FICEM
FEDERACIÓN INTERAMERICANA DEL CEMENTO

LEGISLACIÓN INTERNACIONAL APLICABLE A LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS Y EL COPROCESAMIENTO

ALEMANIA - REINO UNIDO - POLONIA

CARLOS COSTA POSADA
DIANA ZAPATA PÉREZ
ADRIANA LANZ HOYOS
JUAN DAVID MORA
ALEXANDER VALENCIA
LUISA FERNANDA CELIS

AVAL AMBIENTAL
Asesoría Ambiental Estratégica

Julio de 2017

Tabla de Contenido

1.	**Introducción**	04
2.	**Resumen Ejecutivo**	05
3.	**Contexto general sobre la gestión de residuos solidos, la valorización energética y el coprocesamiento en la unión europea**	08
3.1	Panorama general de la gestión de los residuos en la unión europea	08
3.2	Valorización energética de los residuos y coprocesamiento	11
3.2.1	Valorización energética de combustibles derivados de residuos CDR	12
3.2.2	Coprocesamiento de combustibles derivados de residuos CDR en hornos cementeros	15
4.	**Legislacion aplicable a la gestión de residuos solidos, la valorización energética y el coprocesamiento en la unión europea**	16
4.1	Principios y jerarquía de residuos contemplados en la legislación de la unión europea	16
4.2	Normatividad aplicable a la gestión de residuos sólidos	18
4.3	Normatividad aplicable a la valorización de residuos y el Coprocesamiento	20
4.4	La institucionalidad y los asuntos técnicos como soporte de la gestión de residuos	24
4.5	Alemania	26
4.5.1	Contexto histórico	26
4.5.2	Legislación aplicable a la gestión de residuos sólidos	28
4.5.3	Egislación aplicable a la valorización energética de los residuos y al coprocesamiento	29
4.5.4	El impacto legislativo en la gestión de residuos sólidos y la valorización energética	30
4.5.5	Casos de éxito:	34
4.6	Reino Unido	36
4.6.1	Contexto histórico:	36
4.6.2	Legislación aplicable a la gestión de residuos sólidos	37
4.6.3	Legislación aplicable a la valorización energética de los residuos y al coprocesamiento	39
4.6.4	Impacto legislativo en la gestión de residuos sólidos:	40
4.6.5	Casos de éxito	40
4.7	Polonia	42
4.7.1	contexto histórico:	42
4.7.2	legislación aplicable a la gestión de residuos sólidos	43
4.7.3	legislación aplicable a la valorización energética de los residuos y al coprocesamiento	44
4.7.4	impacto legislativo en la gestión de residuos sólidos:	44
4.7.5	casos de éxito:	45
5.	**Matriz legal – tabla comparativa**	47
6.	**Conclusiones:**	56
7.	**Bibliografía**	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Principales características de los CDR	13
Tabla 2. Comparación del poder calorífico para diferentes combustibles	14
Tabla 3. Tasas de disposición en rellenos sanitarios	19
Tabla 4. Disposiciones especiales para los hornos de cemento en que se coincineren residuos	21
Tabla 5. Valores límite de emisión de sustancias contaminantes	22
Tabla 6. Disposiciones especiales – combustibles fósiles	23
Tabla 7. Disposiciones especiales – biomasa	23
Tabla 8. Disposiciones especiales – combustibles líquidos	24
Tabla 9. Roles y responsabilidades en un esquema avanzado de gestión de residuos	24-25
Tabla 10. Consumo de combustible clasificado por fuente de energía	32

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Relación entre impuestos al vertido y residuos municipales enviados al vertedero	09-10
Ilustración 2. Esquema de la norma CEN 343	12
Ilustración 3. Tasas de sustitución de combustibles alternativos en países de la UE. 2012	15
Ilustración 4. Jerarquía de Gestión de Residuos	17
Ilustración 5. Tasa de sustitución de combustibles alternativos 2012	30
Ilustración 6. Demanda específica de energía en la industria cementera Alemana	32
Ilustración 7. Línea de tiempo Alemania	33
Ilustración 8. Variación del precio promedio de los combustibles usados en la industria en la UE	34
Ilustración 9. Tasa de sustitución de combustibles para el año 2012	45
Ilustración 10. Emisiones evitadas de CO_2 y uso de carbón evitado por el coprocesamiento	46

1. Introducción

A nivel de política, la Unión Europea tiene claro que la gestión eficiente de los recursos es un gran reto que está al mismo nivel incluso de la mitigación del cambio climático y la seguridad en el suministro de energía. Una gestión deficiente, por ejemplo, en el manejo de los residuos, no sólo trae consecuencias negativas para el medio ambiente sino también para la salud humana. En este sentido, es claro que un referente inequívoco es la Unión Europea, cuyas políticas se han orientado a reducir el volumen de residuos dispuestos en rellenos sanitarios y a incrementar simultáneamente la utilización de los mismos como fuente de recursos, incorporando, a través del desarrollo normativo, elementos de control y vigilancia, apoyo financiero, acompañamiento y transferencia de conocimiento, establecimiento y seguimiento de metas, valoración energética entre otros.

Así las cosas, dado el firme interés que existe por parte de la Industria Latinoamericana del Cemento en aportar al desarrollo sostenible de los países, buscando alternativas que permitan avanzar en una economía baja en carbono y resiliente a los efectos del cambio climático, la Federación Interamericana del Cemento -FICEM determinó la necesidad de identificar las políticas y marcos regulatorios que han permitido lograr sinergias entre la industria del cemento y la cadena de gestión de residuos para adelantar la actividad de coprocesamiento.

En este sentido, Aval Ambiental Empresarial SAS, en el marco del contrato realizado con FICEM, entrega el presente documento cuyo alcance es “Revisar la legislación internacional aplicable a la valorización energética de los residuos y al coprocesamiento en hornos de cemento, en países con legislaciones más avanzadas como Alemania, Polonia y Reino Unido”.

Los países seleccionados responden a la necesidad de entender el marco normativo de Europa, teniendo en cuenta que allí fue donde se gestaron las directrices y cambios normativos que hicieron posible el coprocesamiento desde la década de los 70’s y que propició un desarrollo normativo que hoy en día permite mayores tasas de sustitución de combustibles con residuos en los hornos cementeros.

El trabajo presentado se sustenta principalmente en la búsqueda de información publicada en los diferentes portales web de cada uno de los países y de la Unión Europea, en los documentos oficiales publicados por los gobiernos y en las observaciones y discusiones sostenidas durante las visitas a las plantas de producción de cemento ubicadas en el Este de Europa, más precisamente en las localidades de Ruedersdorf – Alemania y Chelm – Polonia y en los documentos recogidos en dichas visitas.

En este documento se incluye un estudio y cuadro comparativo de las normas ambientales internacionales en cuanto a la gestión de residuos, valorización y coprocesamiento aplicables en los países mencionados, así como los casos de éxito, los factores que hicieron posible el cambio normativo para cada país, los principales aspectos de la normativa actual así como el impacto de la normatividad en el mejoramiento de la gestión de residuos. Los elementos presentados constituyen la identificación y análisis de las mejores prácticas, así como la aplicación de las herramientas e instrumentos más efectivos de acuerdo con las particularidades de cada uno de los países seleccionados.

El documento inicia con la presentación del contexto general sobre la gestión de los residuos sólidos, la valorización energética y el coprocesamiento en la Unión Europea (en adelante EU), haciendo énfasis en el uso cada vez más frecuente de combustibles alternativos para la recuperación energética y en especial para el coprocesamiento, aplicando conceptos y procesos como el de la economía circular, recuperación energética y el modelo denominado “waste to energy”.

Respecto a la legislación de la Unión Europea, se resaltan aquellos principios que orientan la gestión sostenible de residuos de manera avanzada, los cuales direccionan las acciones y decisiones que son la base para la adopción de estrategias medibles y verificables en el tiempo. De la misma manera se presenta el conjunto de normas en relación con la gestión de residuos, la valorización energética y el coprocesamiento, las cuales orientan a los Estados Miembro en cuanto a su funcionamiento, incorporación y competencias en materia de gestión, con el propósito no sólo de trasladar este cuerpo normativo a su

sistema legislativo, sino también de fijar las estrategias, objetivos y las competencias para cumplir las metas establecidas por la EU y de manera particular en cada uno de los países seleccionados.

Posteriormente, se presenta un análisis del impacto que las normas en mención ha tenido en el mejoramiento de la gestión de residuos para cada país y se presentan algunas cifras de referencia que muestran los resultados obtenidos.

De igual manera se muestran los casos de éxito más relevantes de la legislación internacional aplicable a la recuperación energética de los residuos y al coprocesamiento en la Unión Europea y de manera específica para Alemania, Reino Unido y Polonia.

En el caso de Alemania se muestra la legislación asociada a la gestión de residuos sólidos más relevante en la materia, y el impacto que ésta ha generado en cuanto al fomento en la valorización de residuos a nivel nacional y la sustitución de combustibles fósiles en la industria cementera. En Reino Unido se presenta una síntesis de cómo ha sido la gestión de residuos sólidos, haciendo especial referencia a algunas medidas implementadas como son el impuesto sobre rellenos sanitarios, la responsabilidad extendida del productor y la aplicación del principio de Contaminador – Pagador, dando especial relevancia al cumplimiento de metas de reducción de emisiones de CO_2. En cuanto a Polonia, se resalta el rápido desarrollo no sólo en la gestión de residuos sino también en las condiciones de mercado, evidenciando tasas de sustitución que se ubican por encima del promedio de la Unión Europea, lo que demuestra que es posible avanzar aceleradamente en otros países que hoy no hayan impulsado el coprocesamiento como alternativa de valorización de residuos.

Entender el desarrollo normativo de estos tres países y los aspectos más relevantes que permitieron alcanzar, o por lo menos formular una gestión avanzada de residuos, brinda las herramientas para establecer los puntos “clave” de partida sobre los que se sustentará la propuesta de marco normativo genérico sobre gestión de residuos y coprocesamientopara América Latina y el Caribe, el cual permitirá a los países de la región abordar la problemática asociada a los residuos sólidos con potencial de valorización y la progresividad frente a los retos de gestión, considerando sus internalidades y brindando herramientas para que los reguladores identifiquen una vía de gestión apropiada, reconociendo, a partir del análisis de la gestión de residuos en Europa, que aún para América Latina y el Caribe se requiere un largo proceso para alcanzar el nivel de desarrollo deseable en la gestión integral de residuos.

2. Resumen **Ejecutivo**

Legislación Unión Europea - UE

La Directiva Marco 2008/98/CE del Parlamento Europeo sobre Residuos es la hoja de ruta en materia de residuos y en la que se establecen las “medidas destinadas a proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la prevención y reducción de los impactos adversos de la generación y gestión de los residuos, la reducción de los impactos globales del uso de los recursos y la mejora de la eficacia de dicho uso.” Esta directiva define conceptos clave como residuos, valorización y eliminación y se establecen los requisitos esenciales para su gestión. Así mismo, se fijan las condiciones para que los estados miembros tengan planes de gestión de residuos, el fomento de la aplicación de la jerarquía de residuos y de los principios de contaminador pagador, responsabilidad extendida del productor, principio de proximidad, principio de subsidiaridad y principio de precaución.

Otras directivas que enmarcan y complementan la gestión avanzada de residuos la constituyen la Direc-

tiva 94/62/CE relativa a los envases y sus residuos, la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos, la Directiva 2000/76/CE relativa a la incineración de residuos, la Directiva 2001/80/CE sobre limitación de emisiones a la atmósfera, la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de fuentes renovables y la Directiva 2010/75/CE sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación –IPPC–).

A nivel comunitario se creó la Organización Europea de Combustibles Recuperados cuyo objetivo es promover la producción y el uso de los Combustibles Derivados de Residuos (CSR/CDR por sus siglas en inglés), apoyando la estandarización de los mismos mediante la adopción de normas técnicas. Así mismo, existen las Mejores Técnicas Disponibles (Best Available Techniques - BAT), los cuales son documentos de referencia y que fueron adoptadas través de la Directiva 84/360/EEC y aplicadas a procesos de instalaciones industriales que generan emisiones al aire. Para el sector cemento, la BAT aplicable es la de fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio conforme a la Directiva 2010/75/UE. De manera más particular, existe por ejemplo en Alemania la norma RAL-GZ 724-2001 "Quality Assurance of Solid Recovered Fuels" (CSR) la cual establece los estándares de calidad para este país.

El caso de Alemania en la gestión de residuos

La gestión de residuos en Alemania es el resultado de un largo proceso en la formulación de herramientas técnicas, operativas y reglamentarias. La primera ley de residuos fue expedida en el año de 1972 (Abfallbeseitigungsgesetz — AbfG), ajustada y complementada posteriormente por otras normas relacionadas con el reciclaje. La gestión de residuos se centra en la protección del ambiente, la salud humana, así como la eficiencia en el uso de recursos. En la actualidad es la Ley de gestión de residuos "Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG," el centro de la gestión y la que establece la jerarquía para la prevención, la reutilización, el reciclado, la recuperación energética así como la eliminación.

La primera Ley Federal (1972) se orientó a la clausura de vertederos que carecían de control y al mismo tiempo a la construcción de nuevos sitios de disposición con mayores controles, centralizados y de mayor tamaño. Aspectos como las competencias y responsabilidades para la disposición y gestión específica de los residuos, se regularon a nivel estatal y sólo en aquellos casos en donde la Ley federal no cubría estos temas.

Uno de los avances más significativos en la formulación del marco normativo fue la distinción entre residuos y subproductos, que posteriormente permitió la valorización y recuperación energética de residuos como combustibles alternos, ofreciendo un potencial de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorando las condiciones de disposición final.

En la actualidad, los residuos sólidos urbanos son tratados en plantas mecánico – biológicas o plantas de separación, proceso determinante para la posterior recuperación de energía en las plantas de la industria del cemento o las plantas eléctricas. En este sector cementero, la tasa de sustitución por CDR alcanzó el 62% en el 2012 con un potencial de crecimiento al 80% para el 2020 (ECOFYS, 2016). Conviene tener presente que las incineradoras y las plantas de tratamiento de residuos fueron excluidas de los esquemas de mercado de emisiones (EU-ETS) lo que podría ser una desventaja para el sector en el futuro.

De igual manera, las acciones adelantadas por el Gobierno están orientadas a que en Alemania para el año 2020 no se realice más disposición de residuos en rellenos sanitarios y se contribuya de manera sustancial en el logro de los objetivos de reducción de gases efecto invernadero. Las cifras oficiales hablan de unas emisiones evitadas de más de 40 millones de toneladas de CO_2 equivalente desde el año de 1999, lo que significa una contribución más grande incluso que la aportada por el sector de la energía eólica, la solar o la biomasa (Schnurer H.).

El caso de Reino Unido

Se considera que en el Reino Unido los logros en materia de minimización, recuperación y reciclaje han sido direccionados gracias a la combinación de marcos regulatorios, políticas y medidas financieras tales como metas de reciclaje, impuestos a los rellenos y apoyo financiero focalizado.

El relleno sanitario ha sido históricamente la principal forma de tratamiento de residuos en el Reino Unido, debido principalmente a la disponibilidad de sitios creados por la extracción de minerales. Como resul-

tado, ha habido un rezago en la gestión avanzada de residuos en relación con el resto de Europa. A mediados de los noventas, cuando la UE comenzó a reconocer el impacto potencial de la gestión de residuos sobre el cambio climático, se formuló en el Reino Unido lo que se conoce como el impuesto sobre el vertido así como el régimen de comercio de derechos de disposición. Esto impulsó el desarrollo de una nueva forma de generación de energía a partir de plantas de residuos.

Se destaca en el modelo Británico el "escalador" de impuesto (landfill tax escalator) sobre el vertido de residuos así como la adopción de un esquema de comercio de derechos (landfill allowance trading scheme), lo cual ha impulsado el desarrollo de una nueva generación de energía así como un nuevo modelo de negocio. El "escalador" para rellenos sanitarios es un mecanismo mediante el cual se va incrementando el costo de disponer residuos en rellenos sanitarios buscando hacer más viables otro tipo de inversiones en tratamientos alternos.

Así mismo, las plantas de incineración deben cumplir con las más estrictas normas de emisiones, seguimiento, recepción y tratamiento de residuos fijadas en la Directiva sobre incineración de residuos (2000/76/CE), que ha sido reformulada en la Directiva sobre emisiones industriales (2010/75/UE).

Por otra parte, los compromisos adquiridos por el Reino Unido en materia de cambio climático le han dado un gran impulso al tema de gestión de residuos. Es así como la Ley de Cambio Climático estableció un objetivo legalmente vinculante de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por lo menos en un 80% para el 2050, comparado con los niveles del año base 1990.

Dentro de la normativa del Reino Unido para el tratamiento de residuos, así como de CDR se considera no sólo la incineración, sino también la gasificación, la pirolisis y la digestión anaeróbica. De igual manera, ha sido explícito que la energía recuperada es parcialmente renovable (partially renewable energy source) debido a que procede de una mezcla de residuos.

El caso de Polonia

El nuevo modelo adoptado en Polonia tiene como prioridad la recuperación energética a partir del aumento del procesamiento de residuos y de las tasas de reciclaje. Así mismo, se establecen metas concretas para aumentar las tasas de conversión térmica por encima del 25% para residuos municipales hasta el año 2020, se obliga a reducir los sitios de disposición final a menos del 10% para el año 2025 y se fomentan inversiones para los siguientes años en la construcción y modernización de plantas de compostaje, tratamiento mecánico biológico, separación y tratamiento térmico. En términos de tasas, los definidos por Polonia para la disposición de residuos son los más bajos en la EU oscilando alrededor de 26.6 EUR/t, en relación con el promedio de 50EUR/t de la EU.

El sector de la construcción se perfila como uno de los dinamizadores para llevar a cabo las estrategias de gestión de residuos, ya que la demanda de cemento exigirá que las empresas del sector aumenten las tasas de sustitución de combustibles convencionales por aquellos alternos que pueden provenir del tratamiento de los residuos.

Es así como en Polonia, la industria del cemento ha contribuido en gran medida a reducir las cantidades de residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios, con una tasa de sustitución de más del 60%, logrando ahorros de casi un millón de toneladas de carbón por año y emisiones evitadas por más de 2.5 millones de toneladas/año. De igual forma, esto exigirá que las empresas productoras de este tipo de combustibles aumenten la oferta, dinamicen este mercado y garanticen las especificaciones de calidad del producto.

