

Electrometalurgia y Reciclaje de Materiales

Tema 9. Reciclado de materiales no metálicos



Carlos Thomas García

Departamento de Ciencia e Ingeniería del
Terreno y de los Materiales

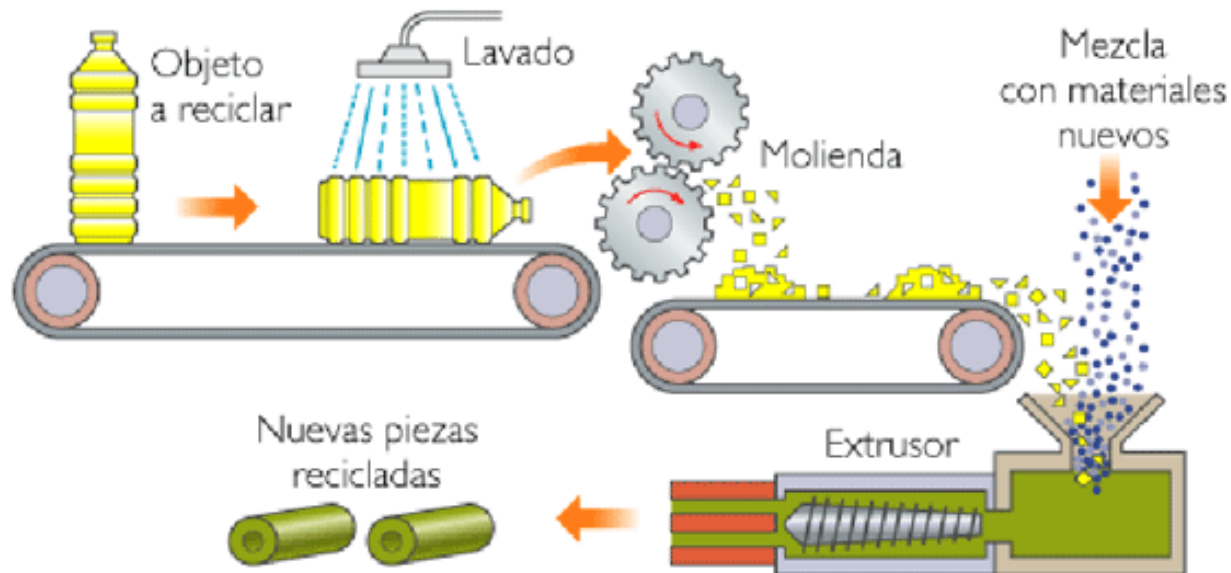
Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



El reciclado de plásticos

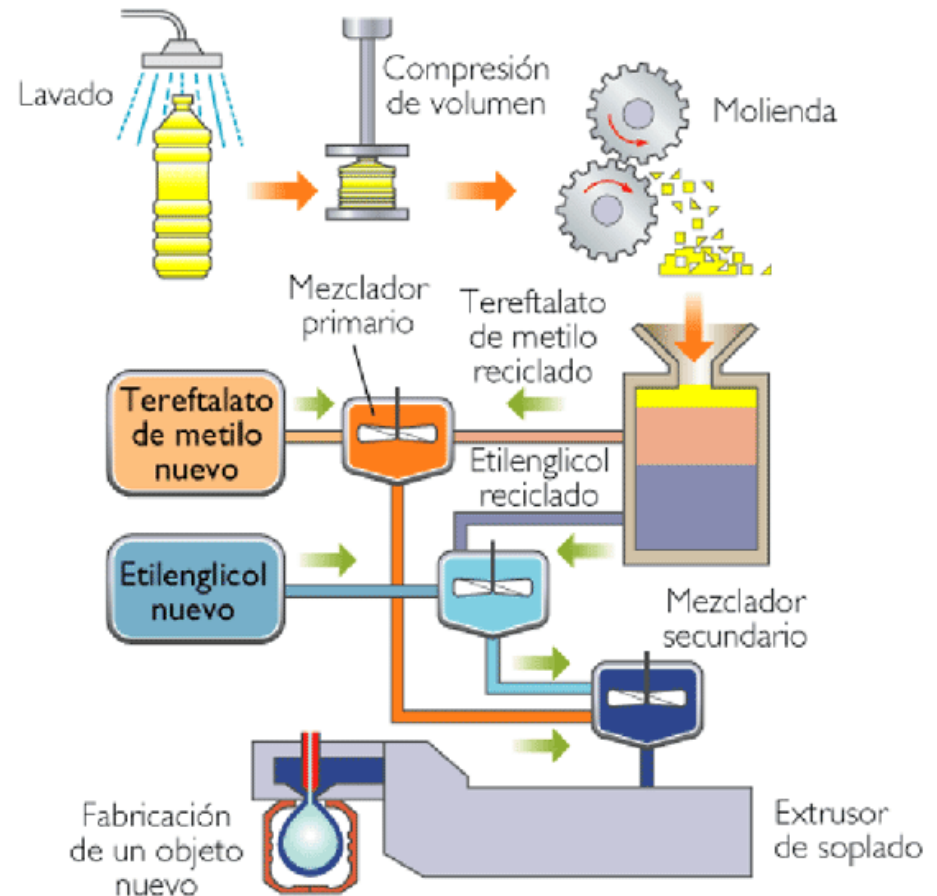
Reciclaje mecánico: método que consiste en separar los plásticos por clase, lavarlos y triturarlos hasta convertirlos en pequeños trozos que reinyectarán para producir nuevos productos.



Fuente: <http://www.laregion.es>.

