

El Coprocesamiento: una oportunidad para mejorar la gestión de los residuos y la descarbonización del cemento en ALyC

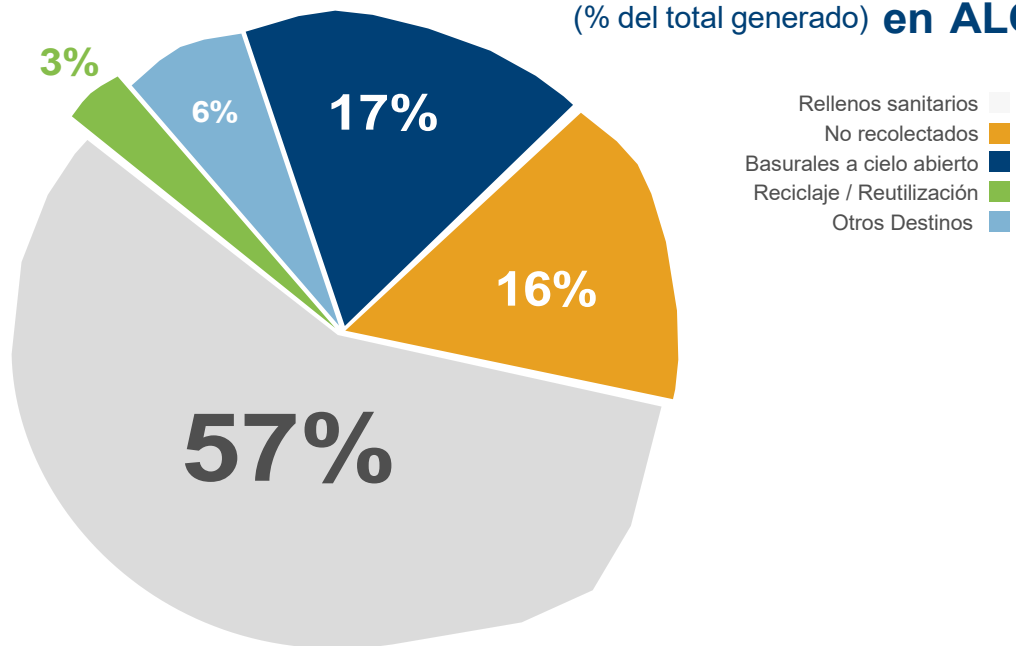
Abril 2026

Datos Clave

226 Mt

De Residuos Sólidos Urbanos generados anualmente en ALyC, con más del **30%** sin disposición controlada y sólo un **3 %** destinado a reciclaje

Destinos de RSU (% del total generado) en ALC



Fuente: Banco Mundial, What a waste 2.0 (2018), citado en FICEM, Potencial de valorización de Residuos en ALC (2020)

17%

Tasa de coprocesamiento promedio en la región al año 2020.

Meta regional: alcanzar el 50% para 2050

Fuente: @NR/GCCA/Setting the Numbers Right, 2020; Hoja de Ruta FICEM Carbono Neutralidad 2050

53%

Tasa promedio de coprocesamiento en la industria cementera europea. Algunas plantas ya alcanzan el 100% de sustitución de combustibles fósiles con combustibles derivados de residuos

Fuente: GCCA, Policy Document on Co-processing, 2024

50%

De la población de ALC habita a una distancia no mayor a 100 km de una planta cementera, mientras que el 65% de las personas se encuentra a una distancia de hasta 150 km, lo que hace viable la logística del coprocesamiento a escala regional

Fuente: Potencial de Valorización de Residuos en la Industria del Cemento en América Latina y el Caribe, FICEM, 2021.

Brechas Estructurales, Impactos Ambientales y Oportunidades para la gestión de residuos en ALyC

La gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe presenta brechas estructurales con implicaciones sanitarias, ambientales y climáticas. **Más del 30% de los residuos generados en la región carece de sistemas adecuados de disposición final.** Una parte importante de esa fracción termina en botaderos a cielo abierto —donde las quemaduras incontroladas generan monóxido de carbono, dioxinas y furanos, y la acumulación sin control contamina suelos y acuíferos— o se descompone sin gestión formal alguna, con impactos directos sobre la salud pública y los ecosistemas locales. En paralelo, una parte de los residuos orgánicos que llegan a rellenos sanitarios se descompone en condiciones de anoxia, generando metano (CH₄), un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global de hasta 86 veces superior al CO₂ en un horizonte de 20 años. El coprocesamiento —proceso en el que residuos seleccionados y preacondicionados son utilizados como fuente simultánea de energía térmica y materia prima alternativa para la producción de clínker en hornos de cemento— es una alternativa técnicamente disponible que puede contribuir a reducir estas brechas, para residuos no reciclables, como una opción eficiente y de mayor valor frente a otros destinos.