En el año 2012, fueron coprocesados en Polonia 1,1 Millones de toneladas de residuos – principalmente CDR - representando una tasa de sustitución del 46%. Según las proyecciones, la industria del cemento alcanzará un nivel de sustitución mayor al 60% para el año 2016, con un aumento anual previsto de 1,6 Millones de toneladas. A este ritmo, la industria cementera va a estar absorbiendo aproximadamente un tercio de la capacidad total esperada de coprocesamiento de CDR en el país.

En términos generales, la industria del cemento en Polonia está lista para incrementar el uso de combustibles alternos aprovechando las circunstancias socioeconómicas, regulatorias y de mercado. Sin embargo, la demanda exige altos volúmenes de residuos para ser tratados y una buena calidad de los combustibles alternativos.

3. Contexto general sobre la gestión de **residuos solidos, la valorización energética y el coprocesamiento en la unión europea**

3.1 Panorama general de la gestión de los residuos en la Unión Europea

En cada país de la Unión Europea las fuentes de generación de residuos son muy diversas y están determinadas en gran medida por factores de mercado, aspectos económicos y socioculturales. Por ejemplo, los países situados al occidente de Europa registran el mayor porcentaje de residuos industriales y urbanos, mientras que en los países ubicados en Europa Central y Oriental la principal fuente de residuos son actividades extractivas. De acuerdo con la Ellen MacArthur Foundation, se estima que la cantidad total de residuos generados cada año en Europa asciende a 2.000 millones de toneladas y de estos, más de 40 millones de toneladas son residuos peligrosos.

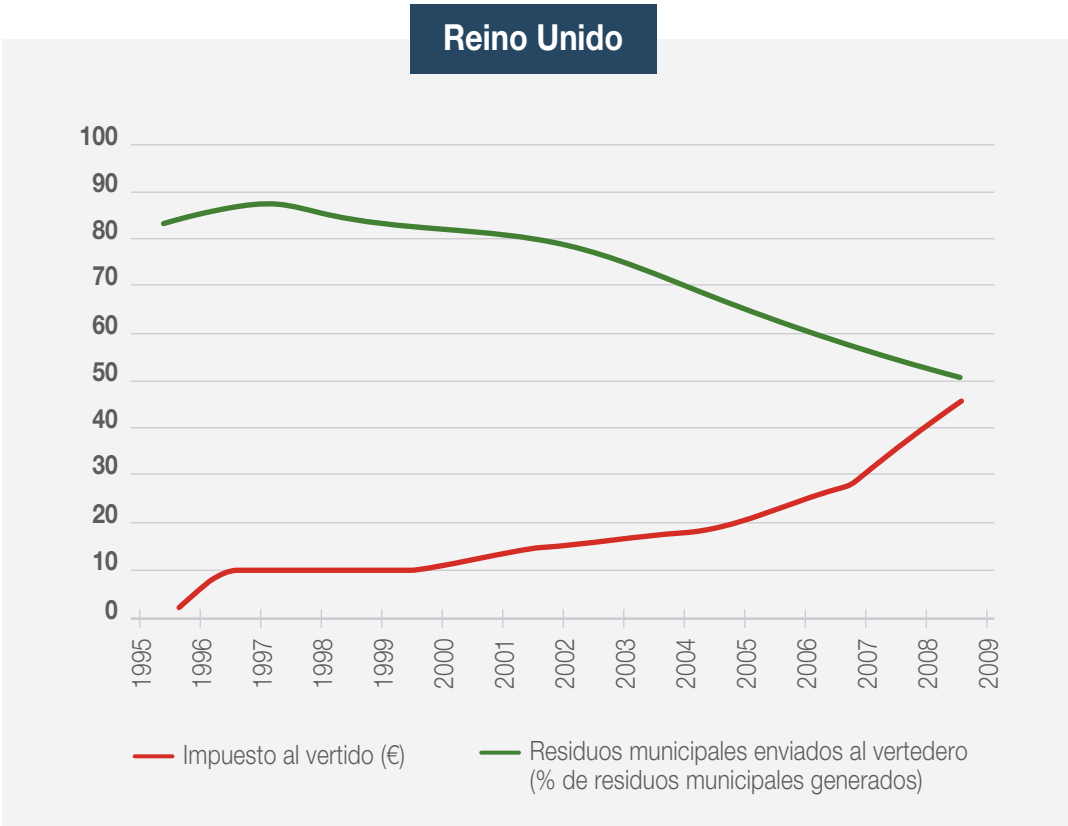
Si además se tiene en cuenta el mejoramiento en las condiciones de vida de los ciudadanos de la Unión Europea y un mayor poder adquisitivo, lo que redunda en mayor consumo, se ha calculado que las tasas de aumento en la generación de residuos pueden estar cercanas al 10% anual, en particular de aquellos denominados residuos urbanos. Además de este tipo de residuos, otras fuentes de residuos no menos importantes son los generados en actividades de construcción, agricultura y extracción de minerales.

De acuerdo con el informe Waste Prevention in Europe — the status in 2013 elaborado por la Agencia Ambiental Europea, en términos financieros los vertederos o rellenos sanitarios siguen siendo la opción más viable para la disposición final de los residuos en algunos de los países de la Unión Europea, en particular de Europa del este, dado que sus costos financieros siguen siendo menores en comparación con otras opciones de disposición final. Sin embargo, se vienen aplicando diferentes esquemas de tipo legal, técnico y económico, buscando restringirla, desviar los flujos y en otros casos prohibirlos.

Así, por ejemplo, un informe elaborado para la Comisión Europea en el año 2012 analiza la relación entre el desempeño en el sistema de manejo de residuos de los países miembros de la Unión Europea y el uso de instrumentos económicos. En este sentido, se toman en consideración algunos instrumentos económicos como los cargos por disposición y tratamiento de residuos (impuestos y tasas de vertido; impuestos y tasas de incineración), la responsabilidad extendida del productor y los esquemas de pago-por-disposición. (Bio Inteligence Service, 2012).

Dicho estudio establece una distinción entre el impuesto al vertido (asociado al cargo que impone la autoridad pública por la disposición de los residuos) y el “gate fee” (asociado al cargo establecido por el operador del vertedero por prestar el servicio), aclarando que la suma de estos dos representa el cargo total por disposición de residuos en los vertederos.

Así las cosas, el informe revela que típicamente el cargo total por disposición de una tonelada de residuos sólidos domiciliarios municipales en la Unión Europea varía entre €17.50 y €155.50 (Bio Inteligence Service, 2012, pág. 42) y “sugieren que existe una relación entre mayores impuestos al vertido (y mayores cargos totales por disposición) y menores porcentajes de residuos municipales enviados al vertedero” (Bio Inteligence Service, 2012, pág. 4)., como se puede observar en la siguiente *Ilustración* para algunos de los países evaluados.



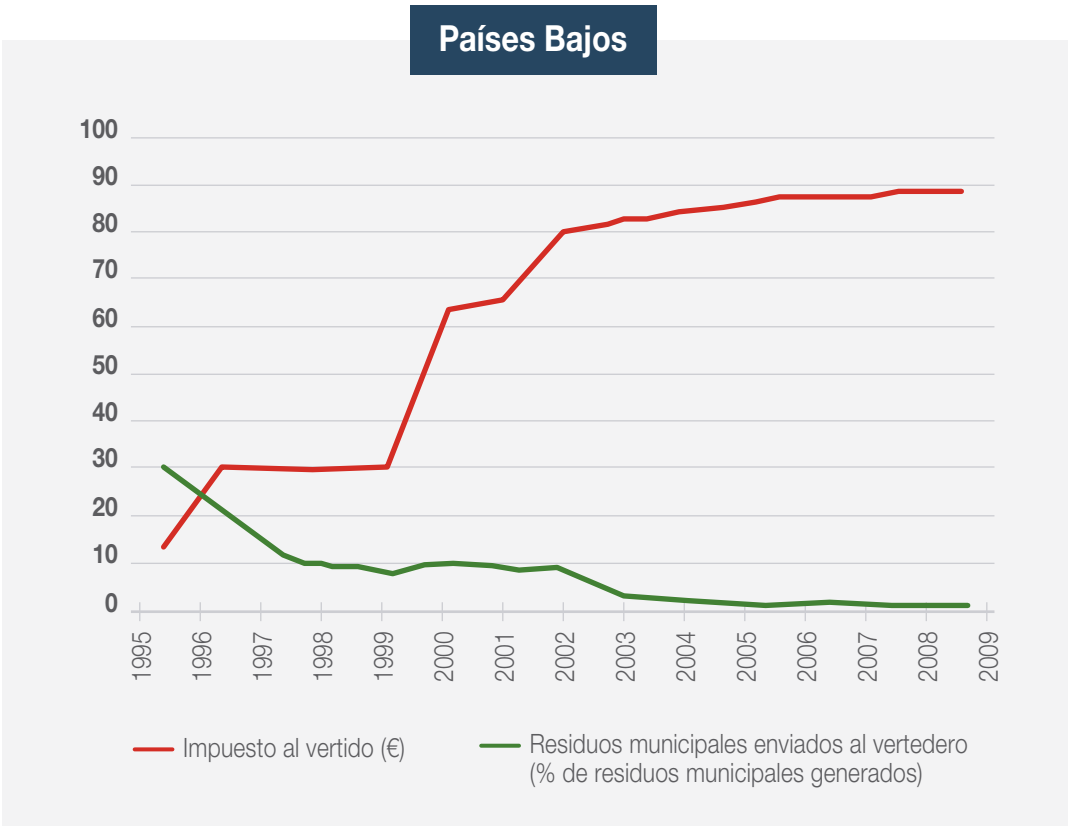
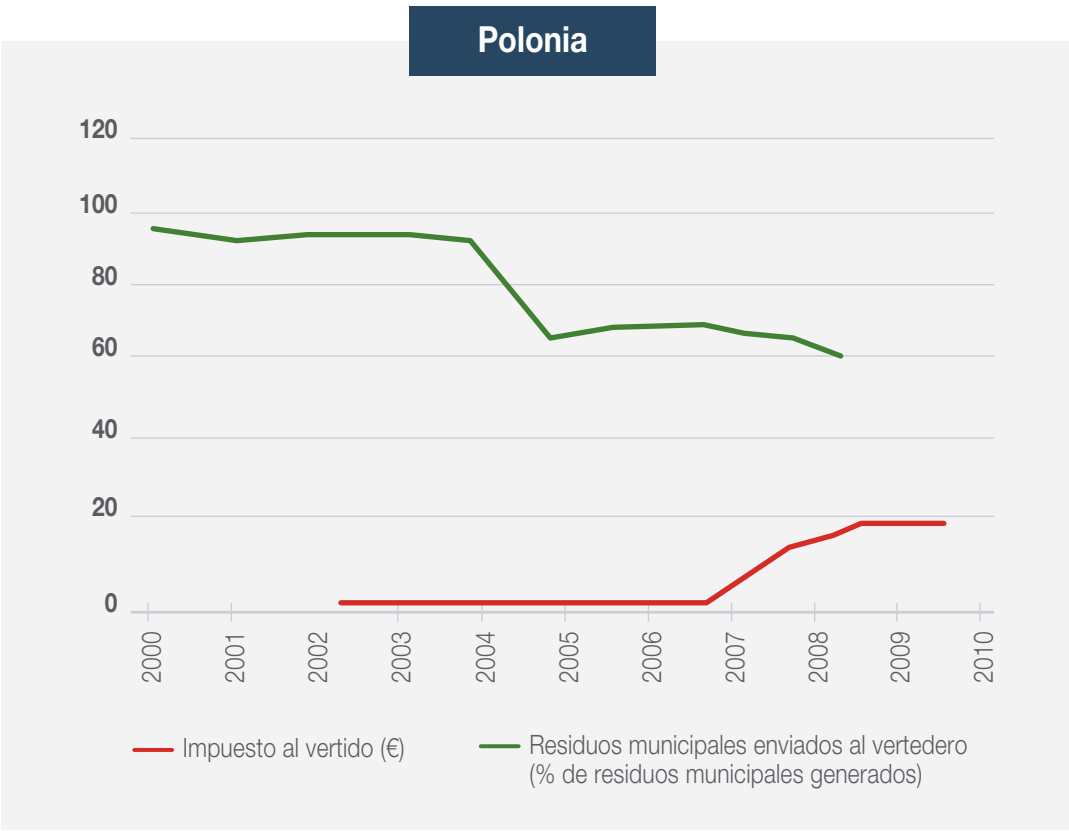


Ilustración 1. Relación entre impuestos al vertido y residuos municipales enviados al vertedero.
Fuente: Bio Inteligence Service, 2012.



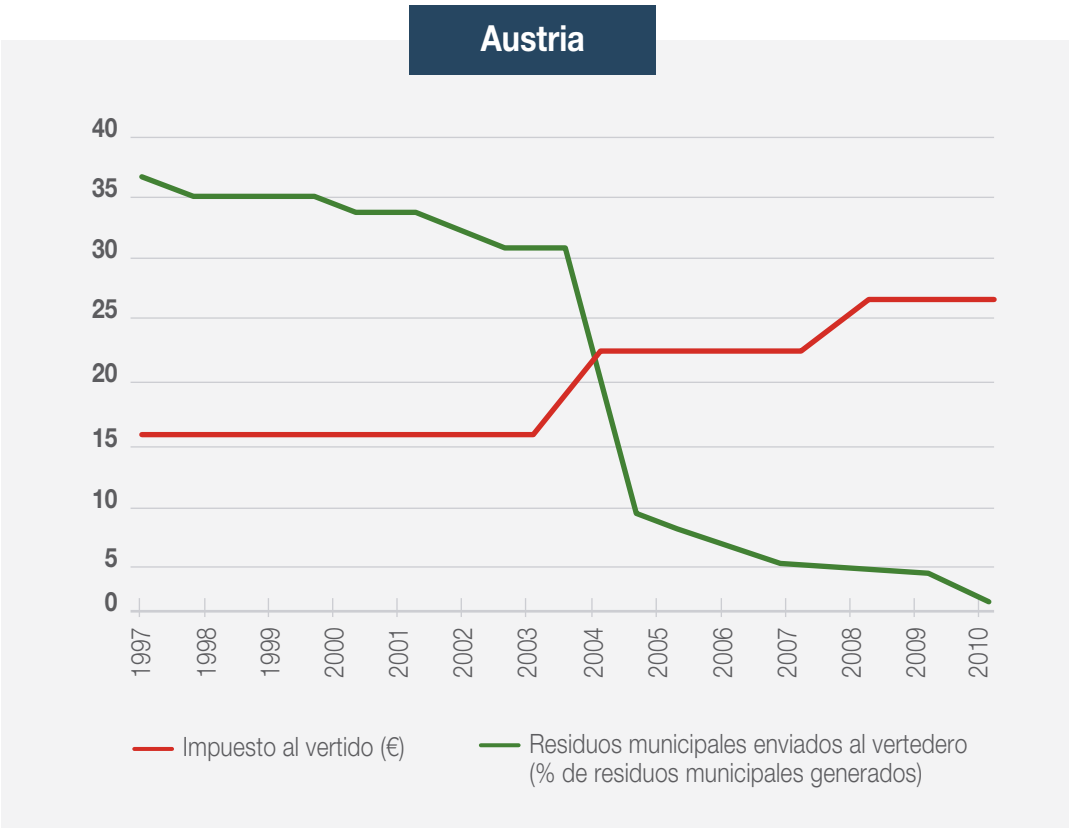


Ilustración 1. Relación entre impuestos al vertido y residuos municipales enviados al vertedero.
Fuente: Bio Inteligence Service, 2012.

En este sentido, un mayor conocimiento del flujo de los residuos, de las circunstancias que originan su producción, así como una mayor conciencia ciudadana, han hecho que se adopten medidas tendientes a tratar el asunto de manera integral no sólo de los residuos sino también de la gestión de todo tipo de materias primas, aplicando conceptos y procesos como el de la economía circular , waste to energy y el de valorización energética de residuos descrito más adelante.

A nivel de política, la Unión Europea tiene claro que la gestión eficiente de los recursos es un gran reto que está al mismo nivel incluso de la mitigación del cambio climático y la seguridad en el suministro de energía. Una gestión deficiente, por ejemplo, en el manejo de residuos, no sólo trae consecuencias negativas para el medio ambiente sino también para la salud humana. Incluso puede afirmarse que se constituye en una pérdida de recursos valiosos.

En el caso Alemán, con la adopción de la estrategia de Economía Circular, la cual inició su discusión desde la década del 70, se logró una efectiva gestión de residuos, recuperando alrededor del 79% de los residuos municipales y reciclando alrededor del 65%, propiciando al mismo tiempo el surgimiento de un sector económico que emplea a más de 200.000 personas y mueve más de 40 mil millones de euros al año (Uweltbundesamt, 2015). Sin embargo, es clave entender que una iniciativa de este tipo depende de las condiciones iniciales, las características regionales y aspectos económicos que pueden ser diferentes entre los países.

3.2 Valorización energética de los residuos y Coprocesamiento.

La valorización energética de los residuos surge como una alternativa viable para el tratamiento de determinado tipo de residuos, lo que permite incluso que sean usados como combustibles alternativos en la industria del cemento. El concepto de ***valorización***[1] se conoce como el potencial que tiene un residuo para que su poder calorífico sea recuperado en un proceso de alta eficiencia energética. En términos estrictos, el concepto de valorización energética se aplica sólo a aquellos residuos en donde no se haya logrado evitar su generación y que no sean ni reutilizables ni reciclables. En este caso, lo que se aprovecha no son los materiales que componen los residuos sino la energía contenida en ellos. De igual manera el concepto de el ***coprocesamiento***[2] es el uso de materiales de desecho adecuados en los procesos de fabricación con el propósito de recuperar energía y recursos y reducir en consecuencia el uso de combustibles y materias primas convencionales mediante su sustitución. En este sentido, el coprocesamiento definido en el Convenio de Basilea es igual a la coincineración definida por la Unión Europea.

De acuerdo con el estudio realizado por Ecofys para Cembureu (2016), el uso de combustibles alternativos no sólo ha contribuido al cumplimiento de las metas climáticas establecidas para la Unión Europea, sino que también ha reducido la dependencia de los combustibles fósiles.