El reciclado de plásticos

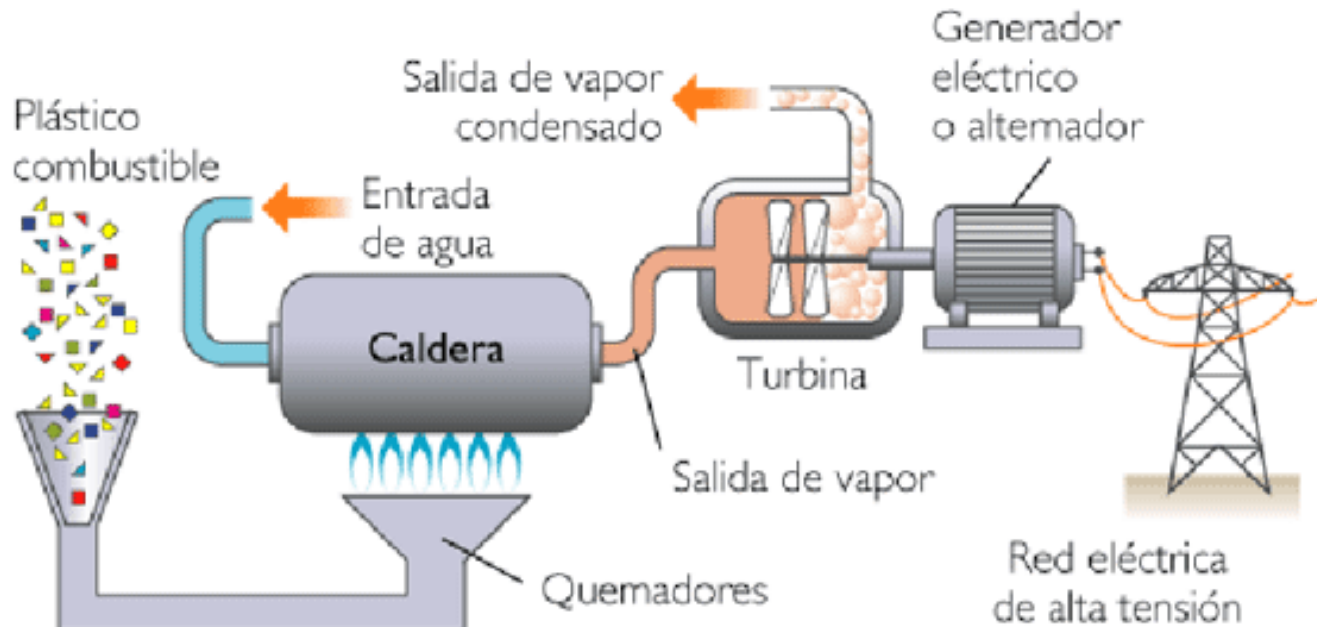
Reciclaje químico: método que consiste en la degradación del plástico para obtener moléculas simples que puedan recombinarse para fabricar otros plásticos.



Fuente: www.iesvillalbahervas.org.

El reciclado de plásticos

Recuperación energética: método que consiste en utilizar el plástico como combustible para la generación de energía.



Fuente: <https://app.emaze.com>.

Opciones de recuperación

1. Reciclado: reprocesado del residuo plástico en proceso productivo para la aplicación original u otra diferente, excepto la recuperación energética directa:

- Reciclado mecánico: reprocesado del residuo plástico por medios físicos en nuevos productos.
- Reciclado químico: recuperación de las materias primas originales (monómeros o gas de síntesis) mediante procesos químicos (pirólisis, gasificación...).

2. Valorización energética: uso del residuo plástico para generar y recuperar energía a través de la incineración directa, con o sin otro residuo:

- Combustible alternativo: sustitución de combustibles fósiles en procesos productivos (p.e.: cementera).
- Generación de energía: producción de calor o electricidad.

Existen dos familias de plásticos

A. Termoplásticos: son plásticos **fácilmente** reciclables ya que funden cuando se calientan y por tanto se pueden moldear repetidas veces sin que sus propiedades originales se alteren demasiado. Sin embargo, durante los distintos ciclos de reprocesado van sufriendo modificaciones por lo que no pueden ser reciclados infinitas veces. Los termoplásticos **más usados son:**

- PEBD (polietileno de baja densidad),
- PEAD (polietileno de alta densidad),
- PP (polipropileno),
- PET (tereftalato de polietileno),
- PVC (policloruro de vinilo),
- PS (poliestireno),
- EPS (poliestireno expandido) y
- PC (policarbonato).



Fuente: <http://www.futura-sciences.com>.



Fuente: Adecua.



Fuente: <https://www.chilvers.co.uk>.

Existen dos familias de plásticos

B. Termoestables: son difíciles de reciclar ya que están formados por polímeros con cadenas ligadas químicamente (con enlaces transversales) que hacen necesaria la **destrucción de su estructura** molecular para poder fundirlos y esto conlleva a una alteración grande de sus propiedades originales.

Existen distintos termoestables, como por ejemplo:

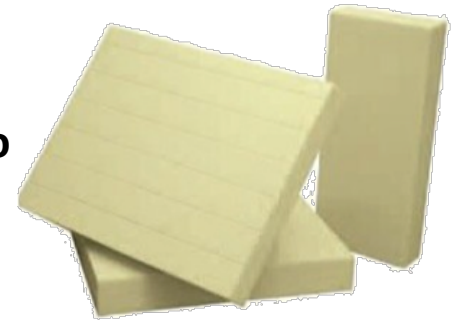
- Resinas de poliéster.
- Resinas de poliuretano.
- Resinas epoxy.
- Resinas fenólicas (baquelita, tableros eléctricos).
- Resinas ureicas (melamina para madera).

Baquelita



Fuente: <http://peklimg.pw>.

Poliuretano



Fuente: inkamarline.

Poliéster



Fuente: Grupocrisol.

El reciclado de plásticos

- **Reciclaje mecánico**: método que consiste en **separar** los plásticos por clase, lavarlos y **triturarlos** hasta convertirlos en pequeños trozos que reinyectarán para producir nuevos productos.
- **Reciclaje químico**: método que consiste en la **degradación** del plástico para obtener moléculas simples que puedan **recombinarse** para fabricar otros plásticos.
- **Recuperación energética**: método que consiste en utilizar el plástico como **combustible** para la generación de **energía**.

