject6.pdf

CSI members



EE.UU.



Suiza



Brasil



Italia



México



Francia



España



Portugal



España



India



Portugal



Tailandia



Irlanda



Japón



India



Grecia

HEIDELBERGCEMENT

Alemania



Brasil

Acerca del Consejo Mundial Empresarial Para El Desarrollo Sostenible (WBCSD)

El Consejo Mundial Empresarial Para El Desarrollo Sostenible es una asociación única a nivel mundial liderada por los presidentes de unas 200 compañías y que se dedica exclusivamente a los negocios y el desarrollo sostenible. El consejo provee una plataforma de empresas para explorar el desarrollo sostenible, compartir conocimiento, experiencias y las mejores prácticas además de abogar por posturas de negocio frente a estos temas en una variedad de foros, trabajando con gobiernos, organizaciones no gubernamentales e intergubernamentales.
www.wbcscd.org

Acerca de la Iniciativa Para La Sostenibilidad Del Cemento (CSI)

La Iniciativa Para La Sostenibilidad Del Cemento (CSI) es un esfuerzo global de 18 compañías líderes en la producción de cemento. Con sus casas matrices repartidas en 14 países, tiene operaciones en más de 100 países. Colectivamente, estas compañías representan aproximadamente el 30% de la producción mundial de cemento y varían en tamaño desde grandes multinacionales hasta productores locales. Todos los miembros de la Iniciativa Para La Sostenibilidad Del Cemento han integrado el desarrollo sostenible a sus estrategias de negocio y operaciones, mientras buscan un sólido rendimiento financiero con un igualmente fuerte compromiso de responsabilidad social y ambiental.

A lo largo de sus más de 10 años de historia, la Iniciativa Para La Sostenibilidad Del Cemento se ha enfocado en entender, administrar y minimizar los efectos de la producción y uso del cemento enfrentando una serie de preocupaciones como: cambio climático, consumo de combustible, emisiones de gases, reciclaje del concreto y manejo de canteras.
www.wbcscdcement.org

Disclaimer

The Spanish language version of this document (prepared with kind contribution of FICEM and reviewed by CEMEX) is a convenience translation of the original English language version. In case of discrepancies between the original English language document and its Spanish convenience translation, the original English version shall apply and prevail. Please visit the CSI website (www.wbcscdcement.org) for more information.

La versión en español de este documento (elaborado con la ayuda de FICEM y revisado por los miembros de CEMEX) es una traducción de la versión original en inglés. En caso de incompatibilidades entre el documento original y su traducción al español, la versión en inglés prevalecerá. Para mayor información visite el sitio web de CSI en www.wbcscdcement.org.

Consejo Mundial Empresarial Para El Desarrollo Sostenible – WBCSD

Chemin de Conches 4
1231 Conches-Geneva
Suiza
Tel: +41 (0)22 839 31 00
Fax: +41 (0)22 839 31 31
E-mail: info@wbcscd.org,
Web: www.wbcscd.org