Bibliografía

[1] De acuerdo con la fundación Ellen McArthur , el concepto de economía circular soporta un modelo de gestión avanzada de los residuos en donde como primera medida se valoran, luego se realiza una separación de acuerdo a las características de los materiales y se efectúa una recolección segura, y por último se determina la pertinencia de disponerlos en un relleno o de incorporarlos de nuevo en una cadena de valor. Este concepto se basa en unos principios básicos:

- El diseño orientado a disminuir las pérdidas de materias primas: Se constituye en un elemento determinante en la reducción y eliminación de residuos y permite la aplicación de los conceptos de desensamblado y reutilización.
- La diferenciación entre elementos consumibles y duraderos: Esto permite aplicar los conceptos de actualización y reutilización.
- Reemplazo del concepto de consumidor por el de usuario. Esto requiere un nuevo tipo de contrato entre las empresas y sus clientes, basado en el rendimiento del producto, que conlleva a un esquema de arriendo, alquiler o de compartir siempre que sea posible.

[2] Tomado de ¨Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento¨ presentado en la décima reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

A nivel de Unión Europea, la industria del cemento se ha trazado metas ambiciosas de sustitución, previendo que en el mediano plazo se podría lograr una sustitución de al menos el 60 % hacia combustibles alternos.

El mismo informe indica que con las tasas logradas en el año 2012, se evitó la emisión de unas 16.5 Mt de CO_2, sustituyendo alrededor de 177PJ de energía primaria lo cual representa ahorros equivalentes al uso de 6,7 Mt de carbón. Para el mismo año, la industria cementera consumió 9.8 millones de combustibles alternativos lo cual equivale a una tasa de sustitución promedio del 36%. Sin embargo, se estima que técnicamente, la industria cementera en Europa podría alcanzar una tasa de sustitución del 60% realizando inversiones y adaptaciones en sus procesos.

Si se utilizaran los datos del año 2012 como línea base, sustituyendo un 60% de combustibles primarios, se podrían evitar anualmente la emisión de hasta 10.2 millones de toneladas de CO_2.

3.2.1. Valorización energética de Combustibles Derivados de Residuos CDR

Los Combustibles Derivados de Residuos (CDR), también conocidos como Refuse Derived Fuels (RDF por sus siglas en inglés), proceden de la mezcla de diferentes tipos de residuos y son un combustible utilizado para su aprovechamiento energético que posee un buen poder calorífico y bajo contenido de cloro.

Una definición más precisa indica que los CDR pueden ser combustibles sólidos, líquidos, pastosos o gaseosos obtenidos a partir de residuos peligrosos, no peligrosos o inertes, para su aprovechamiento energético en plantas de incineración o ***coincineración***[3] y que normalmente cumplen unas especificaciones establecidas entre el productor del combustible y el usuario.

Por otra parte, los Solid Recovered Fuels (SRF) o Combustibles Sólidos Recuperados (CSR) son combustibles sólidos obtenidos a partir de residuos no peligrosos que tienen la característica de poder ser aprovechados energéticamente, pueden ser certificados por las instalaciones productoras y cumplen con la clasificación y especificaciones establecidas en la norma EN 15359 del Comité Europeo de Normalización (CEN), el cual es el organismo encargado de desarrollar los estándares para este tipo de combustibles. (CEN/TC 343).
Ver Ilustración 2.

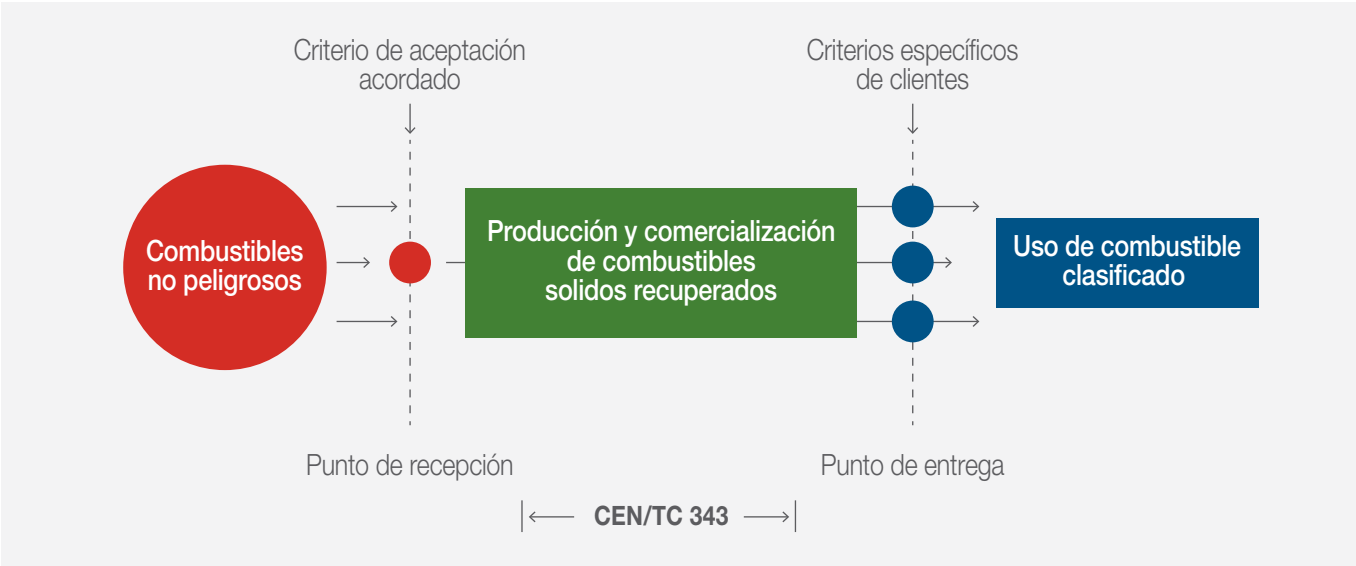


Ilustración 2. Esquema de la norma CEN 343.

Bibliografía

[3] De acuerdo con la Directiva de incineración de residuos (Directiva 2000/76/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre), se considera instalación de incineración la dedicada al "tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación de calor producido por la combustión, incluida la incineración por oxidación de residuos, así como la pirólisis, la gasificación u otros procesos de tratamiento térmico"; e instalación de coincineración "toda instalación fija o móvil cuya finalidad principal sea la generación de energía o la fabricación de productos materiales y que utilice residuos como combustible habitual o complementario, o en la que los residuos reciban tratamiento térmico para su eliminación" (art. 3).

Este tipo de combustibles son sometidos de manera previa a tratamientos mecánico-biológicos que les confieren unas propiedades estables, en la mayoría de los casos independientes de los residuos de los que proceden, siendo la principal de ellas el alto poder calorífico. Dentro de la lista europea de residuos, los CDR reciben el código 191210 o el 191212 así como la denominación residuos combustibles.

Además de las características descritas anteriormente, deben considerarse también otras especificidades como son el nivel de impropios, así como la granulometría y densidad, propiedades determinantes al momento de escoger entre diferentes tipos de combustible. Esta característica en particular depende de la composición del residuo original y de la efectividad del proceso de preparación.

Tabla 1. Principales características de los CDR

Especificación del CDR	Descripción
Poder calorífico	Este se expresa generalmente en Megajulios por kilogramo (MJ/kg) o kilocalorías por kilogramo (Kcal/kg). Por lo general los valores se encuentran por encima de los 17 MJ/kg, equivalente a 4000 kcal/kg (Quality Assurance of Solid Recovered Fuels (SRF), 2001).
Contenido de cloro	Normalmente proviene del PVC y es determinante en la formación de dioxinas y causante de problemas de corrosión en las instalaciones de coprocesamiento.
Contenido de azufre	Al ser incinerado el producto puede causar emisiones de SOx y también problemas de corrosión.
Contenido de cenizas	Tiene implicaciones negativas en el poder calorífico del producto y requiere de tratamiento posterior en el vertido. En la industria cementera pueden ser incorporadas al Clinker.
Humedad	Mientras más contenido de humedad disminuye el poder calorífico. Idealmente debe ser menor al 17% en peso.
Contenido de metales pesados	Influye de manera directa en las emisiones luego de que estos materiales son sometidos a combustión.
Contenido de biomasa	Contribuye en el poder energético y puede ser calculado mediante norma UNE.

Cualquiera de los combustibles derivados de residuos tienen características variables asociadas a los residuos de partida y al tratamiento al que sean sometidos. Esto hace que tengan unas características heterogéneas a diferencia de otros residuos usados como combustibles. El resumen de las principales características se presenta en la *siguiente tabla*.

Así las cosas, con el fin de tener un referente que permita comparar los CDR frente a otro tipo de combustibles, se presenta la siguiente tabla en donde se especifican valores aproximados del poder calorífico de otros combustibles utilizados en diferentes procesos productivos.

Tabla 2. Comparación del poder calorífico para diferentes combustibles

Tipo de combustible	Poder calorífico	
Combustible	Poder calorífico inferior (PCI) MJ/kg	Poder calorífico inferior (PCI) Kcal/kg
Carbón kg	25	6.000
Coque de petróleo	32	7.700
Fuel oil	42	10.000
TDF Combustible derivado de neumático	32	7.600
SRF de residuo industrial	20	4.800
SRF de Residuos sólidos urbanos	19	4.500
CDR de Residuos sólidos urbanos	12	2.900

Los sectores y procesos que han mostrado interés en el uso de este producto son las plantas cementeras, las centrales térmicas, las incineradoras con recuperación de energía, las calderas de las plantas industriales en el sector de papel y pasta, las acerías y procesos de gasificación, pirolisis y plasma (Sánchez, 2013). En países como Alemania el consumo en centrales de producción de energía sobrepasa el consumo de las industrias cementeras, en Reino Unido se utiliza para la generación de electricidad y en Finlandia y otros países nórdicos se consumen para la producción de calor en el sector industrial y residencial.

La Ilustración 3 muestra las tasas de sustitución hacia combustibles alternativos en algunos países de la Unión Europea para el año 2012. A comienzos del 2000, la producción aproximada de CDR en Europa fue de unos 3 millones de toneladas, para el 2008 ya alcanzaba los 12 millones de toneladas y se cree que actualmente está por encima de los 14 millones de toneladas. Previsiones estiman que a largo plazo la producción puede estar entre 24 y 41 millones de toneladas (Sánchez, 2013).

En Europa el precio de los CDR es inestable y se ve muy influenciado por el desarrollo tecnológico, el costo de producción, la competencia entre usuarios, el desarrollo de plantas de incineración, la clasificación de las incineradoras como plantas de valorización o de eliminación, así como el cumplimiento de los requisitos de calidad (Gascoyne, 2010).

En cuanto a la comercialización del CDR es importante destacar que depende de las condiciones normativas y de mercado de cada país, siendo el factor más relevante las características de calidad del producto, las cuales son convenidas entre el proveedor y el usuario final. La forma de distribución más común en el sector cementero es en forma de copos o pelusas (conocidos también con “fluff”) existiendo otras presentaciones como pellets o briquetas.

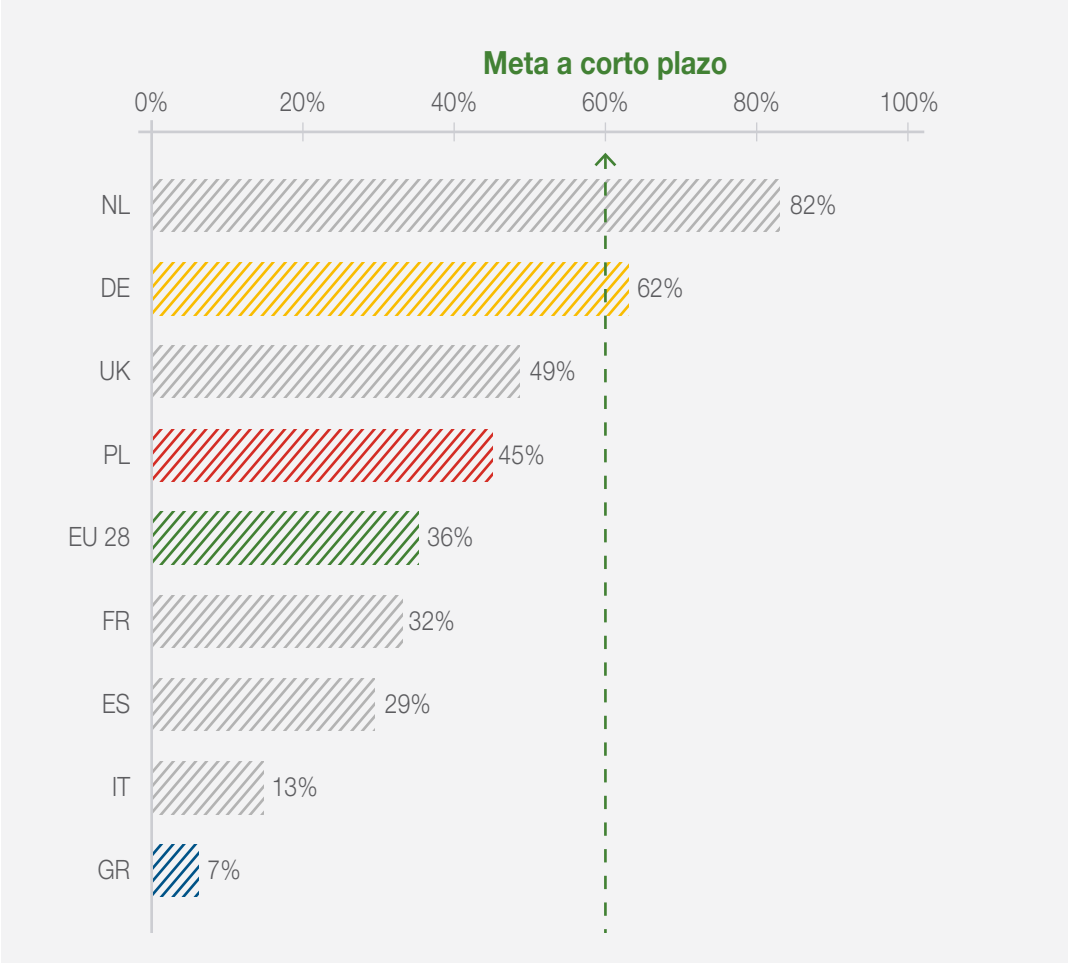


Ilustración 3. Tasas de sustitución de combustibles alternativos en países de la UE. 2012.
Fuente: Ecofys. Mayo de 2016.

Algunas de las críticas que ha recibido el uso de estos productos están relacionadas con el modelo de gestión y con las implicaciones que pueden presentarse luego de la incineración. A continuación las más destacadas:

a. Existe la percepción de que la valorización energética de los combustibles derivados de residuos CDR se opone al reciclado y en particular al principio de minimización de residuos.

b. Normalmente están alejadas las plantas de pretratamiento y los posibles puntos de consumo térmico, lo que puede traducirse en costos y dificultades en la logística.

c. Las instalaciones finales deben realizar inversiones y

d. modificaciones en sus procesos con el fin de poder garantizar el aprovechamiento energético al tiempo que deben garantizar el suministro.
Las instalaciones que coincineran combustibles derivados de residuos CDR deben someterse a límites más restrictivos de emisiones cuando sustituyen los combustibles tradicionales, lo que implica mayores inversiones y más controles.

3.2.2. Coprocesamiento de Combustibles Derivados de Residuos CDR en hornos cementeros.

Un estudio elaborado para ***ERFO***[4] resalta que cuando se usan los CDR en hornos cementeros, las cenizas del

Bibliografía

[4] Standardization as a help to facilitate SRF acceptance and use Experience of the European Cement Industry. Jan Theulen. June 2013.

CDR y los metales pesados quedan incorporadas en el producto, evitando su emisión al ambiente, por lo que presentan una serie de ventajas técnicas inherentes al proceso de fabricación de clinker que lo hacen tener mayor potencial de aprovechamiento sobre otros sistemas, entre ellas se encuentran las altas temperaturas alcanzadas durante el proceso productivo y el tiempo de retención suficientes para asegurar la total destrucción de las moléculas orgánicas complejas. A su vez, presenta una atmósfera oxidante, la cual aunada a la naturaleza alcalina del horno, reduce la emisión de gases ácidos; por su parte, los residuos secundarios producidos (que se caracterizan por no generar cenizas como resultante de su combustión) quedan asociados a la masa del clinker.

Otras ventajas de utilizar los CDR en hornos cementeros son:

a. Favorece una gestión avanzada de residuos sólidos al permitir una alternativa de disposición, al tiempo que pone en práctica el principio de recuperación energética, promovido dentro del esquema de economía circular.

b. Hace uso de una infraestructura existente, como son las plantas de cemento, reduciendo el monto de las inversiones necesarias en esta materia.

c. Pueden lograrse ahorros significativos en el costo de los combustibles ya que se sustituyen fuentes de energía no renovable por combustibles alternativos.

d. Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero no solo por el contenido de biomasa (considerado "neutro" para efecto de la medición de emisiones) sino también por la sustitución de combustibles fósiles.

e. Reduce la disposición de residuos en rellenos sanitarios, lo cual puede ampliar la vida útil de las instalaciones y al mismo tempo evitar el aumento de las emisiones de metano proveniente de materia orgánica y 20 veces más impactante que el CO_2.

f. Pone a disposición un recurso que puede ser en teoría "inagotable" con un buen potencial energético, reduciendo el grado de dependencia de otros combustibles y en particular de aquellos que deben ser importados.

En el caso específico de la industria cementera, según las condiciones de cada planta, se hace necesaria la realización de inversiones en equipos tales como sistemas de control y análisis, equipos de almacenamiento y protección y equipos de alimentación, sumado a aquellas relacionadas con costos operativos y equipos de depuración que permitan cumplir con los límites de emisión, lo que puede determinar en cierta medida la adquisición del CDR

4. Legislacion aplicable a la gestión de **residuos solidos, la valorización energética y el coprocesamiento en la Unión Europea**

4.1 Principios y jerarquía de residuos contemplados en la legislación de la Unión Europea

La Unión Europea ha adopatado un conjunto de principios que orientan la gestión sostenible de residuos de manera avanzada detallados en la Directiva 2010/75/UE. Estos principios son:

Principio de Contaminador Pagador (Polluter pays principle)

De acuerdo con el principio de quien contamina paga, los costos relativos a la gestión de los residuos tendrán que correr a cargo del generador de residuos. Este principio crea uno de los incentivos necesarios para modificar la

conducta de los consumidores y/o generadores de residuos hacia comportamientos más amigables con el ambiente. Su aplicación es llevada a cabo principalmente por medio de la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales.

Principio de Subsidiariedad (Subsidiary principle)

Este principio procura que las actividades que deban ser desarrolladas en el marco de la gestión de los residuos, sean adelantadas por el nivel o la autoridad más ajustada o cercana para este fin, que incluye al sector privado, al sector público, en el nivel local o nacional. Aspectos como la eficiencia, los costos y los beneficios que logran las instituciones responsables están directamente asociados con este principio.