Reciclaje mecánico

- **Limpieza:** una vez que los plásticos recuperados llegan a la empresa donde se van a tratar lo primero es **acondicionarlos** para obtener una **materia prima adecuada**, sin suciedad o sustancias que puedan dañar tanto a las máquinas como al producto final (eliminar papeles, tapones, etc.).
- **Clasificación:** se deben separar los **distintos tipos** de plásticos antes de transformarlos, sobre todo en el caso de los que provienen de la industria. Se puede hacer en tanques de agua **por densidades**.
- **Trituración:** esta fase se lleva a cabo cuando los materiales no han sido triturados anteriormente o porque el **tamaño de grano** no es el adecuado.



Fuente: Serviecoambiental.

Reciclaje mecánico

- **Lavado:** en tanques o cubas de gran tamaño se lavan los granos de plástico para **eliminar** cualquier tipo de suciedad o **impureza**.
- **Granceado:** los residuos de plástico se suelen vender en forma de **granza** pero si esto no sucede se deben convertir a granza para poder introducirlos en los **equipos** de reciclaje.
- **Extrusión, compresión o moldeado.**



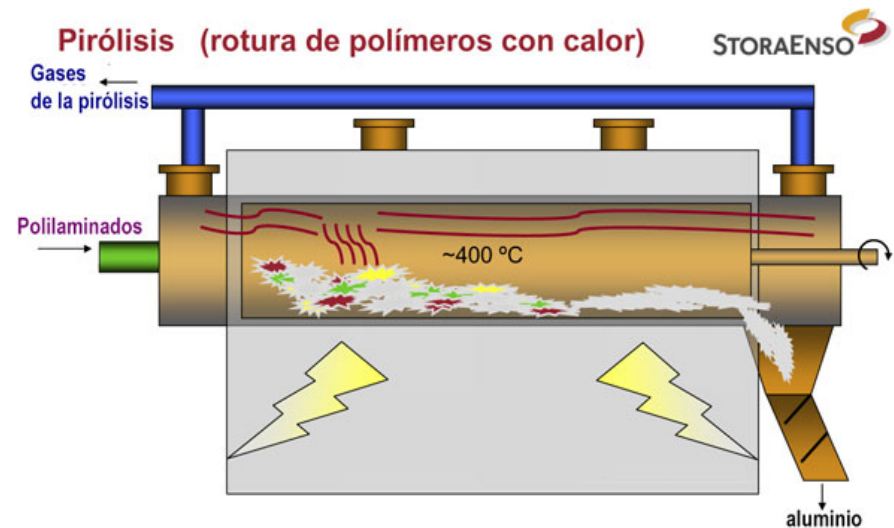
Fuente: <https://www.michelon.ind.br>.



Fuente: <http://dlpack.com.ua/>.

Reciclaje químico

- **Gasificación:** con este proceso se obtiene gas de síntesis (CO y H₂O) **combustible**, utilizado con frecuencia en la industria metalúrgica. Lo primero que se hace es la compactación de los plásticos para reducir su volumen, se produce una desgasificación y después una **pirólisis** que continúa elevando la temperatura para hacer la gasificación.
- **Pirólisis:** se utiliza para materiales plásticos como el PP y PS pero también para mezclas de **plásticos difíciles de separar**. Mediante la pirólisis se produce la **descomposición** térmica, en atmósfera inerte, de las moléculas que conforman los materiales plásticos.



Fuente: <https://www.studeersnel.nl>.