La brecha entre la tasa actual de coprocesamiento en plantas de cemento de la región (17%) y la meta regional de alcanzar un 50% para 2050 evidencia la necesidad de fortalecer condiciones normativas, capacidades técnicas y mecanismos de financiamiento que aún no están plenamente desarrollados en la mayoría de los países de la región.

Entre los factores que limitan estructuralmente el incremento de las tasas de coprocesamiento en ALyC destacan:

Bajo costo de disposición en rellenos sanitarios y vertederos.

En ALyC, el costo de disposición final de una tonelada de residuos oscila entre 5,6 y 31,5 USD/t, frente a cerca de 100 USD en Europa (ONU, Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y El Caribe, 2018). Este diferencial funciona como subsidio implícito a los rellenos y vertederos, que desincentiva el coprocesamiento y otras alternativas de valorización.

Demoras y dificultades en la obtención de permisos ambientales.

La ausencia de procedimientos claros, expeditos y técnicamente fundamentados para la evaluación y autorización del uso de residuos como combustibles alternativos en hornos de cemento genera incertidumbre jurídica, retrasa proyectos y desincentiva la inversión necesaria para escalar el coprocesamiento en la región.

Falta de reconocimiento del coprocesamiento en los marcos legales de gestión de residuos

En varios países de la región, el coprocesamiento aún no está definido ni reconocido explícitamente como modalidad de valorización de residuos en las legislaciones nacionales y subnacionales de residuos, lo que limita su acceso a incentivos y lo sitúa en una posición de desventaja frente a otras formas de disposición de menor jerarquía ambiental.

Ausencia de mecanismos que hagan efectiva la jerarquía de residuos.

Aunque el principio de jerarquía de residuos —que prioriza la valorización sobre la disposición— está reconocido en marcos internacionales y en algunas legislaciones de la región, su aplicación efectiva es limitada. Sin instrumentos que penalicen la disposición inadecuada o que incentiven formas superiores de gestión, el mercado no genera señales suficientes para el desarrollo del coprocesamiento.

No aplicación del principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) para neumáticos fuera de uso (NFU) y residuos no reciclables de envases post-consumo.

En economías desarrolladas, los marcos de REP han sido fundamentales para viabilizar financiera y logísticamente los circuitos de recolección, transporte y procesamiento de NFU y otros residuos hacia alternativas de reúso, reciclaje y otras formas de aprovechamiento, como el Coprocesamiento. En la mayoría de los países de ALyC, su implementación es parcial, inefectiva o está ausente, lo que impide que las externalidades, y por consiguiente los costos de una gestión ambientalmente adecuada y sostenible para estos residuos, sean asumidos por quienes los generan y quienes han introducido dichos materiales en el mercado. Los casos de Brasil y Uruguay ilustran la eficacia de este instrumento cuando se implementa con metas vinculantes. Brasil cuenta con un marco REP para NFU vigente desde 1999, con más de 2.000 puntos de recolección en todo el país, y un nivel de cumplimiento de la meta de recuperación cercano al 100 %, de las cuales cerca del 60% encuentra un destino seguro y sostenible a través de su aprovechamiento en la industria cementera a través del coprocesamiento. Uruguay, por su parte, en el año 2015 estableció el modelo REP para NFUs con alcance nacional, prohibiendo la comercialización de neumáticos nuevos a quienes no se adhieran a un plan de gestión; como resultado, más del 95% de los NFU recuperados a nivel nacional se destinan actualmente al coprocesamiento, en una demostración del potencial útil del instrumento y su vinculación con metas de circularidad y mejora ambiental y sanitaria para la gestión de los residuos.

Ausencia de mecanismos de transferencia de costos de gestión de RSU desde los municipios hacia la industria cementera

La gestión de residuos sólidos urbanos es competencia y costo de los municipios, quienes rara vez cuentan con mecanismos que faciliten o incentiven la transferencia de flujos de residuos hacia plantas cementeras para su coprocesamiento. En países donde estos mecanismos han sido habilitados —como algunos casos en Europa—, el coprocesamiento se ha desarrollado de forma sostenida.