Principio de Proximidad (Proximity principle)

Con el fin de minimizar los impactos ambientales y los riesgos durante el proceso de transporte, tratamiento y disposición final, los residuos deben ser dispuestos tan cerca como sea posible de su lugar de origen. Sin embargo, mientras la infraestructura y capacidad de gestión de los residuos sea lo suficientemente ajustada a las normas y ambientalmente viable, pueden incluso llevarse a cabo operaciones de transporte de un país a otro.

Principio de Precaución (Precautionary principle)

Este principio establece que el Estado tiene el deber de intervenir para evitar daños potenciales que puedan surgir de la disposición de residuos. Por ejemplo, el mismo Estado puede hacer uso de sistemas de financiamiento alternativos o estructuras de gestión de residuos que por sí mismas conduzcan al cumplimiento de las metas en la gestión avanzada de los residuos.

Jerarquía de Residuos

De igual manera, se ha establecido una jerarquía de residuos, como se explica detalladamente más adelante (ver Ilustración 4), en la que se prefiere la prevención de la generación de residuos por encima del aprovechamiento o la disposición final de los mismos. Todos los países analizados usan la misma jerarquía de residuos, sin embargo, su implementación depende del grado de avance en los pilares más bajos de la jerarquía. Es decir, a pesar de que se privilegia la prevención sobre la disposición, únicamente cuando se ha controlado la disposición ambientalmente adecuada se trabaja de manera decidida en la recuperación, reciclaje, reuso, minimización o prevención.

Si bien, la jerarquía de residuos no es propiamente un principio de la gestión de residuos, sí permite la priorización de actividades enfocadas al uso sostenible de los recursos naturales.

Ilustración 4. Jerarquía de Gestión de Residuos
Fuente: Guía para el co procesamiento de residuos en la producción de cemento. Cooperación publico privada GTZ-Holcim 2006.

4.2 Normatividad aplicable a la gestión de residuos sólidos

El desarrollo legislativo europeo en asuntos ambientales se remonta al Consejo Europeo celebrado en París en 1972, consecuente a los acuerdos definidos en la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente. A partir de esto, inició la integración de los conceptos ambientales a la política general europea, más específicamente en los artículos 11 y 191 a 193 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea - TFUE.

Las Directivas Marco son las normas del nivel comunitario que dan las orientaciones en cuanto a funcionamiento, corporación y competencias en materia de gestión y es responsabilidad de cada uno de los Estados Miembros no sólo trasladar este cuerpo normativo a su sistema legislativo, sino también fijar las estrategias, objetivos y las competencias para que las metas que han sido establecidas sean cumplidas.

a. Directiva Marco 2008/98/CE: Esta Directiva del Parlamento Europeo sobre Residuos es la hoja de ruta en la materia y en la que se establecen las "medidas destinadas a proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la prevención y reducción de los impactos adversos de la generación y gestión de los residuos, la reducción de los impactos globales del uso de los recursos y la mejora de la eficacia de dicho uso."

Por otra parte, se fijan las condiciones para que los Estados miembros tengan planes de gestión de residuos, y otros principios fundamentales, como la obligación de que su manipulación no causen un impacto negativo en el medio ambiente y la salud, el fomento de la aplicación de la jerarquía de residuos y, de conformidad con el principio «quien contamina paga», el requisito de que los costos de la eliminación recaiga sobre el poseedor de los residuos o el anterior poseedor, o el productor del producto del que proceden los residuos.

De manera directa, esta Directiva obliga a los Estados Miembros a participar activamente en las operaciones de recuperación y recolección selectiva en la fuente de los residuos. En este sentido, la Directiva impone, entre otras, los siguientes objetivos y términos para los estados miembros:

- Realizar una recolección selectiva de residuos tales como metal, papel, plástico y vidrio hasta antes del 2015.
- Garantizar el reuso y reciclaje de las siguientes fracciones de residuos sólidos municipales: papel, metal, plástico y vidrio a un nivel como mínimo del 50% en peso hasta el año 2020.
- Asegurar el reuso y el reciclaje, así como otros mecanismos de utilización de materiales, incluyendo las operaciones de relleno mediante el uso de residuos – no peligrosos - de construcción y demolición a un nivel como mínimo del 70% de peso hasta el año 2020.

b. Directiva 1999/31/CE de vertederos - Landfill Directive: la cual fijó las reglas y los procedimientos que debían aplicarse con el fin de prevenir los efectos negativos que se pudieran generar en el proceso de disposición de residuos, en particular los relacionados con la emisión de gases nocivos, la contaminación de los recursos hídricos y el suelo.

Esta Directiva diferencia los tipos de residuos en tres categorías, los peligrosos, los no-peligrosos y los inertes[5], y especifica los requerimientos especiales en relación con el manejo de biodegradables, así como las metas de reducción de rellenos sanitarios:

- 50% de reducción de rellenos sanitarios hasta julio de 2013[6].
- 35% de reducción de rellenos sanitarios hasta julio de 2020 en relación con el peso de referencia generado en 1995.

Bibliografía

[5] La Directiva 2008/98/CE en su anexo III define las características que permiten clasificar los residuos como peligrosos.

[6] Numeral 3 Artículo 11 Directiva 2008/98/CE. La Comisión establecerá normas detalladas sobre la aplicación y los métodos de cálculo para verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos, teniendo en cuenta el Reglamento (CE) No. 2150/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2002, relativo a las estadísticas sobre residuos. Estas normas podrán incluir períodos de transición para los Estados miembros que, en 2008, reciclen menos del 5 % de cada una de las categorías de residuos a que se refiere el apartado 2.

La misma Directiva establece una jerarquía en materia de gestión de residuos (art. 4) que determina un orden de prioridad en el tratamiento. También define los criterios de fin de condición de residuo (art. 6), objetivos cuantitativos de reutilización y reciclado de los residuos (art. 11) y provisiones relativas al traslado de residuos entre países de la Unión Europea.

A manera de referencia, en la siguiente tabla se muestran las tasas de disposición en rellenos sanitarios en algunos países de Europa.

Tabla 3. Tasas de disposición en rellenos sanitarios

País	Impuesto promedio a disposición en relleno sanitario[7]
Austria	87 € /ton
Bulgaria	18 € /ton
República Checa	20 € /ton
Dinamarca	63 € /ton
Estonia	30 € /ton
Finlandia	99 € /ton
Francia	20 € /ton – 150 € /ton
España	25 € /ton – 40 € /ton
Alemania	Prohibición de disponer residuos no tratados
Grecia	40 € /ton
Luxemburgo	Menos de 30 € /ton
Polonia	26.6 € /ton
Portugal	5 € /ton
Rumania	0 € /ton
UK	3 € /ton – 97 € /ton

Fuente: cewep 2015.

c. Directiva 94/62/CE sobre empaques (Packaging Directive - 1994): establece los lineamientos en relación con la recuperación de materiales de empaque y obliga a los estados miembros a prevenir la generación de residuos provenientes de estos materiales.

d. Directiva 2009/28/CE de 23 de abril, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al fomento del uso de fuentes renovables, incluye la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales dentro de la definición de biomasa, la cual hace parte de las fuentes renovables de energía (art. 2). Este aspecto es relevante en lo que respecta al cumplimiento de los objetivos de contribución de las fuentes renovables de energía y al cobro de bonificaciones a la generación eléctrica en régimen especial.

Bibliografía

[7] Las variaciones en Francia, España y Reino Unido obedecen a reglamentaciones específicas en cada uno, según la clasificación de los residuos a disponer.

e. Reglamento 1357/2014/UE de 18 de diciembre, de la comisión, sustituye el anexo III de la Directiva 2008/98/CE, definiendo las características de los residuos que permiten calificarlos de peligrosos.

f. Decisión 2014/955/UE de 18 de diciembre, de la comisión, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Esta suprime los artículos 2 y 3 y sustituye el anexo correspondiente a la lista de residuos a que se refiere el artículo 7 de la directiva 2008/98/CE.

4.3 Normatividad aplicable a la valorización de residuos y el Coprocesamiento

a. Directiva Marco 2008/98/CE: Esta Directiva del Parlamento Europeo sobre Residuos define conceptos clave como valorización y eliminación y se establecen los requisitos esenciales para su gestión, en particular la obligación de que las entidades o empresas que lleven a cabo operaciones tengan una autorización o estén registradas. Es así como se define la «valorización» como cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general. De manera complementaria, se define el «tratamiento» como las operaciones de valorización o eliminación, incluida la preparación anterior a la valorización o eliminación. De manera muy precisa, esta directiva establece las condiciones para que se consideren los subproductos y el fin de la condición de residuo, conceptos claves que permiten hacer una adecuada gestión de residuos y promover flujos contrarios a los vertederos.

b. Directiva 1999/31/CE de vertederos - Landfill Directive: Esta Directiva fue la gran impulsora del esquema de gestión de llantas usadas, estableciendo la prohibición de ser llevadas a los vertederos a partir del año 2003 . Gracias a esto, de acuerdo con el informe “Managing End-of-Life Tires” elaborado por el World Business Council for Sustainable Development’s (WBCSD), en Europa se recicla aproximadamente el 84% de las llantas usadas. De esta manera, la recuperación de energía puede darse a partir de lo que se denomina combustible derivado de neumáticos usados, el cual es utilizado ampliamente en Europa tanto en hornos cementeros como en centrales térmicas, el sector papel, las fábricas de acero y en calderas industriales[9].

c. Directiva 2000/76/CE: relativa a la incineración de residuos es la norma básica de regulación de esta actividad. En ella se fijan aspectos como las condiciones y requisitos para el funcionamiento de las plantas, los valores límites de emisión de contaminantes a la atmosfera, entre otros aspectos. La Directiva contempla en su ámbito de aplicación la valorización de residuos en cementeras y otras instalaciones, que clasifica en instalaciones de incineración y en instalaciones de coincineración. Así, las instalaciones de coincineración de residuos quedan definidas en la Directiva (art. 3) como "toda instalación fija o móvil cuya finalidad principal sea la generación de energía o la fabricación de productos materiales, que utilice residuos como combustible habitual o complementario, o en la que los residuos reciban tratamiento térmico para su eliminación[10]". Se determina así mismo que si la coincineración tiene lugar de tal manera que el principal propósito de la instalación no sea la generación de energía o producción de productos materiales sino más bien el tratamiento térmico de residuos, la instalación se considerará como instalación de incineración.

Bibliografía

[8] De acuerdo con el Informe “Gestión de los residuos Sólidos Urbanos” elaborado por la Agencia Europea del Medio Ambiente, la producción de llantas en Europa representó aproximadamente el 24% del total de producción mundial, mostrando un incremento del 6,6% con respecto al año 2010.

[9] Se ha determinado que las emisiones generadas en el coprocesamiento, bajo un ambiente controlado, no son superiores a las de otros combustibles y bajo ciertas condiciones se reducen las emisiones de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y dióxido de carbono. En términos de costos, se estima que pueden ser significativamente inferiores en comparación con los combustibles fósiles, sobre todo cuando se tienen en cuenta los costos de extracción y transporte de combustibles convencionales. El mismo informe concluye que los hornos de cemento pueden utilizar neumáticos triturados o enteros, garantizando previamente la separación de la fracción de acero, la cual se constituye en otro valioso subproducto.

[10]

Tabla 4. Disposiciones especiales para los hornos de cemento en que se coincineren residuos

Disposiciones especiales para los hornos de cemento en que se coincineren residuos	(mg/m³)
Partículas totales	30
HCl	10
HF	1
NOx instalaciones existentes	800
NOx instalaciones nuevas	500
Cd+Tl	0,05
Hg	0,05
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5
Dioxinas y furanos (ng/m³)	0,1
SO_2	50
COT	10
La autoridad competente podrá fijar los valores límite de emisión para el CO	

Nota: bajo condiciones de temperatura 273 K, presión 101,3 kPa, 10% de oxígeno y gas seco.

d. Directiva 2001/80/CE de 23 de octubre de 2001: del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, establece límites de emisión para dichas instalaciones, entre las cuales se encuentran las centrales térmicas. Esta Directiva sólo aplica a las instalaciones que utilicen combustibles no derivados de los residuos y en el caso que se utilicen residuos de manera parcial o total, aplica la Directiva 2000/76/CE.

e. Directiva 2010/75/CE, de 24 de noviembre, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación –IPPC–) establece los valores límites de emisión aplicables a las instalaciones de incineración y coincineración de residuos, entre ellas los hornos de cemento donde se coincineren residuos; así, para las instalaciones de coincineración, el Anexo VI de la Directiva establece valores límite de emisión total específicos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Valores límite de emisión de sustancias contaminantes en instalaciones de coincineración

Valores límite de emisión promedios diarios sustancias contaminantes	(mg/m3)
Partículas totales	10
Sustancias orgánicas en estado gaseoso y de vapor expresadas en carbono orgánico total (COT)	10
HCl	10
HF	1
SO_2	50
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2), expresado como NO_2, para instalaciones de incineración de residuos existentes con capacidad nominal superior a 6 toneladas por hora o para instalaciones nuevas de incineración de residuos	200
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2), expresado como NO_2, para instalaciones de incineración de residuos existentes con capacidad nominal no superior a 6 toneladas por hora	400
Dioxinas y Furanos (ng/m^3)	0,1
Cd+Tl	0,05
Metales Pesados	0,5
Mercurio	0,05

Nota: Bajo condiciones de temperatura de 273,15 K, una presión de 101,3 kPa y previa corrección del contenido en vapor de agua de los gases residuales.

Disposiciones especiales para instalaciones de combustión que coincineren residuos

Los valores promedio semi-horarios sólo serán necesarios para calcular los valores promedio diarios. La concentración del proceso para los combustibles sólidos, biomasa y combustibles líquidos se presenta a continuación (expresado en mg/Nm^3; contenido de O_2 6%):

Tabla 6. Disposiciones especiales – combustibles sólidos

Contaminantes	< 50 MWth	50 a 100 MWth	100 a 300 MWth	> 300 MWth
SO_2 caso general combustibles autóctonos	-	850 o tasa de desulfuración ≥ 90 %	850 a 200 (disminución lineal de 100 a 300 MWth) o tasa de desulfuración ≥ 92 %	200 o tasa de desulfuración ≥ 95 %
NOx	-	400	300	200
Partículas	50	50	30	30

Tabla 7. Disposiciones especiales – biomasa[11]

Contaminantes	< 50 MWth	50 - 100 MWth	100 - 300 MWth	> 300 MWth
SO_2	-	200	200	200
NOx	-	350	300	300
Partículas	50	50	30	30

Hasta el 1 de enero de 2008, la autoridad competente podrá autorizar exenciones respecto del NOx para las instalaciones de coincineración existentes de entre 100 y 300 MWth que utilicen la tecnología de combustión en lecho fluido y que quemen biomasa, siempre y cuando la autorización establezca un valor de concentración del proceso no superior a 350 mg/Nm^3.

Bibliografía

[11] «Biomasa»:productos compuestos total o parcialmente por una materia vegetal de origen agrícola o forestal, que puedan ser utilizados para valorizar su contenido energético.

Tabla 8. Disposiciones especiales – combustibles líquidos

Contaminantes	< 50 MWth	50 a 100 MWth	100 a 300 MWth	> 300 MWth
SO_2	-	850	850 a 200 (disminución lineal de 100 a 300 MWth)	200
NOx	-	400	300	200
Partículas	50	50	30	30

4.4 La institucionalidad y los asuntos técnicos como soporte de la gestión de residuos

Si bien es la Unión Europea a través de sus distintas instituciones la que define los principios y directrices generales para la gestión de residuos y su consecuente aprovechamiento energético, corresponde a cada uno de los países miembros definir las estrategias y mecanismos que permitan la implementación de estos esquemas, considerando las observaciones y actuaciones de cada uno de los stakeholders en el proceso. La tabla a continuación muestra de manera general algunos de los roles y responsabilidades en el proceso de adopción y gestión de un esquema avanzado de residuos.

Tabla 9. Roles y responsabilidades en un esquema avanzado de gestión de residuos

Comisión Europea	Definir los aspectos relacionados con las directivas de la UE en gestión de residuos y comercio de emisiones y apoyo a los gobiernos nacionales mediante la provisión de instrumentos como las BAT / BREF.
Gobiernos Nacionales	Implementar las directivas en gestión de residuos, tratamiento, control de la polución, asegurar el cumplimiento de las directivas de la UE, proveer feed-in tariffes, y conjuntamente con las municipalidades establecer precios a los residuos (clausura de rellenos, taxes or gate – fees).
Gobiernos Locales	Definir los aspectos relacionados con las autorizaciones de combustibles alternativos. Con frecuencia son los directamente responsables de la implementación de las directivas nacionales.
Industria del cemento	Adecuar los procesos y tecnologías en la medida en que se observe que la sustitución de combustibles fósiles trae beneficios económicos.

Tabla 9. Roles y responsabilidades en un esquema avanzado de gestión de residuos

Sector de la gestión de residuos	Garantizar la disponibilidad y consistencia/condiciones de un confiable pretratamiento, el cual es crucial para el coprocesamiento.
Instalaciones de incineración y energía	Aprovechar los flujos de residuos disponibles para el coprocesamiento.
Público y ciudadanía	Disponer de espacios y escenarios de discusión que permitan dar a conocer los procesos e implicaciones derivados de las operaciones de recuperación energética. Establecer las diferencias entre los diferentes procesos ya que con frecuencia las actividades de coprocesamiento e incineración son tomadas como similares erróneamente, creando una desinformación en el público.

Un escenario de orientación y asesoramiento lo constituye la "Plataforma Europea para la Eficiencia de Recursos", creada por la Comisión Europea y que permite el mejoramiento de la eficiencia en el uso de los recursos naturales. Esta iniciativa se ajusta a la Estrategia 2020 para un crecimiento sostenible, inteligente e integrador.

En su manifiesto, los miembros acordaron que "La Unión Europea no tiene más opción que promover la transición hacia una economía eficiente en el uso de los recursos y finalmente, regenerativa y circular" así como explorar la posibilidad de introducir "el pasaporte de productos", no sólo documentando los componentes y contenidos del producto, sino también ofreciendo mayor transparencia sobre el producto a la hora de repararse, remanufacturarse o reciclarse. El manifiesto reconoce que el reciclaje de alta calidad tiene un "potencial significativo para la creación de trabajos y crecimiento" y se alinearía con los objetivos de la Unión Europea de no verter residuos en el 2020.

De manera simultánea se han abierto espacios para la discusión de estos temas como lo es la Organización Europea de Combustibles Recuperados (European Recovered Fuel Organisation - ERFO), cuyo objetivo es promover la producción y el uso de los CDR en la Unión Europea, apoyando la estandarización de los CDR y respaldando los proyectos de investigación mediante la participación en todos los debates políticos y técnicos europeos.