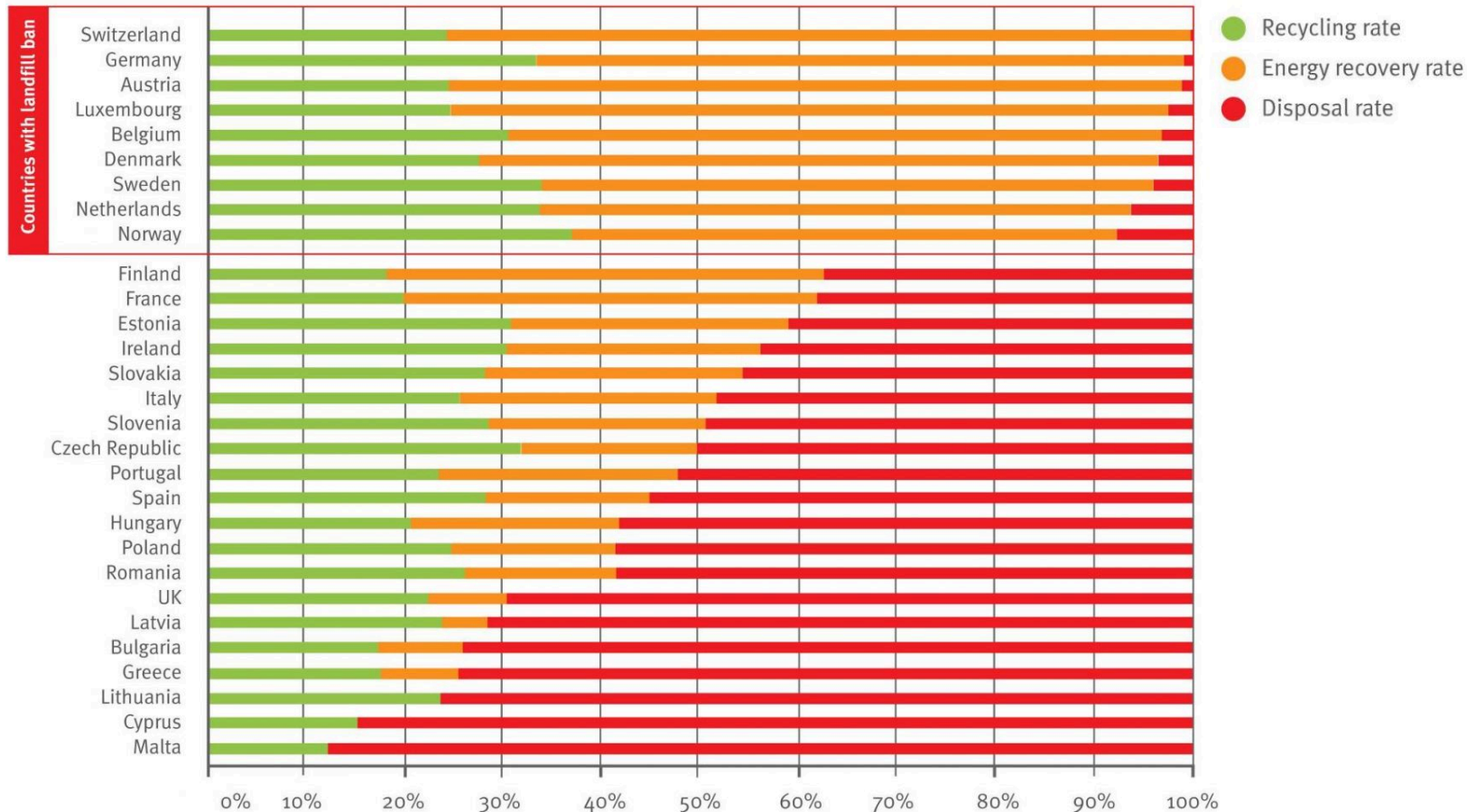
Reciclaje químico

- **Hidrogenación:** consiste en la aplicación de **energía térmica** a los materiales plásticos en presencia de hidrógeno para dar lugar a combustibles líquidos.
- **Cracking:** consiste en la **ruptura de moléculas** mediante el uso de **catalizadores** que se pueden utilizar como combustibles.
- **Disolventes:** mediante la utilización de **disolventes** se pueden separar mezclas de plásticos, **difíciles de separar** por otras técnicas.



Fuente: www.interempresas.net.

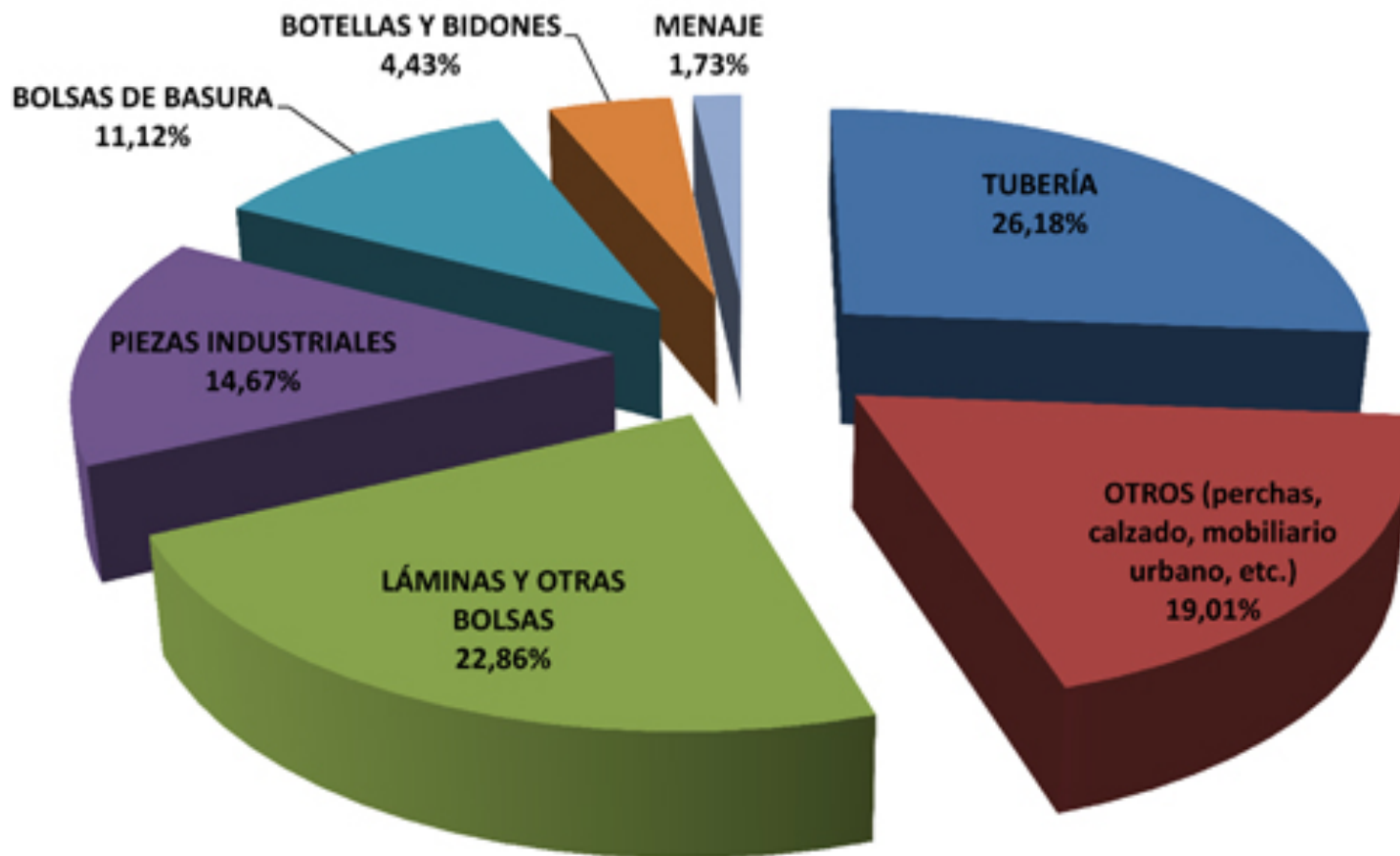
Tratamiento de residuos plásticos postconsumo 2012 por EU-27 + 2



Fuente: Cosultic.