El rol del cemento y el concreto

Los hornos de clinker operan a temperaturas de entre 1.450 °C y 1.500 °C, con tiempos de retención del gas de aproximadamente 8 segundos a temperaturas superiores a 1.200 °C, y atmósfera alcalina. Estas condiciones, inherentes a la operación del horno para la producción de clinker, lo convierten en un habilitador del sistema de gestión de residuos de diverso tipo, características y origen, sin generar residuos secundarios de ningún tipo. En virtud de estas características, este proceso -el Coprocesamiento- es reconocido como Mejor Técnica Disponible (MTD/BAT) por la Comisión Europea (Directiva IED 2010/75/EU; BREF CLM; UNEP, Directrices Técnicas del Convenio de Basilea, 2011).

El coprocesamiento es un elemento central de una estrategia de descarbonización industrial con dimensión de sinergia intersectorial. Al crear cadenas de gestión de residuos entre municipios, gestores, industrias generadoras y plantas cementeras, se generan nuevas cadenas productivas con empleo de calidad en logística, pretratamiento, control ambiental y operación especializada. Sus beneficios sociales van más allá de lo ambiental y sanitario: la eliminación de botaderos y la reducción de quemas a cielo abierto mejoran la calidad de vida de las comunidades aledañas; la REP genera recursos que financian sistemas formales de recolección y valorización; y el reconocimiento del coprocesamiento en los marcos climáticos nacionales puede generar mecanismos de compensación que distribuyan valor económico entre los actores de la cadena. Como lo señalan las Directrices Técnicas del Convenio de Basilea, el coprocesamiento es un concepto de desarrollo sostenible basado en los principios de la ecología industrial, cuyo objetivo central es convertir los residuos de una industria en la materia prima de otra.

El coprocesamiento opera en tres frentes de mitigación:

■ **Sustitución de combustibles fósiles.**

En ALC, cerca de 39 millones de toneladas de residuos se destinan anualmente a basurales o quemas a cielo abierto. Entre estos, los NFU acumulados sin gestión adecuada constituyen criaderos del mosquito *Aedes aegypti* —vector del dengue, Zika y chikunguña— y representan un riesgo de incendios de difícil control con generación de humos tóxicos. Los plásticos no reciclables, por su parte, cuando se disponen en botaderos o se queman sin control, contaminan suelos y acuíferos y emiten compuestos orgánicos persistentes. Los solventes y aceites usados, en tanto, son residuos que requieren una gestión especializada y cuya inadecuada disposición representa un riesgo significativo de contaminación de suelos y cuerpos de agua. El coprocesamiento ofrece una solución ambientalmente segura para todos estos residuos: al reaprovecharse como combustibles alternativos en los hornos cementeros, se reduce el consumo de combustibles fósiles empleados tradicionalmente, como el carbón y el coque de petróleo, y el contenido mineral de los residuos se incorpora al clinker de manera definitiva, sin generar residuos, escorias ni cenizas por gestionar posteriormente, disminuyendo las emisiones de GEI asociadas a la combustión de combustibles fósiles.

■ **Valorización de biomasa y circularidad de residuos.**

El coprocesamiento es compatible con una amplia diversidad de flujos de residuos de distintos sectores productivos, lo que lo convierte en un instrumento de Economía Circular transversal. Residuos de la industria agrícola, residuos forestales y madereros, lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, papel y cartón, y otros materiales de origen biogénico pueden utilizarse como combustibles en los hornos cementeros. En Brasil, este tipo de biomasa ya representa cerca del 9 % del aporte energético para la producción de clinker, siendo un tercio de todo el porcentaje de coprocesamiento del país. Para la región en su conjunto, residuos agrícolas tienen potencial de aportar hasta un 15% de la demanda energética de las plantas (FICEM, 2020). Las emisiones de CO₂ derivadas de la combustión de biomasa se contabilizan como de ciclo neutro de carbono, dado que el CO₂ liberado fue previamente capturado durante el crecimiento de la materia vegetal, contribuyendo a la reducción de emisiones netas del sector. En cada caso, el coprocesamiento cierra el ciclo de vida de materiales que de otro modo no tendrían una vía de valorización viable, transformando subproductos y pasivos de distintas industrias en recursos para la producción de cemento.