Por su parte, el Comité Europeo de Normalización (European standardisation organisation) creó el Comité Técnico CEN/TC 343 el cual tiene como objetivo el diseño de normas de homologación, elaboración de estándares, especificaciones e informes técnicos sobre CDR a nivel europeo que permitían la clara identificación de estos combustibles como alternativos a los fósiles, respetando en todo momento la legislación ambiental en todas las fases de la cadena.

El objetivo de estas normas es actuar como instrumento de normalización para promocionar la producción, el comercio y el uso de los CDR, dinamizar su mercado, promoviendo y facilitando su aceptación en la opinión pública, facilitar un mayor entendimiento entre vendedores y compradores y ayudar a las autoridades competentes en lo que respecta a autorizaciones y legislación, así como regular y adaptar los aspectos ambientales necesarios a este combustible. De manera más particular, por ejemplo en Alemania existe desde el 2001 la norma RAL-GZ 724 "Quality Assurance of Solid Recovered Fuels" (SRF) en donde se establecen los estándares de calidad.

De manera complementaria, existen las Mejores Técnicas Disponibles (Best Available Techniques - BAT), las

cuales fueron adoptadas en 1984 a través de la Directiva 84/360/EEC y aplicadas a procesos de instalaciones industriales que generan emisiones al aire. Las BAT son el conjunto de prácticas y procesos que permiten lograr la prevención de impactos en el medio ambiente así como la reducción de emisiones, otras condiciones para la autorización. Se consideran la fase más avanzada del desarrollo de las actividades y procesos así como en sus modalidades de explotación.

El concepto de Técnicas incluye tanto la tecnología utilizada como la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida, operada y desmantelada. El concepto de Disponible se refiere a que estén desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el sector industrial correspondiente, en condiciones económica y técnicamente viables, tomando en consideración los costos y beneficios, tanto si las técnicas se utilizan o producen en el Estado miembro de que se trate, siempre que sean razonablemente accesibles para el operador, y por Mejores se entiende más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto.

Para el caso particular del sector cemento, se publicó un Boletín Oficial de la EU (Decisión de 26 de marzo de 2013) en el cual se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) para la fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio. En esta Decisión se considera como una BAT para la fabricación del cemento el uso de combustibles derivados de los residuos con un valor calorífico elevado.

4.5 Alemania

4.5.1 Contexto histórico

La discusión en torno al tema de la gestión de los residuos sólidos se inició en Alemania a principios de la década del 70 en donde se conjugaron dos aspectos relevantes relacionados con el manejo de los mismos. Por un lado el aumento en la generación derivado del aumento en los estándares de vida de los ciudadanos y por otra parte una disposición incontrolada de los mismos. Estas circunstancias condujeron a un acelerado deterioro de las condiciones medioambientales, en particular de los cuerpos de agua superficial y las aguas subterráneas (residuos y lixiviados), y la contaminación del aire debido a la emisión de gases.

Como respuesta a esta situación fue expedida la primera Ley de Disposición de Residuos Sólidos (Germany Disposal Act - 1972) la cual se orientó a la clausura de vertederos que carecían de control y al mismo tiempo a la construcción de nuevos sitios de disposición con mayores controles, centralizados y de mayor tamaño. En esta misma ley se hizo exigible la obtención de una licencia con el fin de evitar y controlar los daños al ambiente y a la salud, se hizo obligatorio un control de "la cuna a la tumba" de los residuos más peligrosos, así como el requerimiento de hacer un tratamiento previo a cierto tipo de residuos antes que fueran dispuestos.

El aumento continuado en la generación de residuos, la dificultad para encontrar y licenciar nuevos sitios de disposición conjugados con una mayor conciencia medioambiental de los ciudadanos, generó una ola de oposición frente a la instalación de nueva infraestructura para la disposición final de residuos cerca de centros poblados, así como incineradores, plantas que realizan coprocesamiento y plantas de compostaje.

Más adelante, en 1986 se realizó una adecuación normativa y en esta se instauraron los principios para una adecuada gestión de los residuos. Es así como surge la jerarquía de gestión en donde la mayor prioridad se le dio a la prevención (evitar la generación de residuos) y como última opción se estableció la disposición en rellenos. En el intermedio de estas dos acciones se sitúan la "preparación para la recolección/recuperación", el "reciclaje" y otros mecanismos de "recuperación" (en términos de energía y volumen).

Posterirmente, en el año de 1991 se promulgó el "Decreto de Empaquetado" (German Packaging Ordinance)", en donde se trasladó la responsabilidad de recolección y reciclaje a los productores, los encargados de la disposición final "fillers" y a los distribuidores de todo tipo de empaques. Así surgió el sistema dual (Dual System) con su Punto Verde (Green Dot) el cual se constituyó en referente de la Directiva Europea de envases (European Packaging Directive) y de la mayor parte de las nuevas regulaciones de empaquetado y embalaje en los países europeos[12].

Bibliografía

[12] En la actualidad, se recogen y se reciclan por separado más del 80% de los empaques que son vendidos (Schnurer H. L.).

Como complemento a estas leyes de carácter marco se elaboraron directrices técnicas, las cuales establecen los requisitos para las construcciones y la operación de los rellenos. Es así como se elaboraron las guías para desechos peligrosos (Technical Guidelines for Hazardous Wastes - 1991) y la guía técnica para residuos sólidos domiciliarios (Technical Guidelines for Solid Household Wastes) y para residuos similares a los domiciliarios (Wastes similar to Household Wastes - 1993).

Uno de los principales problemas identificados en el proceso de disposición de residuos en los vertederos fue el de la descomposición de materia orgánica la cual resultaba en contaminación por lixiviados. Esto sentó las bases para que se implementaran los sistemas de barreras o revestimiento que brindaran una solución temporal, pues en el largo plazo este tipo de práctica podría fallar y afectar los cuerpos de agua subterráneos y superficiales y en últimas, trasladando el problema a las generaciones futuras. Estas condiciones permitieron concluir que la técnica de los rellenos, si bien era la más económica financieramente, no ofrecía una solución definitiva y en el largo plazo podría ser más costosa en términos ambientales, sociales e incluso de rehabilitación y restauración del ecosistema afectado.

Como parte de la solución, se inició con el diseño de nuevos vertederos, licenciados, construidos y puestos en operación. Para poder disponer en estos sitios se exigió un tratamiento previo a través de la destrucción y/o mineralización de sustancias orgánicas y la extracción o estabilización de las sustancias peligrosas solubles, instalación de revestimientos en la parte superior e inferior del relleno y sistemas de recolección y tratamiento de lixiviados y gases.

Atendiendo los desarrollos tecnológicos de ese momento, se permitió utilizar la técnica de incineración como pretratamiento térmico (solid waste incineration), cumpliendo de manera muy estricta las regulaciones sobre contaminación atmosférica. De todas formas, se admitió un periodo de transición lo suficientemente largo – hasta mediados del 2005 - que permitiera a los estados adoptar sus nuevas regulaciones. Para este tipo de procesos, así como para aquellos mecánicos y biológicos, era de obligatorio cumplimiento las medidas de control de la contaminación.

El punto de quiebre en la estrategia de gestión avanzada de los residuos se dio al establecer por norma la prohibición de que aquellos residuos con un alto poder calorífico fueran a los vertederos o rellenos sanitarios. Esta directriz exigió que se buscaran otras alternativas para el manejo de estos residuos y que se generaran nuevos flujos o corrientes que al mismo tiempo podrían fomentar escenarios de oferta y demanda en un mercado que para ese entonces estaba apenas surgiendo.

Luego, se expidió la Ley de Gestión de Residuos de Ciclo Cerrado (Closed-loop Waste Management Act – KrWG. mayo 13 de 2000), la cual entró en vigor a partir del 1 de junio de 2012, mediante la cual se estableció, en su artículo 6, parágrafo 1, que la prioridad debe darse en la prevención de residuos, permitiendo la recuperación de energía sólo si:

1. El valor térmico de los residuos en cuestión sea de al menos 11.000 kJ/ kg sin que los residuos hayan sido mezclados con otras sustancias.

2. Se logre una eficiencia de combustión mínima del 75%.

3. El calor resultante sea utilizado por la persona o entidad que hace la recuperación de la energía o se suministre a un tercero.

4. Los residuos adicionales que se produzcan como parte del reciclaje sean almacenados con un tratamiento adicional mínimo o nulo.

De manera simultánea se estableció en la Ley la obligación de elaborar un programa de prevención de residuos a nivel nacional (Artículo 33 KrWG) fundamentado en la formulación de objetivos y metas medibles y verificables, evaluando además las acciones que ya se venían adelantando. Fue en el año 2013 cuando el Ministerio Federal de Medio Ambiente formuló por primera vez un programa de prevención de residuos, contribuyendo de esta forma en el ámbito de su competencia.

4.5.2 Legislación aplicable a la gestión de residuos sólidos

4.5.2.1 Principios rectores y jerarquia de residuos.

En la norma **Closed Substance Cycle Waste Management (Kreislaufwirtschaft)** en el Artículo 4. Se establecen los siguientes Principios básicos:

"Residuos:(1). Deben ser en primera medida, evitados, especialmente reduciendo su cantidad y nocividad. 2. Deben ser, en segunda instancia, a) ser sometidos a reciclaje o; b) usados para obtener energía, (energy recovery). (2) medidas para evitar la generación de residuos incluyen, en particular, gestión de ciclo cerrado de sustancias dentro de instalaciones industriales, diseño de productos de low-waste y comportamientos de los consumidores orientados a la adquisición de productos low-waste y productos low-pollution. (3) reciclaje de sustancias comprende la sustitución de materias primas a través de la extracción de sustancias a partir de residuos (secondary raw materials), y el uso de las propiedades de las sustancias dentro de los residuos para su propósito original, o para otros fines, a excepción de la recuperación de energía directa. (4) La recuperación de energía comprende el uso de residuos como combustible sustitutivo; la prioridad de recuperación de energía no afecta el tratamiento térmico de los residuos para su eliminación, sobre todo a la basura. El objetivo principal de una medida en cuestión se tomará como criterio de diferenciación. Para una muestra de residuo dado que no se ha mezclado con otras sustancias, el tipo y el alcance de las impurezas de los residuos y la basura adicional y emisiones que se producen como resultado de su tratamiento, son el criterio para determinar si el propósito principal de la medida de gestión de residuos pertinente es reciclado o tratamiento.(5) gestión de ciclo cerrado de residuos también comprende el suministro, abastecimiento, recogida por los sistemas de recuperación y de transporte, el transporte, el almacenamiento y tratamiento de los residuos para su reciclaje".

4.5.2.2 Prevención en la generación:

En Act on Circular Economy en el artículo 9 establece que "La prevención de los residuos se verá reflejada en la cantidad de residuos que dejen de ser dispuestos en vertederos".

4.5.2.3 Separación de residuos.

En la norma **Closed Substance Cycle Waste Management (Kreislaufwirtschaft)** en su artículo 11 se establecen las obligaciones básicas para la disposición de residuos:

"(1) Los productores o propietarios de los residuos que no han sido reciclados están obligados a disponer de este tipo de residuos de acuerdo con los principios básicos de la gestión de residuos que sea compatible con el interés público, de conformidad con el artículo 10. (2) En la medida necesaria para cumplir con los requisitos de conformidad con el artículo 10, los residuos para su eliminación deben ser almacenados y tratados por separado de otros residuos".

De igual manera en el Artículo 13 se establece la obligación de hacer de los residuos disponibles/apropiados para las entidades responsables de la gestión de residuos:

"(1) productores o propietarios de los residuos procedentes de hogares particulares están obligados a hacer que los residuos estén disponibles/apropiados a las personas jurídicas que están obligados, en virtud de las leyes, para llevar a cabo la gestión de residuos (partes de derecho público encargados de la gestión de residuos). La frase 1 también se aplica a los productores y propietarios de los residuos para su eliminación de otras fuentes".

4.5.2.4 Tratamiento previo o almacenamiento temporal:

En la norma Closed Substance Cycle Waste Management (Kreislaufwirtschaft) en el artículo 10 se establecen los principios básicos para la disposición de residuos compatibles con el interés público:

"(1) Los residuos que no sean reciclados serán excluidos definitivamente de la gestión de residuos en ciclo cerrado, y serán eliminados de forma permanente de una manera acorde con el interés público. (2) La eliminación de residuos comprende la provisión, suministro, recolección, transporte, tratamiento, almacenamiento y depósito de residuos para su eliminación. La cantidad y la nocividad de los residuos se reducirán a través de su tratamiento. Cualquier clase de energía o residuo que se produzcan en relación con el tratamiento y deposición serán explotados en la mayor medida posible. El tratamiento y la dispo-

sición deben ser considerados como eliminación de residuos si la energía o los residuos asociados con dicho tratamiento y el almacenamiento puede ser explotado, pero ese tipo de explotación es solamente un propósito secundario de la disposición".

4.5.3 Legislación aplicable a la valorización energética de los residuos y al coprocesamieno

4.5.3.1 Fase de aprovechamiento o recuperación energética:

En la **Ley de Gestión de Residuos de Ciclo Cerrado. (KrW- / AbfG)** en el Artículo 6. Se establecen normas para el reciclaje de sustancias y Recuperación de Energía:

"(1) Los residuos pueden ser: a) Sometidos al reciclaje o b) utilizados para obtener energía.

Se dará prioridad a la forma de utilización que sea la más compatible con el medio ambiente".

El artículo 5 parágrafo. 4 se aplica en este contexto.

"El Gobierno Federal está autorizado, previa audiencia de las partes interesadas (artículo 60), para emitir ordenanzas legales que dan prioridad al reciclaje de materiales o a la recuperación de energía para determinados tipos de residuos; Esto tendrá lugar con la aprobación del Bundesrat (Consejo Federal), sobre la base de los criterios establecidos en el artículo 5, parágrafo. 5, y teniendo en cuenta los requisitos enumerados en el párrafo. 2 (2) Si la prioridad para un tipo de uso no está establecida por una norma estatutaria de conformidad con el parágrafo 1, la recuperación de energía en el sentido del artículo 4, parágrafo. 4 es admisible sólo cuando: 1. el valor térmico de los residuos en cuestión es de al menos 11.000 kJ/kg sin que los residuos hayan sido mezclados con otras sustancias, 2. se logre una eficiencia de combustión de al menos el 75%, 3. el calor resultante sea utilizado ya sea por la persona / entidad que hace recuperación de la energía o se suministra a un tercero, y 4. los residuos adicionales que se produzcan como parte del reciclaje pueden ser almacenado con un tratamiento adicional mínimo o nulo. Los residuos de materias primas renovables pueden ser utilizados para la recuperación de energía si los requisitos mencionados en los incisos 2 al 4 se cumplen".

4.5.3.2 Disposición final:

En **Closed Substance Cycle Waste Management Act** en su artículo 10 básicos principios de eliminación de residuos que es Compatible con el interés público se establece que:

"(1) Los residuos no reciclados serán excluidos permanentemente de la gestión de residuos de ciclo cerrado de la sustancia, y se dispondrá de forma permanente en una manera acorde con el interés público. (2) De los residuos sujeto de disposición segregada, recogida, transporte, tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos para su eliminación, se reducirá la cantidad y la nocividad de los residuos a través de tratamiento de residuos. Cualquier energía o residuos que se producen en relación con el tratamiento y disposición deberán aprovecharse al máximo posible. El Tratamiento y disposición deben ser considerados disposición final de residuos si pueden aprovecharse la energía o los residuos que se producen en relación con tal tratamiento y almacenamiento, pero dicha explotación es sólo un propósito secundario de la eliminación".

4.5.3.3 Límites de emisión de contaminantes al aire para coprocesamiento:

En **Closed Substance Cycle Waste Management Act** en su artículo 10 se plantean los principios básicos de eliminación de residuos que es compatible con el interés público.

"(1) Los residuos no reciclados serán excluidos permanentemente de la gestión de residuos de ciclo cerrado de la sustancia, y se dispondrá de forma permanente en una manera acorde con el interés público. (2) De los residuos sujeto de disposición segregada, recogida, transporte, tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos para su eliminación, se reducirá la cantidad y la nocividad de los residuos a través de tratamiento de residuos. Cualquier energía o residuos que se producen en relación con el tratamiento y disposición deberán aprovecharse al máximo posible. El Tratamiento y disposición deben ser considerados disposición final de residuos si pueden aprovecharse la energía o los residuos que se producen en relación con tal tratamiento y almacenamiento, pero dicha explotación es sólo un propósito secundario de la eliminación".

4.5.4 El impacto legislativo en la gestión de residuos sólidos y la valorización energética

El conjunto de estas normas permitió a Alemania reducir significativamente la necesidad de vertederos como consecuencia de los altos porcentajes logrados en actividades de reciclado y recuperación de empaques, papel, residuos de construcción y demolición, chatarra y residuos eléctricos, así como material biodegradable (para su uso como compost o combustible). Los residuos sólidos restantes van a incineración en alguna de las más de 60 plantas existentes en toda Alemania, para coincineración en plantas de carbón, hornos cementeros y otros procesos industriales.

La Ilustración 5 muestra la tasa de sustitución de combustibles en el año 2012 para Alemania, Polonia y un promedio para la EU. Para este año ya se había logrado en Alemania una sustitución del 62% de combustibles convencionales.

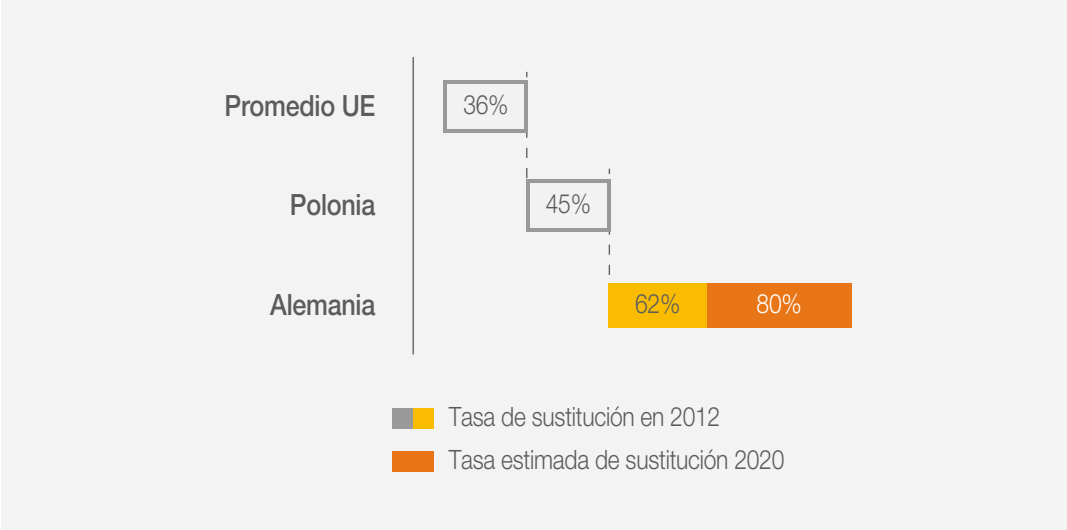


Ilustración 5. Tasa de sustitución de combustibles alternativos. 2012.
Fuente: ecofys. Mayo de 2016.