Carlos Thomas García

El reciclado de plásticos



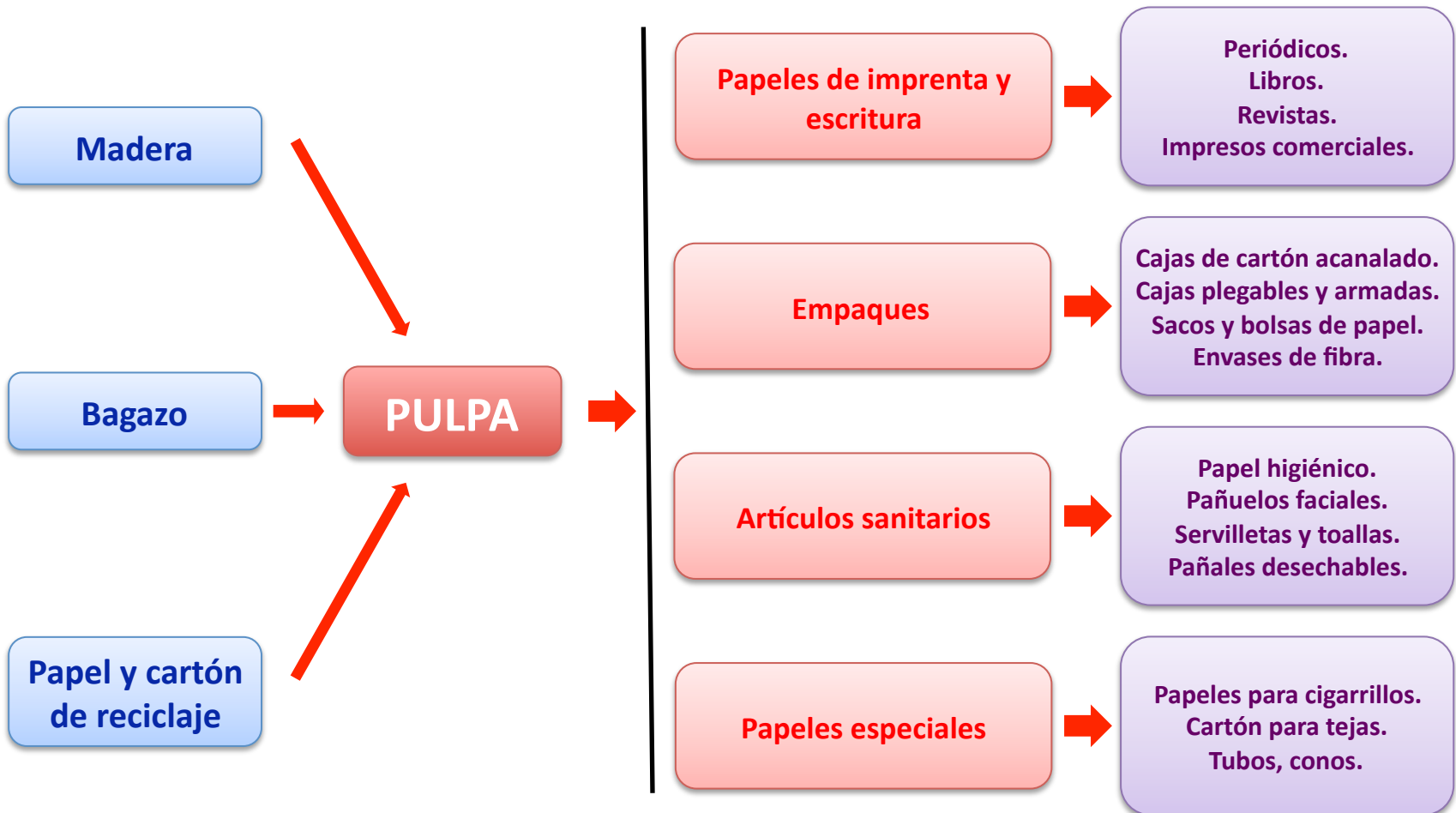
Fuente: I. Janajreha*; M. Alshraha & S. Zamzamb: «Mechanical recycling of PVC plastic waste streams from cable industry: A case study».

El reciclado de papel y cartón



Fuente: <https://unifeed.club>.

El reciclado de papel y cartón



El reciclado de papel y cartón

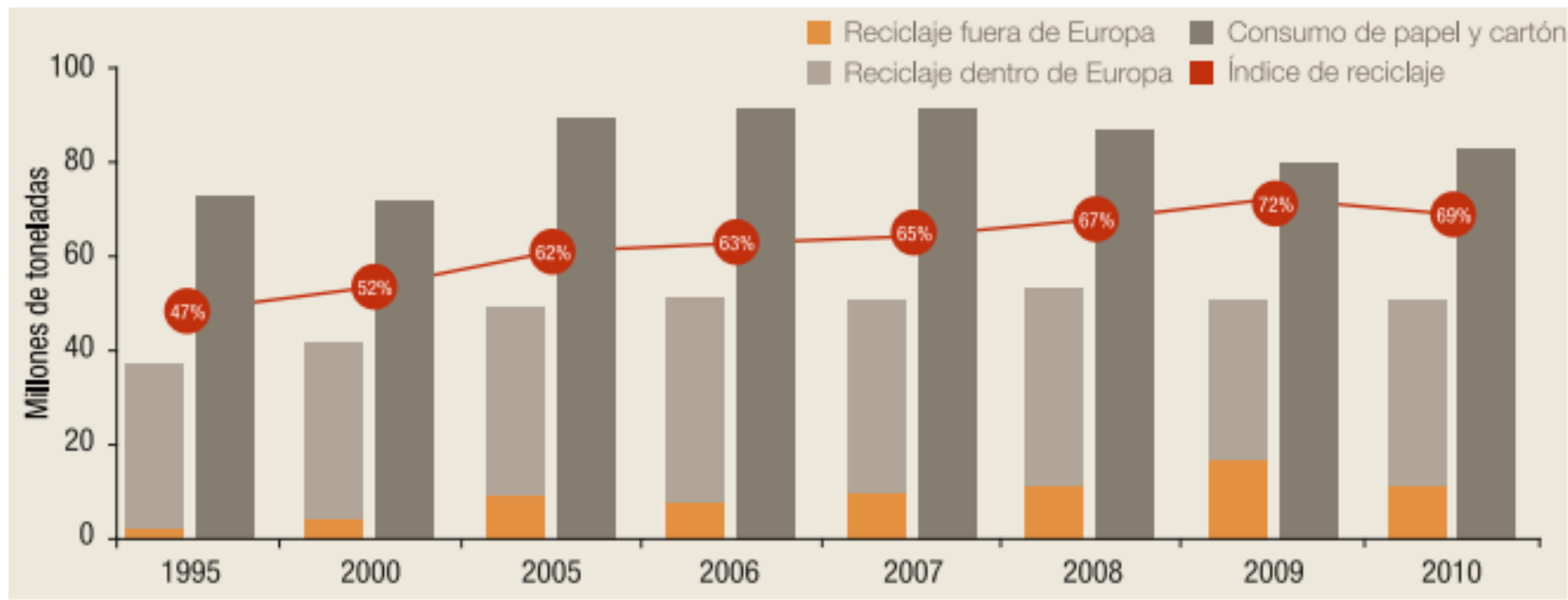
- Reciclaje **eficaz** porque **con una tonelada de papel o de cartón** se fabrican **900 kilos de papel reciclado**.
- Consume un 90% **menos de agua** y el 50% **menos de electricidad** que la producción de papel a partir de madera.
- Operaciones como el entintado de revistas viejas o el blanqueo final hacen que intervengan diversos **productos químicos**, pero en **cantidades menores** que en la producción de **papel** a partir de la pulpa de madera.