El coprocesamiento es, además, complementario al reciclaje: no compite con él. La evidencia internacional muestra que los países con mayor tasa de reciclaje alcanzan mayores tasas de coprocesamiento, dado que ambas actividades operan sobre flujos de residuos distintos dentro de la jerarquía de gestión. El coprocesamiento actúa sobre la fracción no reciclable y cuya única alternativa sería la incineración o el enterramiento, y a la vez produce un nuevo material, cemento.

■ **Reducción de metano en rellenos sanitarios.**

Al desviar el carbono biogénico presente en la fracción inerte de los residuos sólidos urbanos hacia los hornos cementeros, se evita su descomposición anaerobia en rellenos y la consecuente generación de metano. La viabilidad logística de este flujo de residuos depende, en gran medida, de la proximidad entre las plantas cementeras y los centros de generación. Un análisis geoespacial de las plantas integradas de ALyC muestra que, considerando un radio de influencia de 100 km alrededor de cada planta, la oferta energética disponible en RSU supera la demanda térmica de las cementeras en escenarios de bajo reciclaje (situación actual en la región). A una distancia de hasta 150 km, el potencial de coprocesamiento alcanzable solo a partir de RSU —sin incluir la fracción orgánica ni otros residuos industriales— puede llegar al 22%. En el escenario menos favorable —90% de tasa de reciclaje y sólo considerando los residuos generados por la población que reside a menos de 50 km de una planta cementera—, el potencial mínimo estimado para 2050 es de un 9%.

La fracción mineral de los residuos procesados se incorpora permanentemente en la estructura química del clinker, constituyendo una forma de reciclaje de materiales integrada al proceso productivo. A diferencia de la incineración convencional —con o sin recuperación de energía—, el coprocesamiento no genera cenizas, escorias ni ningún otro flujo residual secundario que requiera gestión posterior u otros destinos ulteriores: el 100% del residuo utilizado se recicla o recupera sin producir residuos adicionales. Esta característica es una de las condiciones que lo distinguen del Waste to Energy (WtE), el que produce cenizas que deben disponerse de algún modo, así como también requiere inversión adicional en infraestructura dedicada, y en muchos casos necesita combustibles fósiles de apoyo para mantener la combustión. Frente al enterramiento —en rellenos sanitarios, vertederos controlados o botaderos—, el coprocesamiento evita la ocupación permanente de suelo, la generación de metano por descomposición anaerobia, la lixiviación de contaminantes hacia suelos y acuíferos, y los riesgos de incendios. Estos beneficios han sido reconocidos por el Convenio de Basilea y por la Comisión Europea a través del BREF CLM.

La trayectoria internacional del coprocesamiento en la industria cementera abarca **más de cinco décadas**. Europa lideró su desarrollo a partir de los años 1990, con las primeras experiencias en la década de 1970, impulsado por tres elementos regulatorios y de política pública fundamentales:

- (1) la fijación de tasas progresivamente más altas para el enterramiento en rellenos sanitarios, que eliminó la ventaja de costo de la disposición en suelo;
- (2) la prohibición de disponer en vertederos ciertos tipos de residuos, en particular los NFU; y
- (3) la implementación generalizada de la REP para residuos post-consumo. Estos tres instrumentos crearon las condiciones de mercado que hicieron al coprocesamiento económicamente competitivo. Como resultado, países como Austria y Alemania alcanzaron tasas de coprocesamiento superiores al 80 %.

Recomendaciones de FICEM

Con base en el análisis técnico y en la experiencia de sus empresas miembros en 26 países de la región, FICEM formula las siguientes recomendaciones dirigidas a gobiernos, industria, academia y sociedad civil:

1 Asegurar el reconocimiento del coprocesamiento en los marcos legales de gestión de residuos como tecnología de recuperación energética y mineral simultánea para los residuos

Las legislaciones nacionales deben incorporar al coprocesamiento como modalidad de recuperación energética y material simultánea, ubicándolo en la jerarquía de residuos por encima de la incineración en cualquiera de sus formas, la disposición en rellenos sanitarios y vertederos, y otros destinos no controlados.