Así las cosas, de acuerdo con las proyecciones, se espera que en Alemania para el año 2020 no se realice más disposición de residuos en rellenos sanitarios, lo que implica gestionar todos estos residuos de una manera apropiada. En este sentido, la gestión de residuos deberá contribuir de manera significativa al desarrollo sostenible y ser capaz de hacer una transición en el consumo de recursos primarios de una forma ambientalmente sostenible, socialmente aceptable y económicamente viable.

En términos de beneficios ambientales y de cambio climático, la política de residuos ha contribuido de manera sustancial en el logro de los objetivos de reducción de gases efecto invernadero. En este sentido, el uso de residuos orgánicos como fuente de energía secundaria y la disminución de emisiones de metano como consecuencia de la reducción de volúmenes en vertederos, ha evitado la emisión de más de 40 millones de toneladas de CO_2 equivalente desde el año de 1999, lo que significa una contribución más grande incluso que

la aportada por el sector de la energía eólica, la solar o la biomasa (Schnurer H. L.).

De acuerdo con el informe “el rol de la incineración de residuos en Alemania”, preparado por la Agencia Federal de Medio Ambiente (UBA por sus siglas en Alemán), la incineración y coincineración de CDR contribuyen sustancialmente a la protección del clima. La producción de este material a partir de los residuos sólidos municipales no sólo reduce los volúmenes que son dispuestos en rellenos sanitarios sino que también puede proveer un combustible de bajo costo, especialmente para aquellas industrias que hacen un uso intensivo de energía.

En este sentido, de acuerdo con lo establecido en la Ley de Gestión de Residuos, se considera la incineración de residuos municipales como un proceso de recuperación de energía. (Art. 4, par 4 de KrW- / AbfG), distinguiéndose entre la recuperación de energía y tratamiento térmico. Es así como "para un flujo de residuos dado (...) el tipo y el alcance de su carga contaminante, el desperdicio adicional y las emisiones que se producen como resultado del proceso son los criterios para determinar si el objetivo principal es la recuperación de energía o tratamiento".

Se deduce además, a raíz de una sentencia del Tribunal de Justicia Europeo (ECJ por sus siglas en Ingles), que los residuos sólidos municipales pueden ser encaminados a un proceso de recuperación de energía, ya que el ultimo criterio para catalogarlos dentro de esta categoría es que son residuos que se utilizan para sustituir combustibles primarios, independientemente de la carga contaminante o su valor calorífico. (véase ECJ Luxemburgo C-228/00).

Sin embargo, existe una restricción en relación a la recuperación de energía en las plantas de incineración de residuos municipales (MSWIs por sus siglas en Ingles) de acuerdo con la ECJ Luxemburgo C-458/00. El estatus de una operación de recuperación de energía presupone que los residuos reemplacen directamente los combustibles primarios en la planta de tratamiento actual o que el operador de la planta pague por el residuo; bajo este criterio, el principal propósito de las MSWI es la operación de disposición.

Por razones de protección del clima y conservación de los recursos, tanto la jurisprudencia alemana como la de la Unión Europea fomentan un mayor uso del potencial energético de los residuos. Como resultado de estas consideraciones algunos estados en Alemania ya han reclasificado las MSWIs con recuperación de energía como operaciones de recuperación, yendo en algunos casos más allá de las restricciones definidas en las reglas de Luxemburgo. En consecuencia, estas instalaciones califican tanto como de disposición final como de recuperación energética.

El marco regulatorio alemán no solo ha tenido un impacto en el aumento en consumo de combustibles alternativos a nivel nacional, sino en la reducción del uso de combustibles fósiles en la Industria cementera. De acuerdo con la VDZ (Asociación de cementeros de Alemania - Verein Deutscher Zementwerke e.V), la proporción de combustibles fósiles (como carbón, lignita, petcoke, entre otros) asociada a los requerimientos térmicos de la industria cementera ha disminuido considerablemente, como consecuencial se ha incrementado la proporción de combustibles alternativos (incluyendo CDR como llantas, aceite usado, residuos industriales y residenciales, entre otros), el cual prácticamente duplicó su consumo entre el año 2000 y el año 2013; esto se puede observar en la ilustración 6, lo cual demuestra el liderazgo que la industria cementera está asumiendo a nivel internacional (VDZ, s.f.). Lo mismo se ve reflejado en la Tabla 10, en la cual se observa que entre los años 2005 y 2014 el consumo de combustibles alternativos pasó se un 48% a un 63%, mientras que los combustibles fósiles disminuyeron de un 51% a un 36% (VDZ, 2014).

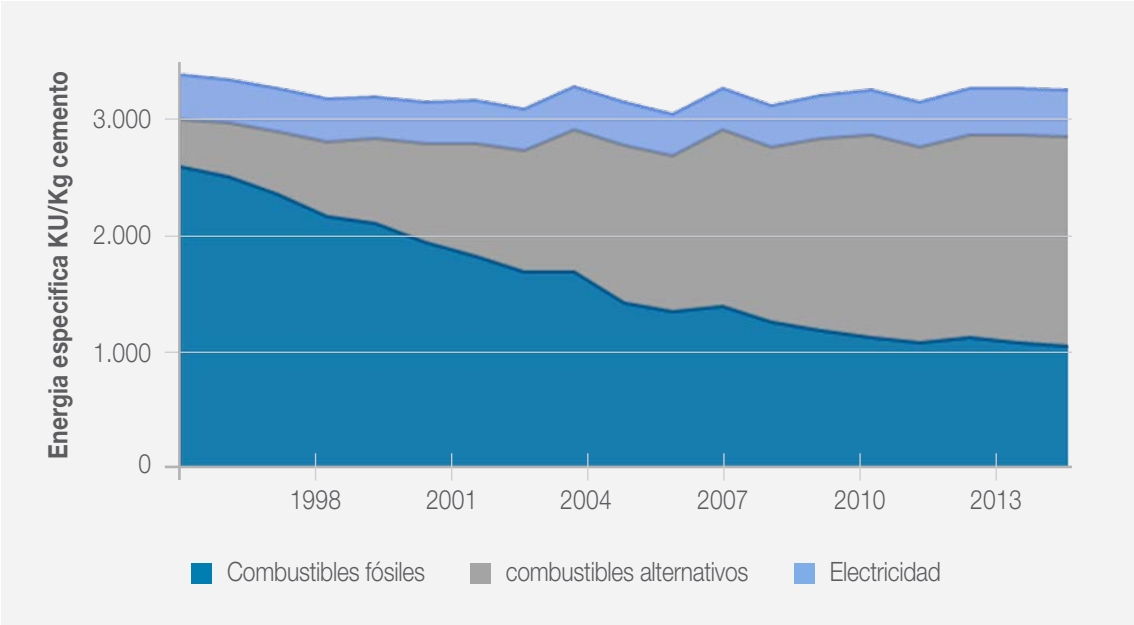


Ilustración 6. Demanda específica de energía en la industria cementera Alemana.
Fuente: VDZ.

Tabla 10. Consumo de combustible clasificado por fuente de energía

Consumo (millones GJ/a)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Combustibles fósiles										
Carbón	8.7	11.4	13.9	13.9	10.2	9	10	9.8	7.8	8.9
Lignita	29.1	27.6	25.2	23.1	20	20.7	23.7	22.3	19.7	19.5
Petcoke	4.2	4.4	4.6	4.9	4.4	3.3	2.1	3.2	3.2	4.1
Fuel oil pesado	2.2	1.9	2.1	0.9	1.1	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2
Fuel oil	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.7	1.2	0.7
Gas natural y otros gases	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5
Otros combustibles fósiles	0.5	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.1	0.1	1.4	0
Total	45.4	46	47.3	43.7	36.7	34.4	36.7	36.6	33.8	33.9
Combustibles Alternativos										
Total	43.3	46.1	52.2	52.1	51.5	53.7	57.7	57.3	56.6	58.6
Total Energía Térmica	88.7	92.1	99.5	95.8	88.2	88.1	94.4	93.9	90.4	92.5

Fuente: VDZ.

En este sentido, con el propósito de identificar el impacto que tuvo el marco regulatorio Alemán en el consumo de combustibles alternativos en la industria cementera, a continuación se presenta un línea de tiempo con los principales cambios normativos y su posible incidencia en el aumento en la sustitución de combustibles en la industria. Como se puede observar, en la actualidad y de acuerdo con la Oficina Federal de Estadística de Alemania (Statistisches Bundesamt, 2012) para el año 2012 ya se reflejaba una recuperación de más del 65% de los residuos para reciclaje o utilización. Tomando como referencia el año de 1995, se observó un claro aumento hasta el año 2002 llegando a un máximo de 52,5 millones/ton, periodo en el cual se inició la aplicación de la nueva ley de rellenos sanitarios (Landfill Directive). Este resultado es considerado un gran logro fundamentado en la recolección selectiva entendida como una aplicación exitosa de la Directiva de Residuos y su adopción en la regulación nacional alemana.

Sin embargo, al respecto es importante aclarar que debido a que deben conjugarse la definición de unos adecuados marcos regulatorios, acciones técnicas e institucionales, incentivos fiscales y económicos, así como metas específicas del país, no podría se puede determinar que una sola acción (por ejemplo el establecimiento de un marco regulatorio) sea el detonador en la sustitución de combustibles en los hornos cementeros.

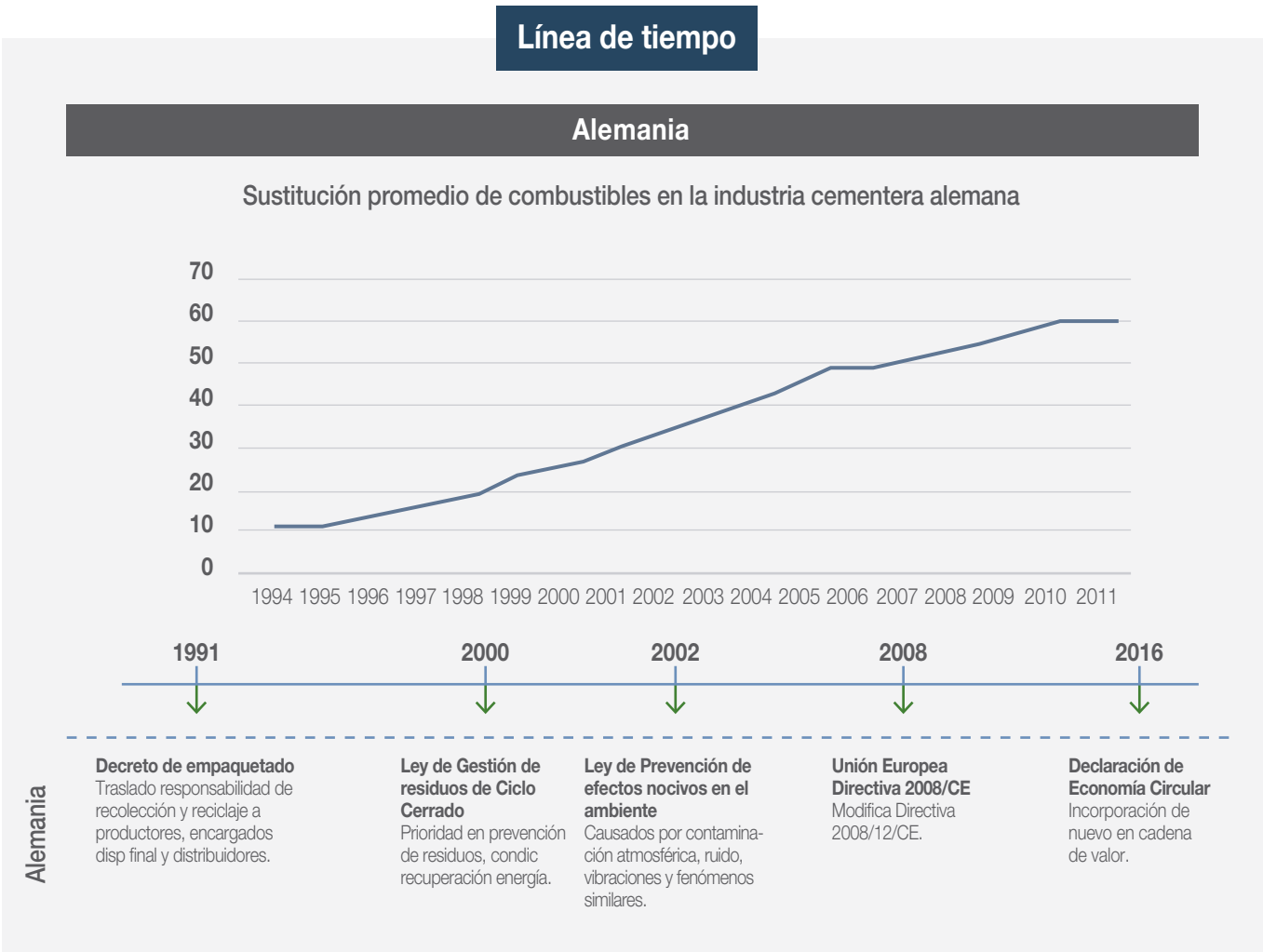


Ilustración 7. Línea de tiempo Alemania.

4.5.5 Casos de éxito:

4.5.5.1 Optimización de la recuperación de energía a partir de residuos domésticos en Alemania.

A medida que el Tribunal de Justicia Europeo ha clarificado el concepto de recuperación, se han incorporado también los residuos municipales como un sustituto de los combustibles convencionales y esto ha hecho que se forme un incentivo para que los operadores de plantas de incineración de residuos municipales (MSWIs por sus siglas en Ingles) puedan optimizar la recuperación de energía. Por otra parte, la Directiva marco de residuos reconoce sólo aquellas MSWIs como una operación de recuperación cuando funcionan a un alto nivel de eficiencia energética, lo cual puede ser un potencial en términos de reducción de emisiones de CO_2.

De acuerdo con la Decisión 589/2007 de la Comisión, por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las emisiones derivadas de la combustión de la fracción biomásica contenida en los CDR son consideradas "neutras" en la contabilización de emisiones de GEI, presentándose un gran potencial para aquellos combustibles que tienen un contenido biogénico medio de entre el 50 y el 60 %. Por otra parte, ciertos CDR son considerados como fuente alternativa de energía, según la interpretación de la Directiva 2001/77/CE, relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes renovables.

Por consiguiente, la valorización y recuperación energética de los CDR ofrece un alto potencial de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Estos combustibles sustituyen los combustibles fósiles, evitando por un lado las emisiones directas de CO_2 de origen fósil y por otro lado aquellas provenientes de la descomposición de materia orgánica en rellenos.

Sin embargo existen motivos de preocupación que pueden afectar la capacidad instalada para tratar los CDR por medio de la coincineración (especialmente plantas de energía y fábricas de cemento). Por un lado, los productores de CDR con frecuencia no son capaces de suministrar una calidad de combustible comparable a la de combustible convencional - como el carbón, por ejemplo - y por otra parte, los operadores temen pérdidas en disponibilidad de la planta (debido a los problemas de corrosión).

El éxito del esquema radica en garantizar un combustible competitivo en precio, bajo en contaminantes y de calidad uniforme. Para cumplir tales expectativas y para que los CDR sean de uso más extendido, deberán ser estos una alternativa económicamente atractiva en comparación con los altos precios de la energía proveniente de combustibles fósiles y al mismo tiempo, se puedan crear certificados de CO_2 de las emisiones evitadas debido a la elevada fracción biogénica contenida en estos. La Ilustración 8 muestra la variación del precio promedio de los combustibles usados en actividades industriales en la Unión Europea entre el año 2003 y 2014, lo cual refleja los cambios a lo largo de la década y una posible tendencia hacia la disminución.

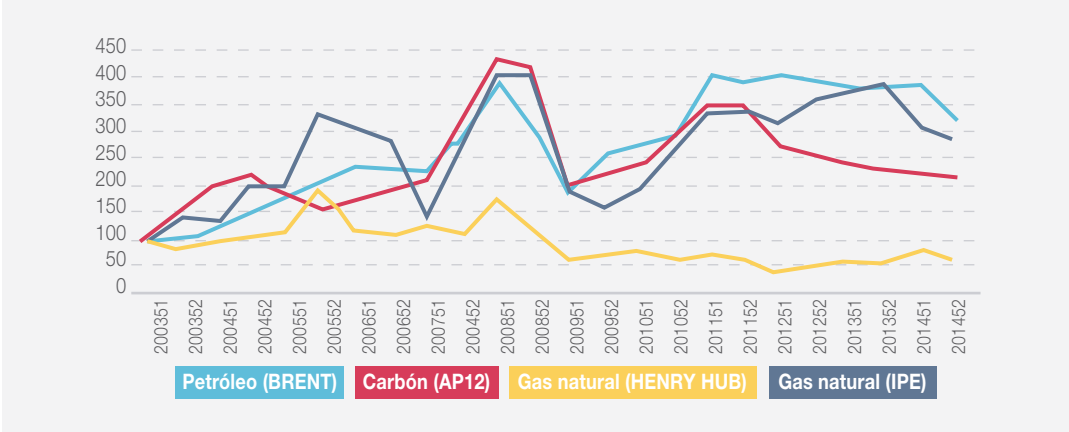


Ilustración 8. Variación del precio promedio de los combustibles usados en la industria en la UE.
Fuente: Robinson, 2015.

Dentro de los temas que aun se discuten en torno al uso de CDR como combustible alternativo, están los relacionados con la obligación de usar de forma eficiente el calor de combustión, ya sea de forma directa o para la generación de electricidad, la prohibición de la exportación de residuos urbanos que tengan un potencial para la recuperación de energía e incluso la reglamentación de los derechos de exportación de calor.