Fuente: Krtonplan.

El reciclado de papel y cartón

El reciclaje de papel y cartón en Europa (periodo 1995-2010)



Evolución de la recuperación de papel y cartón en Europa en millones de toneladas.

Fuente: European Recovered Paper Council (ERPC). «European Declaration on Paper Recycling» (2011).

Etapas del reciclado de papel y cartón

Recuperación de **papeles** y de **cartones** usados. Pueden ser periódicos, revistas, folletos publicitarios, envases de cartón así como también **residuos** de las imprentas, etc. En el año 2006 la **recuperación** ascendió al 60,5%.

En la actualidad España es una de las **principales potencias** del mundo en cuanto a reciclaje de papel, y su tasa alcanza el 73%, por encima de la media de la **Unión Europea**.

Después, estas materias primas se colocan en una máquina que las agita en un **agua jabonosa** para separar las **fibras de celulosa** de los productos residuales que se puedan encontrar.



Fuente: proyectodeladrilloecologico.

Etapas del reciclado de papel y cartón

La **depuración** separa, las **fibras** de los elementos del **tipo de cola** o **grapas**. El desentintado permite obtener una pasta que, posteriormente, será tratada según el nivel de **calidad** que uno desee obtener.

El **papel** no puede ser reciclado todas las **veces** que se quiera pero sí que puede ser objeto de **cuatro o de cinco** reciclajes sucesivos.



Fuente: <https://www.stampaprint.net>.

Reciclado de papel especial



El reciclado de RCD

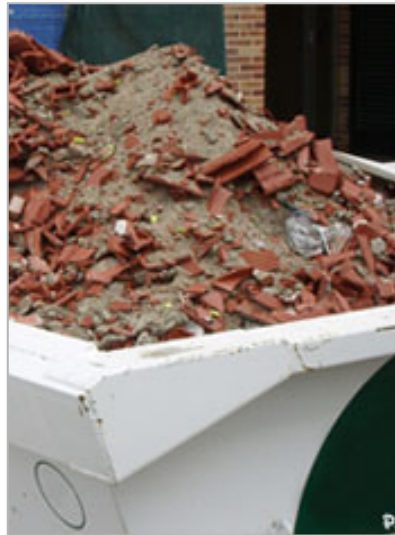


Fuente: <http://ouc.unc.edu.ar>.

El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado



Fuente: <https://www.laverdad.es>.



Fuente: Ambientum.



Fuente: Servicios ambientales.



Fuente: <http://www.caracol.com>.



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Residuo de Construcción y Demolición (RCD): cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “residuo” incluida en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genera en una obra de construcción y demolición.



Fuente: <https://www.laverdad.es>.



Fuente: Ambientum.



Fuente: Servicios ambientales.



Fuente: <http://www.caracol.com>.



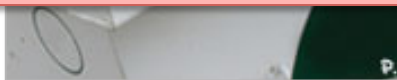
El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Residuo de Construcción y Demolición (RCD): cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “residuo” incluida en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genera en una obra de construcción y demolición.

Árido Reciclado (AR): árido resultante del procesamiento (selección, trituración y cribado) de RCDs y cumple unos requisitos técnicos para una aplicación determinada.



Fuente: <https://www.laverdad.es>.



Fuente: Ambientum.



Fuente: Servicios ambientales.



Fuente: <http://www.caracol.com>.



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Residuo de Construcción y Demolición (RCD): cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “residuo” incluida en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genera en una obra de construcción y demolición.

Árido Reciclado (AR): árido resultante del procesamiento (selección, trituración y cribado) de RCDs y cumple unos requisitos técnicos para una aplicación determinada.

Árido Reciclado de Hormigón (ARH): árido reciclado cuya procedencia es exclusivamente el hormigón



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Residuo de Construcción y Demolición (RCD): cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “residuo” incluida en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genera en una obra de construcción y demolición.

Árido Reciclado (AR): árido resultante del procesamiento (selección, trituración y cribado) de RCDs y cumple unos requisitos técnicos para una aplicación determinada.

Árido Reciclado de Hormigón (ARH): árido reciclado cuya procedencia es exclusivamente el hormigón

Hormigón Reciclado (HR): hormigón fabricado con sustitución de árido (grueso) natural por árido reciclado.

El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado



Fuente: <https://www.laverdad.es>.



Fuente: Ambientum.

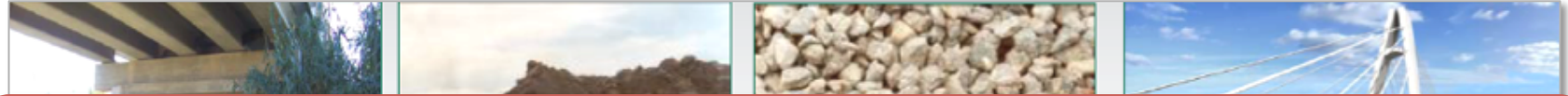


Fuente: Servicios ambientales.