2 Establecer mecanismos REP que incluyan al coprocesamiento como destino válido.

Los marcos de REP deben asignar responsabilidades claras de gestión para neumáticos fuera de uso y envases post-consumo no reciclables, reconociendo al coprocesamiento como opción de cumplimiento. La REP es el instrumento que, al operar a escala nacional con metas progresivas y vinculantes para productores e importadores, genera los flujos estables de residuos y las condiciones de mercado que hacen viable la inversión en logística de recolección, pretratamiento y transporte hacia las plantas cementeras. La experiencia en Europa y en Latinoamérica demuestra que, sin REP, una gestión que comprenda un volumen amplio y mayoritario de recuperación y destino seguro para los NFUs es inviable.

3 Establecer mecanismos que compensen los costos de preparación y transporte

El bajo costo de disposición final en rellenos sanitarios y vertederos en ALyC elimina el incentivo económico para derivar residuos al coprocesamiento. Los gobiernos deben avanzar en instrumentos que corrijan esta distorsión:

- (1) aplicar tasas progresivas de disposición en rellenos que internalicen las externalidades negativas, tal como lo hizo Europa;
- (2) establecer mecanismos de pago por servicio ambiental que reconozcan el aporte del coprocesamiento a la gestión pública de residuos, compensando a las plantas cementeras por los costos de recepción, preparación y procesamiento; y
- (3) facilitar acuerdos público-privados entre municipios y plantas cementeras que establezcan una tarifa de gestión —gate fee— que viabilice la operación sin incrementar la carga fiscal municipal.

4 Incluir el coprocesamiento como medida de mitigación en las NDCs y hojas de ruta climáticas nacionales

Los países pueden incorporar el coprocesamiento como palanca cuantificable de reducción de emisiones en sus compromisos climáticos, reconociendo su doble aporte: reducción de emisiones industriales y reducción de metano en rellenos sanitarios.

5 Desarrollar y validar metodologías de cuantificación del metano evitado e incorporarlo en los sistemas de compensaciones de carbono

Las autoridades ambientales y los organismos de normalización deben avanzar en el desarrollo de metodologías reconocidas internacionalmente para medir las emisiones de metano evitadas por coprocesamiento de residuos con contenido orgánico, habilitando su registro bajo los mecanismos del Artículo 6 del Acuerdo de París. Las reducciones verificadas deben poder registrarse como créditos de carbono en los mercados nacionales y regionales, en el marco de los mecanismos de flexibilidad del Acuerdo de París.

6 Facilitar acuerdos de colaboración entre municipios, generadores y gestores de residuos, con la industria cementera

Los gobiernos pueden apoyar el desarrollo de esquemas público-privados que faciliten el flujo de residuos desde los puntos de generación hacia las plantas de coprocesamiento, en el marco de estrategias de Economía Circular.

7 Actualizar los marcos normativos nacionales, agilizar los procesos de permisología y apoyar el reconocimiento internacional del coprocesamiento como operación R15 en el Convenio de Basilea.

Los países de ALyC deben avanzar en tres dimensiones normativas complementarias. Primero, en el plano nacional: actualizar sus marcos legales de gestión de residuos para incorporar al coprocesamiento como modalidad reconocida de valorización energética y material, con procedimientos de permisología claros, expeditos y técnicamente fundamentados que brinden certeza jurídica a los operadores e incentiven la inversión. Los marcos de permisología deben incluir controles operacionales para los residuos y en planta de cemento. Segundo, en el plano regional: promover la armonización de los marcos regulatorios, eliminando la fragmentación que hoy genera esquemas disímiles entre jurisdicciones de un mismo país, dificultando el desarrollo de cadenas regionales optimizadas de gestión de residuos para coprocesamiento. Tercero, en el plano internacional: los gobiernos de ALC deben apoyar activamente la incorporación del coprocesamiento como operación R15 en futuras enmiendas del Anexo IV-B del Convenio de Basilea.

La creación de un código R específico para el coprocesamiento —definido como 'recuperación de energía y/o recursos con reducción simultánea del uso de combustibles convencionales o materias primas mediante sustitución'— permitirá diferenciarlo claramente de la incineración con recuperación de energía (R1) y reconocer su atributo distintivo de reciclaje mineral simultáneo, mejorando la claridad regulatoria para las autoridades competentes de todo el mundo.

FICEM pone a disposición su conocimiento técnico y su capacidad de convocatoria para colaborar con gobiernos, reguladores e industria en el desarrollo de marcos que faciliten la implementación del coprocesamiento a mayor escala en la región.