De acuerdo con la Agencia Federal de Medio Ambiente, las compensaciones por la electricidad o calor generado, subvenciones a la inversión, acceso a créditos blandos, la posibilidad de compensaciones en el marco de un esquema de comercio de emisiones con beneficios monetarios, regulaciones para dar prioridad al consumo de electricidad o calefacción generada por la MSWIs, podrían considerarse dentro de un paquete de incentivos que dinamicen la operación a gran escala de estas plantas.

4.5.5.2 Adopción de un esquema tarifario diferenciado para la recolección de residuos.

En el caso de Alemania, hay disposiciones constitucionales que autorizan a los municipios a cobrar impuestos vía tarifas por la gestión de los residuos municipales[13] (Green Budget Germany, 2010). La regla general indica que la tarifa para los usuarios[14] se divide en dos partes: una parte fija que se basa en el servicio total que se presta y una parte variable que se basa en la cantidad de residuos producida. Para establecer la cantidad de residuos se hacen estimaciones ya sea a partir de su peso o a partir del tamaño o cantidad de contenedores, siendo esta la forma más frecuente. En todo caso, los reglamentos locales pueden variar ampliamente, teniendo en cuenta la autonomía que tienen los Estados; en este sentido, la estructuración de la tarifa de cobro está directamente relacionada con los costos/impuestos que tienen que cubrir los operadores para disponer los residuos en rellenos sanitarios[15].

En definitiva, los municipios estructuran las tarifas y cobran por residuos separados en las unidades habitacionales. En términos generales, los municipios optan por una serie de contenedores para residuos cobrándole a las unidades habitacionales ya sea una tarifa variable que se basa en el tamaño del contenedor o en la frecuencia de recolección, o a veces en combinación con un cargo básico de tarifa única; también existen cobros de tarifas que varían teniendo en cuenta la cantidad de personas que viven en la unidad habitacional, el tamaño del predio o apoyándose en diversas tecnologías de medición para el volumen o peso de los residuos.

Así, por ejemplo, En Berlín la gestión de los residuos municipales se financia por medio de una tarifa que se basa en el volumen de los contenedores de residuos. Las unidades habitacionales pueden escoger entre los volúmenes de 60, 120, 240, 660 y 1,100 litros, y las tarifas por una recolección a la semana de residuos sólidos para los diferentes tamaños pueden totalizar hasta 63.50, 75.30, 98.60, 220.80 y 303.80 Euros, respectivamente.

Esta tarifa se paga trimestralmente, sin embargo, si los propietarios de las unidades deciden reducir la frecuencia de recolección de residuos para que sea cada 2 semanas, las tarifas por los contenedores de residuos se reducen a la mitad. Así, los cobros de tarifas por recolectar los residuos dos veces a la semana se agregan a los cobros de tarifas por los desechos residuales, lo cual implica que los costos adicionales son 15.25 Euros, 15.70 Euros y 17.70 Euros, respectivamente.

Bibliografía

[13] El gobierno tiene la responsabilidad de prestar el servicio de recolección de residuos; para esto cuenta con tres opciones: 1. Prestar directamente el servicio; 2. Delegar en un tercero la prestación del servicio; 3. Crear alianzas o asociaciones para prestar en conjunto el servicio.

[14] Los usuarios a los que se hace referencia pueden ser viviendas, unidades habitacionales o personas.

[15] Es el gobierno es el encargado de gestionar la recolección de los residuos, ésta puede ser realizada por su propia cuenta, delegar en un tercero, o a través de una asociación público-privada.

Por otro lado, la ciudad de Frankfurt tiene una tarifa variable integrada por un cobro de una tarifa única de 42 Euros al año, para cubrir la disposición de servicios básicos y una tarifa variable, que depende de la cantidad de residuos recolectados; el primer componente se cobra a cada unidad habitacional u otra instalación (por ejemplo, una tienda o un negocio pequeño) con un tamaño de hasta 200 m^2, y por cada espacio adicional usado de 200 m^2 se duplica la tarifa única.

Entre los diferentes servicios la tarifa única cubre también la recolección de los residuos biodegradables y de papel separadamente; el segundo componente se recauda con base en el volumen del contenedor de residuos elegido y la frecuencia de la recolección de residuos y los tamaños que se ofrecen varían en volumen, variando del tamaño mínimo de 80 litros hasta 36,000 litros para los usuarios comerciales. Por una recolección semanal de un contenedor de 80 litros los usuarios pagarían un cargo mensual de 15.40 Euros, para 120 litros de 23.09 Euros, para 240 litros de 46.19 Euros y para 770 litros de 148.18 Euros, además de la tarifa única.

4.6 Reino Unido

4.6.1 Contexto histórico:

En el Reino Unido, la producción de energía a partir de residuos ha sido históricamente mínima. Esta situación se ha dado en parte por la dependencia muy marcada de los rellenos sanitarios como método final de disposición y muchos de los primeros incineradores fueron sólo plantas de disposición final, buscando únicamente reducir el volumen de los residuos. Sin embargo, la introducción de metas orientadas a desviar el flujo de residuos a mediados de los 90s ha contribuido al surgimiento de una nueva generación de plantas de generación de energía a partir de residuos. Esta estrategia, ha sido diseñada teniendo en mente el logro de estándares de emisiones más estrictos[16], así como el suministro de una energía baja en carbono.

Si bien han sido los rellenos la alternativa más viable para la disposición de residuos, sobre todo por la disponibilidad de sitios que fueron utilizados con anterioridad para actividades extractivas, se han empezado a considerar la utilización de estos para la generación de energía en términos de su contribución al cambio climático. La conclusión es clara: la energía proveniente de la combustión de residuos es mejor que la disposición en rellenos, pero considerando una alta eficiencia en el proceso, aspectos que están presentes en el centro de la discusión de políticas y propuestas.

Al igual que en los países de la Unión Europea, se aplica en Reino Unido la jerarquía de residuos (The Waste Hierarchy) la cual no sólo es considerada una guía sino también un requerimiento legal, el cual debe ser adoptado por los generadores de residuos. (GOV UK, 2011). De acuerdo con el Plan para la Gestión de Residuos para el Reino Unido (Waste Management Plan for England December 2013) la adopción de unos mejores principios de regulación ha tenido un impacto significativo en la reglamentación de residuos. Como soporte para la adopción e implementación de la Jerarquía el "Department for Environment, Food and Rural Affairs" ha dispuesto una guía (Guidance on applying the Waste Hierarchy (GOV UK, 2011)) que explica cómo se hace el control y seguimiento. Así mismo, esta entidad es la encargada de hacer seguimiento a los Planes de Gestión de Residuos.

Mientras en la primera década del 2000 en la Unión Europea se consideraba el potencial impacto de la gestión de residuos sobre el cambio climático, en el Reino Unido se adoptó un "escalador" de impuesto[17] (landfill tax scalator[18]) sobre el vertido de residuos, así

Bibliografía

[16] Los estándares más estrictos se refieren a los establecidos inicialmente por la Unión Europea en la Directiva 2008/80/CE (23 de octubre de 2001) (Anexo 1) sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión y los definidos posteriormente en el mes de noviembre de 2010 por medio de la Directiva 210/75/UE sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).

[17] El impuesto estándar sobre vertederos se eleva cada año a partir de un "escalador" que se establece por el Gobierno en su presupuesto. El 24 de marzo de 2010, el Gobierno afirmó que el "escalador" aumentaría 8 £ / tonelada hasta 2014. Se estima para el 1 de abril de 2016 una tarifa estándar de £ 84.40 por tonelada dispuesta.

[18] HMRC: Landfill Tax Briefing – March 2015.

como la adopción de un esquema de comercio de derechos (landfill allowance trading scheme), los cuales están diseñados con el fin de facilitar el cumplimiento de las metas y objetivos dispuestos por la Unión Europea en relación con el aprovechamiento de residuos y la gestión de los mismos en vertederos.

Dentro de la normativa del Reino Unido (The Waste -England and Wales- Regulations 2011) para el tratamiento de residuos, así como de CDR se considera no sólo la incineración, sino también la gasificación, la pirolisis y la digestión anaeróbica. De igual manera, ha sido explícito que la energía recuperada es parcialmente renovable (partially renewable energy source) debido a que procede de una mezcla de residuos.

Como en el resto de países de la UE, en el Reino Unido se ha implementado el esquema de quien contamina paga (Polluter pays principle) desarrollado particularmente en la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales, el cual ha contribuido de manera significativa no sólo en la reducción de residuos con destino a los rellenos sanitarios, sino también en la creación de nuevos flujos de materias primas.

El productor de residuos y el poseedor de los residuos deben gestionar los residuos de un modo que garantice un alto nivel de protección del medio ambiente y la salud humana. De acuerdo con el principio de quien contamina paga, los costos de gestión de residuos serán a cargo del productor inicial de residuos o por los poseedores de residuos previos o actuales y en algunos casos, los distribuidores de productos comparten estos costos. En este sentido, el principio de quien contamina paga asegura que los responsables de la producción (de productos que potencialmente pueden entrar de nuevo al ciclo) así como de aguas residuales, son incentivados para reducir y gestionar sus residuos de forma que reduzca los impactos sobre el medio ambiente y la salud humana.

En cuanto al empaquetado, el mismo es considerado un asunto que tiene implicaciones directas sobre el medio ambiente. Aunque cumple un papel importante en la protección de alimentos y otros bienes, evitando el deterioro de los mismos durante su manejo, se sabe también que son una de las principales fuentes de generación de residuos.

El Reino Unido ha establecido un régimen de "responsabilidad del productor", el cual implementa la Directiva relativa a los Envases y Residuos de Envases (Directive on Packaging and Packaging Waste 94/62/EC; modificada por la CE 1882/2003, 2004/12 y 2005/20, y el Reglamento CE 219/2009). Este concepto de “Responsabilidad del Productor” es una forma de implementación del principio de "quien contamina paga" y hace que los productores (empresas que fabrican, importan y venden ciertos productos) se hagan responsables de asegurar que un porcentaje de sus productos y empaques sean reciclados y recuperados una vez que han llegado al final de su vida. Las regulaciones en cuanto a responsabilidad de los productores también fomentan la minimización de los residuos de estos productos, fomentan su reutilización y fijan objetivos para el reciclado y la recuperación de materiales de desecho.

Por otro lado, el Reglamento en relación con las Obligaciones y Residuos de Envases (Producer Responsibility Obligations and Packaging Waste 2007 - SI 2007/871, modificado por SI 2012/3082) impone objetivos de reciclaje a través de la cadena de suministro y crea un sistema que intenta tener un control sobre la recuperación de empaques que son considerados residuos a nivel federal (Packaging Recovery Notes (PRNs) , así como sobre aquellos que fueron exportados (Packaging Export Recovery Notes PERNs).

La más reciente regulación en materia de residuos para Inglaterra y Gales (The Waste Regulations Amendment - England and Wales) entró en vigor el 1 de octubre de 2012. En esta se especifica la recogida selectiva de residuos y se les otorga a las autoridades la responsabilidad de la recolección de los residuos de papel, metal, plástico y vidrio por separado. Esta función se aplica cuando es necesaria la recogida selectiva para garantizar que los residuos sean sometidos a operaciones de recuperación de conformidad con la Directiva y para facilitar o mejorar la recuperación.

4.6.2 Legislación aplicable a la gestión de residuos sólidos.

4.6.2.1 Principios rectores y jerarquia de residuos.

En los **Instrumentos legales No. 998-2011; Regulaciones de los residuos (England and Wales)**

en su parte 5 se establecen los deberes en relación con la gestión de residuos y una mejor utilización de los residuos como un recurso:

"Deberes en relación con la jerarquía de residuos: 12.—(1) Una entidad o empresa que importa, produce, recolecta, transporta, valoriza o elimina residuos, o que, como negociante o agente tiene el control de los residuos debe, sobre el traslado de residuos, tomar todas las medidas a su alcance que sean razonables y de acuerdo con las circunstancias, aplicar la siguiente jerarquía de residuos como un orden de prioridad:(a) prevención; (b) preparación para re-uso; (c) reciclaje; (d) otro tipo de recuperación (por ejemplo, recuperación de energía ; (e) disposición. (2) Sin embargo, una entidad o empresa podrá apartarse del orden de prioridad en el párrafo (1) si logra un mejor resultado medioambiental global, cuando esté justificado por la aplicación del concepto de ciclo de vida sobre los impactos globales de la generación y gestión de los residuos.

(3) Al considerar los impactos generales mencionados en el párrafo (2), las siguientes consideraciones deben tenerse en cuenta: (a) los principios generales de protección ambiental de precaución y sostenibilidad; (b) factibilidad técnica y la viabilidad económica; (c) la protección de los recursos; (d) la salud humana del medio ambiente global, los impactos económicos y sociales".

4.6.2.2 Prevención en la generación.

En los **Instrumentos legales No. 998-2011**; Regulaciones de los residuos (England and Wales), en su Parte 2. Programas de Prevención de Residuos se establece que:

"(3) En esta regulación, "medidas de prevención de residuos" se refieren a las medidas tomadas antes que una sustancia, material o producto sea convertido en un residuo a reducir".

Propósitos de los programas de prevención de residuos: "5. b. tiene como finalidad una contribución a romper el vínculo entre crecimiento económico y los impactos ambientales asociados con la generación de residuos".

Monitoreo y Evaluación de los Programas de Prevención de Residuos: "6. (a) debe establecer criterios cualitativos o cuantitativos; b) podrán establecer objetivos cualitativos o cuantitativos e indicadores, contra el cual evaluar el valor de los programas de prevención de residuos".

Los requerimientos esenciales de las normas sobre empaques que buscan prevenir la generación de residuos son: "i)El volumen y pesos del empaque debe ser la mínima cantidad para mantener los niveles necesarios de seguridad, higiene y aceptación para el producto empacado y para el consumidor. Ii)El empaque debe ser manufacturado de manera que permita su re-uso o recuperación de acuerdo con los requerimientos específicos y iii)Las sustancias nocivas o tóxicas en los empaques deben ser minimizados en emisiones, cenizas o fugas en incineradores o rellenos sanitarios".

4.6.2.3 Fase de separación en la fuente y recolección.

En los **Instrumentos legales No. 998-2011; Regulaciones de los residuos (England and Wales)**, en su parte 5 se muestran los deberes en relación con la gestión de residuos y una mejor utilización de los residuos como un recurso:

"Deberes en relación con los residuos recogidos 13.-(2) Para evitar dudas, recolección conjunta (separado de otros residuos de corrientes de desechos destinados a ser reciclados con vistas a la posterior separación por tipo y la naturaleza) es una forma de recogida selectiva. (3) Todas las autoridades competentes en el proceso de recogida de residuos deben asegurar que se mantenga la recolección selectiva cuando implementen ajustes al sistema.

14.—(1) Una entidad o empresa que recoge, transporta o recibe los residuos de papel, metal, plástico o vidrio deben, desde el 1 de enero de 2015, adoptar todas las medidas necesarias para que su capacidad sea razonable para garantizar que cuando los residuos han sido recogidos de forma selectiva no se mezclan con otros residuos u otros materiales con propiedades diferentes. (2) Esta obligación se aplica únicamente cuando se deba mantener separados los residuos para facilitar o mejorar la recuperación".

Reino Unido cuenta con un sistema de información con todos los controles y autoridades involucradas en la fase de separación y recolección. (para mayor información visite: https://www.gov.uk/managing-your-waste-an-overview)

4.6.2.4 Fase de tratamiento y almacenamiento temporal.

En los **Instrumentos legales No. 998-2011**; Regulaciones de los residuos (England and Wales) en su parte 5 se encuentran los deberes en relación con la gestión de residuos y una mejor utilización de los residuos como recurso:

"Deberes en relación con la recolección de residuos. 13.—(1) Una entidad o empresa que recoge los residuos de papel, metal, plástico o vidrio deben adoptar todas las medidas para garantizar la recogida selectiva de residuos que ya están a disposición del establecimiento o empresa y son: (a) técnica, medioambiental y económicamente utilizables; y (b) adecuados para cumplir las normas de calidad necesarias para los sectores de reciclado pertinentes".

4.6.2.5 Disposición final:

En los **Instrumentos legales No. 998-2011**; Regulaciones de los residuos (England and Wales). En su Parte 1. Artículo 4 se menciona que:

"Para establecer una red integrada y adecuada de instalaciones de eliminación de desechos y de instalaciones para la recuperación de residuos municipales mixtos recogidos de hogares privados, incluyendo, donde dicha recogida también cubre residuos de otros productores, debe ser realizada teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles".

4.6.3 Legislación aplicable a la valorización energética de los residuos y al coprocesamiento

4.6.3.1 Fase de aprovechamiento y recuperación energetica:

El esquema de clasificación WRAP's (lanzado en noviembre de 2012) proporciona una clasificación clara de las propiedades del WDF (http://www.wrap.org.uk). Dentro de este resumen, el concepto combustible derivado de residuos se usa como un término para cubrir los diferentes productos transformados a base de combustible de RSU.

Las Normas Europeas (CEN 343) definen los criterios de calidad para una amplia gama de WDF (Waste Derived Fuel). Aunque estas normas se pueden utilizar para definir la calidad de los combustibles secundarios, no garantizan la confianza al mercado en el uso de WDF para generar energía en instalaciones más pequeñas. Por ejemplo, el estándar europeo BS EN 15359: 2011 el cual define los criterios de calidad para la SRF fue desarrollado usando datos de los grandes usuarios industriales de WDF tales como, hornos de cemento y centrales eléctricas de carbón.

Esto fue confirmado por el TAG del Grupo Técnico Asesor (Fuente: Gobierno Examen de la política de residuos en Inglaterra 2011. Por DEFRA). Sección Segunda: Principios generales de la legislación europea caso judicial:

- ***Valor económico:*** "***G3.38*** El concepto de residuo no excluye las sustancias u objetos, incluso si tienen un valor comercial. El WDF (Waste Derived Fuel) combustible derivado de residuos aplica a la utilización de residuos en las operaciones de recuperación y en tales circunstancias los residuos a menudo tienen un valor económico. También puede haber un incentivo en algunos casos para hacer pagos nominales con el fin de evitar la regulación".

- ***Recuperación:*** "***G3.67*** recuperación se define en el artículo 3 (15) de la WFD como:
  "... Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la planta o en la economía en general ".

- "***G3.68*** El objetivo principal de una operación de recuperación es asegurar que los residuos sirven a un propósito útil al sustituir a otras sustancias que habrían tenido que ser utilizadas para ese propósito y permite preservar los recursos naturales. Esto se conoce como "el principio de sustitución"

- ***Re-uso: G3.80*** La WFD establece una clara distinción entre "reutilización" y "preparación para la reutilización". La distinción es que el primero es una actividad que no implica los residuos y el último es una actividad que involucra residuos. La WFD define estos términos de la siguiente manera: - "« reutilización »: toda operación mediante la cual productos o componentes que no sean residuos se utilizan de

nuevo para el mismo fin para el que fueron concebidos;" y "« Preparación para la reutilización » consistente en la comprobación, limpieza o reparación de las operaciones de recuperación, por los cuales se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra procesamiento previo productos o componentes de productos que se han convertido en residuos"[19].