Fuente: <http://www.caracol.com>.

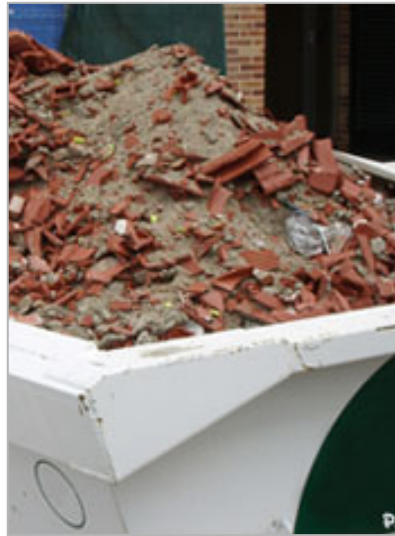
El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado



Según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición en el año **2005** la producción de residuos se sitúa en más de **25 millones de toneladas**.



Fuente: <https://www.laverdad.es>.



Fuente: Ambientum.

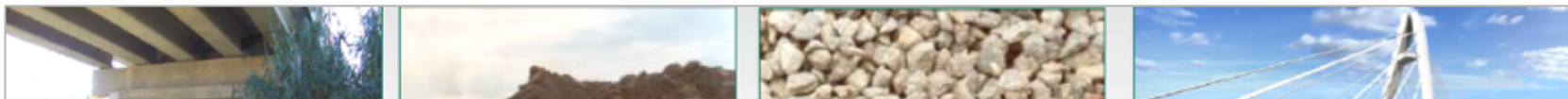


Fuente: Servicios ambientales.



Fuente: <http://www.caracol.com>.

El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado



Según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición en el año **2005** la producción de residuos se sitúa en más de **25 millones de toneladas**.

Un estudio realizado en España por Euroconstruct, de junio de **2006**, sitúa la contribución de la ingeniería civil en un **28%** del total: en torno a los **35 millones de toneladas** en este año.



Fuente: <https://www.laverdad.es>.



Fuente: Ambientum.



Fuente: Servicios ambientales.



Fuente: <http://www.caracol.com>.

El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado



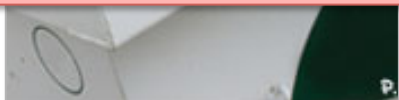
Según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición en el año **2005** la producción de residuos se sitúa en más de **25 millones de toneladas**.

Un estudio realizado en España por Euroconstruct, de junio de **2006**, sitúa la contribución de la ingeniería civil en un 28% del total: en torno a los **35 millones de toneladas** en este año.

Según el GERD la producción de RCD en el año **2006** se sitúa por encima de las **38 millones de toneladas**.



Fuente: <https://www.laverdad.es>.



Fuente: Ambientum.



Fuente: Servicios ambientales.



Fuente: <http://www.caracol.com>.

El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado



Motivación y objetivos



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Reducción de un residuo de elevadas tasas de generación.



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Reducción de un residuo de elevadas tasas de generación.



Ahorro de áridos naturales.



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Reducción de un residuo de elevadas tasas de generación.



Ahorro de áridos naturales.



Disminución de suelo ocupado por vertederos.



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Reducción de un residuo de elevadas tasas de generación.



Ahorro de áridos naturales.



Disminución de suelo ocupado por vertederos.



Ahorro de tasas de vertido.



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Árido reciclado

Reducción de un residuo de elevadas tasas de generación.



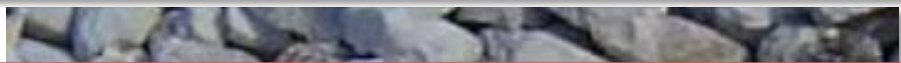
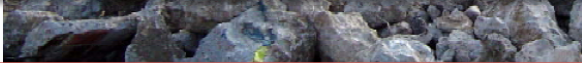
Ahorro de áridos naturales.



Disminución de suelo ocupado por vertederos.



Ahorro de tasas de vertido.



Disminución de la demanda de transporte.



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Normativa internacional

RILEM. International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures (1986).



Normativas japonesas (JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023) - 2005 (Referencia de 1977).



Normativas británicas. BSG 6543 (1995); BRE Digest 433 (1985).



Normativa alemana. DIN 4226-1 Betonzuschlag (2000).



Austria. Guidelines for Recycled Construction Materials from Building Construction (1992).



Francia. Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile-de-France (2003).



Estados Unidos. ACI Committee 555, Removal and Reuse of Hardened Concrete (2001).



Holanda. CUR report nr. 125 "Crushed Concrete Rubble and Masonry Rubble as Aggregate for Concrete" (1986).



Australia. Construction and Demolition Waste (2000).



Dinamarca. Use of recycled demolition rubble (1989) y Recommendations for the use of recycled aggregates for concrete in passive environmental class (1990).



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Normativa internacional

RILEM. International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures (1986).



Normativas japonesas (JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023) - 2005 (Referencia de 1977).



Normativas británicas. BSG 6543 (1995); BRE Digest 433 (1985).



Normativa alemana. DIN 4226-1 Betonzuschlag (2000).



Austria. Guidelines for Recycled Construction Materials from Building Construction (1992).



Francia. Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile-de-France (2003).



Estados Unidos. ACI Committee 555, Removal and Reuse of Hardened Concrete (2001).



Holanda. CUR report nr. 125 "Crushed Concrete Rubble and Masonry Rubble as Aggregate for Concrete" (1986).



Australia. Construction and Demolition Waste (2000).



Dinamarca. Use of recycled demolition rubble (1989) y Recommendations for the use of recycled aggregates for concrete in passive environmental class (1990).



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Normativa internacional

No existe normativa relacionada con la gestión y utilización de áridos reciclados antes de **2001**.

No existe normativa relacionada con la utilización de áridos reciclados en hormigón antes de **2008**.

Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD): 2001-2006
Consejo de Ministros junio de 2001.

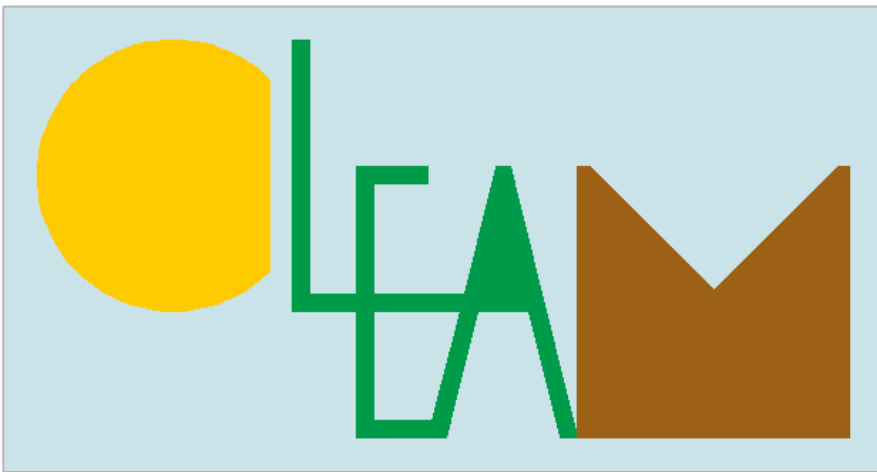
II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (II PNRCD): 2007-2012
Continuación del I PNRCD.

Grupo de Trabajo 2/5 de la Comisión Permanente del Hormigón



En noviembre de **2002**, redactó un informe “Hormigón Reciclado” en el que se hacía una revisión de la bibliografía y normativas de otros países, con el objetivo de proponer un marco legal en España que amparase estos nuevos materiales.

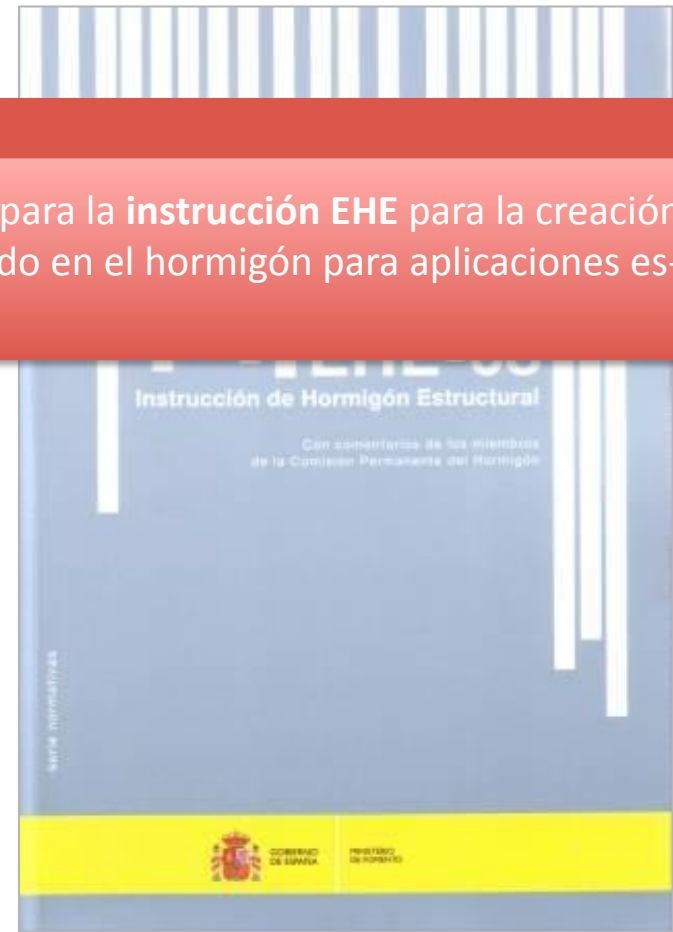
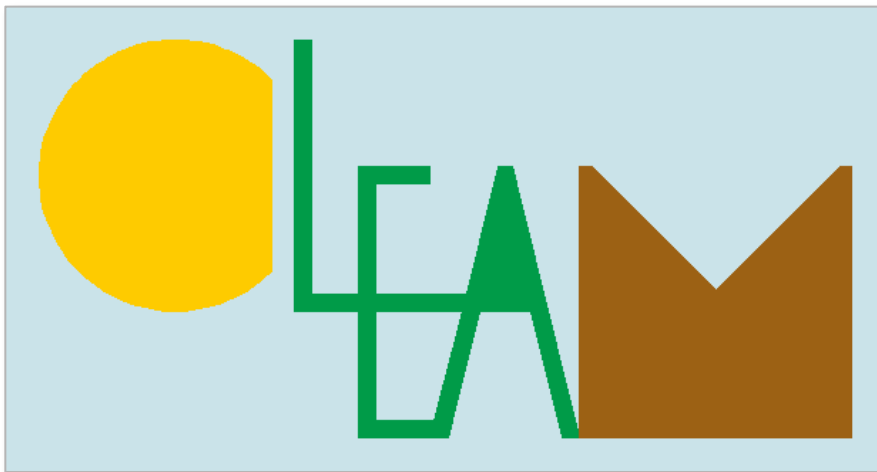
El reciclado de residuos de construcción y demolición. Normativa internacional



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Normativa internacional

RECNHOR (06-08) CLEAM (09-10)

El objetivo del proyecto consistió en elaborar un anejo para la **instrucción EHE** para la creación de una norma que regule la utilización del árido reciclado en el hormigón para aplicaciones estructurales.



El reciclado de residuos de construcción y demolición. Normativa internacional

RECNHOR (06-08) CLEAM (09-10)

El objetivo del proyecto consistió en elaborar un anejo para la **instrucción EHE** para la creación de una norma que regule la utilización del árido reciclado en el hormigón para aplicaciones estructurales.

SUPONE:

- Garantía de seguridad para el proyectista y el constructor de la estructura.
- Un beneficio para el sector de producción de áridos reciclados, que lleva mucho tiempo solicitando la regulación de sus diferentes usos.