4.6.3.2 Límites de emisión de contaminantes al aire para coprocesamiento:

Según el **Instrumento Normativo No. 2980 de 2002**, el Reino Unido sigue las disposiciones del Parlamento Europeo en las directivas establecidas sobre el tema.

4.6.4 Impacto legislativo en la gestión de residuos sólidos:

De acuerdo con el informe "The UK residual waste market" elaborado por el UK Green Investment Bank, el Reino Unido produjo más de 85 millones de toneladas de residuos en 2012 de las cuales 20,9 millones de toneladas fueron a los rellenos. Teniendo en cuenta estas cifras, Reino Unido ha hecho importantes esfuerzos en el desarrollo de programas nacionales de gestión de residuos en la última década. Desde el año 2000 la cantidad de residuos enviados a los rellenos se ha reducido en un 70% y las tasas promedio de reciclaje de residuos domésticos han aumentado del 18% al 44%. Sin embargo, se considera que sigue habiendo una oportunidad importante para el Reino Unido en la gestión de residuos, en particular si se compara con el resto de países de la Union Europea.

Así las cosas, se considera que en el Reino Unido los logros en materia de minimización, recuperación y reciclaje han sido direccionados gracias a la combinación de marcos regulatorios, políticas y medidas financieras tales como, metas de reciclaje[20], impuestos a los rellenos y apoyo financiero focalizado.

No obstante, el debate en torno a la recuperación de energía a partir de los residuos es con frecuencia bastante emotivo y polarizado. Existen alrededor de este tema, varios cuestionamientos de aspectos técnicos y de infraestructura y las propuestas necesitan ser debatidas con el uso de toda la información disponible y con la consideración integral de los impactos ambientales.

4.6.5 Casos de éxito:

4.6.5.1 Adopción de un escalador de impuestos "Landfill tax scalator".

En el Reino Unido se introdujo un impuesto sobre rellenos sanitarios en el año de 1999 y es recaudado por los operadores de estos rellenos. A menos que haya una excepción explícita, el impuesto sobre rellenos sanitarios se aplica a todo el material que se dispone como residuo y es obligatorio que cada relleno tenga una licencia o permiso de acuerdo con la legislación ambiental específica; así, aquellos residuos que son objeto de procesado o separación dentro del relleno no pagan impuestos, lo cual debe ser demostrado por medio de registros.

Las licencias o permisos ambientales de operación son regulados de acuerdo con la legislación específica de cada país que conforma el Reino Unido, encontrando como requerimientos genéricos y básicos el suministro de detalles del proyecto, en donde se incluya información sobre la situación financiera del solicitante y del proyecto, condenas anteriores por delitos contra el ambiente y la competencia técnica para administrar el sitio o planta. También se debe incluir información del sitio u operación de la planta y el tipo de actividad que desea realizar.

El propósito del impuesto sobre rellenos sanitarios en el Reino Unido es en primer lugar "garantizar que la disposición de residuos en los rellenos sanitarios tenga un precio adecuado en cuanto a que refleje su costo ambiental" y en segundo lugar "para promover un enfoque más sostenible en cuanto a la reducción de residuos, pero también un mejor reuso o aprovechamiento energético. (HM Customs and Excise 1998).

Bibliografía

[19] Tomado de Guidance on the legal definition of waste and its application (www.defra.gov.uk) August 2012.

[20] Las metas aquí expresadas hacen parte de los porcentajes vinculantes establecidos por la Unión Europea en la Directiva 2008/98/CE de reducción de residuos cuya disposición final sería llevada a cabo en vertederos.

Para tener como referente, en el año 2015 la tarifa para residuos activos fue de £84,4/ton (+IVA) y para residuos inactivos de £2.65/ton (+IVA). Para los fines del impuesto, los residuos inactivos son aquellos que no se van a seguir degradando cuando se disponen en un relleno sanitario (por ejemplo los escombros de construcción), esto quiere decir que no se van a disolver, quemar, no van a reaccionar químicamente, no se van a biodegradar ni a producir ninguna forma de contaminación o de lixiviado. El resto de residuos se consideran residuos activos.

Para darle más dinamismo a dicho esquema con este impuesto y para cumplir la Directiva de Rellenos Sanitarios de la Unión Europea, el gobierno implementó el escalador para rellenos sanitarios o "landfill tax scalator" el cual se constituye en un mecanismo mediante el cual el costo de disponer residuos en rellenos sanitarios se va incrementando de forma constante para los residuos activos, pero no para los residuos inactivos. La intención de este mecanismo es hacer más viables económicamente inversiones en tratamientos alternos que no sean rellenos sanitarios tales como el reciclaje y la digestión anaeróbica. Dicho escalador aumenta en razón de las metas de disposición de la Unión Europea, las cuales requieren a los países miembro de la reducción significativa de los porcentajes de tratamiento de residuos por medio de vertederos.

De igual manera se adoptó "The Waste and Emission Trading Act 2003" que estableció un esquema de comercio de residuos, que se fundamenta en la imposición de obligaciones a las autoridades locales sobre la cantidad de residuos municipales que pueden ser dispuestos en vertederos. Dicho esquema permite asignar a cada entidad local derecho en peso de residuos a disponer, estos derechos disminuirían gradualmente hasta el 2020. En este sentido, estos derechos de disposición adquiridos por cada autoridad pueden funcionar como "Banco" para uso futuro o solicitar préstamo de hasta un 5% de sus propias asignaciones futuras. Desde el 2010, el precio de cada prestación extra se ha fijado en USD $233 (FAO, 2017).

Esto ha impulsado el desarrollo de una nueva generación de energía, así como un nuevo modelo de negocio. Todas las plantas de incineración deben cumplir con las más estrictas normas de emisiones, seguimiento, recepción y tratamiento de residuos admitidos en la Directiva sobre incineración de residuos (2000/76/CE), que ha sido reformulada en la Directiva sobre emisiones industriales (2010/75/UE). Es de resaltar que esta última Directiva rige para instalaciones industriales de gran tamaño, en los artículos 52 a 55 se encuentra el apartado relacionado con coincineración y coprocesamiento, así mismo en el numeral 5 del Anexo I se identifican aquellas industrias relacionadas con la gestión de residuos las cuales deben dar cumplimiento en temas de prevención y control integrados de la contaminación.

4.6.5.2 Adopción de esquemas de reducción de emisiones de CO_2.

Los compromisos adquiridos por el Reino Unido en materia de cambio climático le han dado un gran impulso al tema de gestión de residuos. Es así como la Ley de Cambio Climático (The Climate Change Act 2008) estableció un objetivo legalmente vinculante de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el Reino Unido por lo menos del 80% en 2050, comparado con los niveles del año base 1990. Para tener un referente, en el 2007 el 90% de las emisiones totales de CO_2 equivalente provinieron de los vertederos. Para cumplir este objetivo, el Reino Unido introdujo esquemas de comercio de carbono en las industrias locales, que incluye a los generadores de energía eléctrica, con el fin de crear un programa de ahorro de energía. (Sustainable Development Unit, 2008).

En este sentido, el Reino Unido es uno de los pocos Estados miembros de la Unión Europea que han hecho extensivo el uso de exenciones[21] en términos de autorizaciones del Estado para operaciones de tratamiento de residuos a pequeña escala y de bajo riesgo. En diversas agencias reguladoras, ha sido posible el mejoramiento en relación a la calidad de las

Bibliografía

[21] Las exenciones en referencia hacen parte de la Directiva "Guidance Waste Exemption: U4 Burning of waste as a fuel in a small appliance". Esta exención permite el uso de residuos como combustible para la obtención de calor o energía. La información está disponible en www.gov.uk/guidance/waste-exemption-u4-burning-of-waste-as-a-fuel-in-a-small-appliance.

aplicaciones, así como la reducción de gravámenes a las actividades que se vienen desarrollando. No menos importante es la determinación de reducir la inspección de aquellas actividades que hasta ahora han demostrado que están cumpliendo los estándares.

Vale la pena mencionar que el Reino Unido exporta combustible derivado de residuos (CDR) principalmente a la Europa continental y el norte de Escandinavia para la recuperación de energía. Las exportaciones de este material se han incrementado significativamente en los últimos años en respuesta a los crecientes costos para disponer en vertederos[22].

4.4 Polonia

4.7.1 Contexto histórico:

Desde el año 2004, Polonia hace parte de la Unión Europea y como país miembro está obligado a armonizar su legislación con los lineamientos de gestión de residuos de la EU. El incumplimiento a estos lineamientos llevó a que en el año 2012 la comisión europea requirió a la Corte de Justicia de Europa imponer una multa de 67.314 €/día al Gobierno de Polonia por no cumplir la directiva de hacer la transposición de la directiva marco de residuos al sistema normativo del país.

En el año 2013 se estableció la prohibición de disponer en rellenos aquellos residuos con características combustibles que hayan sido acopiados mediante recolección selectiva.

Combinado este aspecto con la crisis energética y la dinámica económica del país, en 2014 entró en vigor el Plan Nacional de Gestión de Residuos (KPGO 2014), el cual adoptó las Directivas relacionadas con vertederos y gestión de envases, entre otras, e implementó modelos de gestión a nivel regional en donde cada región establece su propio plan de gestión.

Sin embargo, el modelo de aprovechamiento energético a partir de residuos está casi todo por explotar; de acuerdo con el informe elaborado por Swiss Business Hub[23], solo el 1% de los residuos municipales recibe algún tipo de tratamiento térmico, teniendo en cuenta que la mayoría de residuos se llevan a vertederos[24]. Esta situación contrasta con la de los países de Europa Occidental en donde hace muchos años se han realizado las inversiones correspondientes en plantas de tratamiento mecánico – biológico y plantas de incineración. En este sentido, según lo muestran las estadísticas, el mayor potencial para el sector de aprovechamiento de residuos se encuentra en las zonas urbanas en donde se produce más del 80% de los residuos municipales.

El KPGO 2014 establece como prioridad la recuperación energética a partir del aumento del procesamiento de residuos y de las tasas de reciclaje. Así mismo establece acciones concretas para incrementar el número de plantas que incorporan el tratamiento mecánico biológico (Mechanical Biological Treatment - MTB), metas para aumentar las tasas de conversión térmica por encima del 25% para residuos municipales hasta el año 2020, obliga a reducir los sitios de disposición final a menos del 10% para el año 2025 y fomenta inversiones para los siguientes años en la construcción y modernización de sus plantas de tratamiento. Por ser un Plan del orden Nacional, se convierte en vinculante y se incorpora no solo en los planes regionales sino también en las acciones que adelantan los distintos sectores productivos.

El Plan (KPGO 2014) centró su accionar en la gestión de residuos sólidos urbanos, de manera concordante con las directrices de la UE y las regulaciones de carácter nacional. Se destaca la obligación para el 2015 – la cual se trasladó a los niveles regionales - de tener una cobertura del 100% de la población en el sistema de recogida de residuos sólidos municipales, reducir el porcentaje hasta un 60% de residuos dispuestos en rellenos para el año

Bibliografía

[22] Las exportaciones se han incrementado de cero en el año de 2009 a 13.258 toneladas en 2010 y 887.465 toneladas en el 2012.

[23] Market Report. WASTE MANAGEMENT IN POLAND. Swiss Business Hub, APAX Consulting Group.

[24] De acuerdo con un estudio realizado por Ecofys (2016) para Cembuero Esta situación se presenta por cuanto la disponibilidad de área y locaciones para instalar rellenos sanitarios en el país es aun muy extensa. De igual manera los impuestos para la disposición final en rellenos son relativamente bajos (26,6 €/ton) en comparación con el promedio de los países de la Unión Europea (50 €/ton) y con las tarifas más altas (oscilando alrededor de los 93 € /ton). Es así como las acciones del Gobierno están marcadamente orientadas a mantener un balance entre el reciclaje y el tratamiento avanzado de residuos sin que la tasa exceda los 4 €/mes por persona.

2014. Así mismo, estableció una serie de directrices en relación con la gestión de residuos tales como envases (incluyendo plásticos, aluminio, acero, papel y cartón, vidrio y madera), y otros residuos (neumáticos al final de su vida útil,[25] los residuos de la construcción, reparación y demolición de edificios y infraestructura, lodos municipales y residuos municipales no biodegradable).

Es Importante destacar que en el marco de la legislación del país, ya se consideran los CDR como subproductos del reciclaje y de procesos mecánico – biológicos – lo que de manera consecuente fue introducido en el Plan. Sin embargo, existe un potencial grande en términos de mejorar las características de calidad del producto así como los estándares de recolección y separación.

Aunque en la actualidad los mayores demandantes del producto son las cementeras, se espera que en los próximos años, las plantas de tratamiento térmico sean también jugadores importantes.

4.7.2 Legislación aplicable a la gestión de residuos sólidos

4.7.2.1 Principios rectores y jerarquia de residuos.

En **The National Waste Management Plan 2014 Waste Hierarchy**: se establece que:

“3) La minimización de residuos tiene como objetivo reducir la producción de residuos a través de la educación y la mejora de procesos de producción en lugar de aumentar la tecnología para mejorar el tratamiento de los mismos. La minimización tiene el potencial de reducir costos o aumentar las ganancias, así como la reducción de la cantidad de residuos que van a los vertederos además de sus costos de gestión. Además, las emisiones, la contaminación del aire, las aguas y el suelo pueden reducirse o evitarse de manera significativa; 4) La reutilización de los residuos significa recuperar el valor de un elemento desechado sin reprocesar las propiedades de fábrica. La reutilización se da como prioridad al reciclado dentro de la jerarquía de residuos, ya que proporciona un mayor ahorro en el consumo de recursos. 5) El reciclaje de los residuos se produce cuando los materiales a partir de los flujos de residuos se descomponen en las materias primas y son transformados de nuevo, ya sea en el mismo producto o un producto nuevo. Las actividades de reciclaje incluyen la recogida, clasificación, reprocesamiento y la producción. La recuperación a largo plazo de los residuos cubre el reciclaje, el compostaje y los procesos de incineración de los mismos. La recuperación de recursos consiste en convertir materiales de desecho en algún tipo de recurso útil transformando químicamente aquellos materiales, por lo general, ya sea en la energía o compost. 6) El último paso en la jerarquía de residuos es la eliminación y se da cuando no hay otra forma económicamente viable de tratar con ellos. Por lo general, la eliminación es a través de vertido o la incineración mediante métodos seguros para los seres humanos y el medio ambiente; 7) El principio de proximidad aboga por que los residuos deben ser eliminados (o utilizado de otra forma) cerca del punto en el que se genera, con el objetivo de alcanzar con ello una autosuficiencia a nivel regional o subregional”.

4.7.2.2 Prevención en la generación.

En The New Polish Act on Waste of 2012, el plan nacional de gestión de residuos y los planes de gestión aprobados por las disposiciones anteriores se convirtieron en el artículo 227 de "New Polish Act on Waste" según lo definido por la nueva ley. En principio, los contenidos de ambos planes están de acuerdo con los requisitos de la Directiva 2008/98.

4.7.2.3 Fase de separación en la fuente y recolección.

En la Ley de residuos de abril 27 de 2001. (Modificado por el National Waste Management Plan 2014) en su artículo 10 establece que:

1. Los residuos deben ser recogidos de manera selectiva. 2. Las entidades que llevan a cabo la actividad de recolección urbana de residuos deben recogerlos de manera selectiva y limitar el volumen de residuos biodegradables con destino a los rellenos.

Bibliografía

[25] El Instituto IMPiB en Torun reveló en uno de sus informes que durante el año 2012 se generaron aproximadamente 110.000 toneladas de neumáticos de desecho la mayoría de los cuales terminó en rellenos sanitarios. Sin embargo, una gran cantidad de neumáticos usados se han direccionado a las plantas cementeras, en donde mediante aprovechamiento térmico se genera la energía suficiente para la elaboración del Clinker.

4.7.2.4 Fase de tratamiento previo y almacenamiento temporal.

En la Ley de residuos de abril 27 de 2001. (Modificado por el National Waste Management Plan 2014) en su Artículo 14 establece que:

2. los planes de gestión de residuos deben especificar: 1. una descripción de la condición actual de la gestión de residuos, la cual debe incluir información concerniente a: a) el tipo, la cantidad y la fuente de los residuos los cuales irán al proceso de recuperación o disposición; b) especificación de los poseedores de residuos que llevan a cabo la actividad en el ámbito de la recogida, recuperación o eliminación de residuos; c) las especificaciones de las instalaciones existentes para la recogida, recuperación o eliminación de residuos.

4.7.3 Legislación aplicable a la valorización energética de los residuos y al coprocesamiento

4.7.3.1 Fase de aprovechamiento y recuperación energética:

En la Ley de gestión de residuos. Diciembre de 2012, se determinan los criterios para la admisión de residuos en vertedero. Aplicable a residuos que no estén clasificados como peligrosos e inertes.

"Queda prohibido disponer en rellenos sanitarios aquellos residuos (que no sean peligrosos e inertes) y que cumplan con las siguientes características: i) carbono orgánico total superior (TOC) 5% en peso seco. Ii) Pérdida por combustión superior (LOI) 8% en peso seco. Iii)Poder calorífico superior 6 MJ / kg de materia seca".

4.7.4 Impacto legislativo en la gestión de residuos sólidos:

En Polonia la tasa de sustitución de combustibles se desarrolló rápidamente. Para el año 2002 sólo se alcanzaba alrededor del 15%, mientras que para el año 2016 algunas plantas esperan alcanzar niveles de sustitución del 80%. (Ecofys. 2016).

De acuerdo con el estudio "Waste Management in Poland" elaborado por la Swiss Business Hub (2015) el 95% de los residuos generados en Polonia terminan en un relleno sanitario. Si se tiene en cuenta que cada habitante produce aproximadamente 1 kg de residuos al día y que estos tienen un poder calorífico estimado de 7 MJ/kg, no sorprende saber el enorme potencial que se está perdiendo al enterrar estos residuos.

En este sentido, a pesar de que Polonia genera grandes cantidades de residuos municipales, las empresas que convierten éstos a combustibles, solo están en capacidad de producir alrededor de 700.000 toneladas[26], que cumplen con los requisitos establecidos para la industria del cemento, siendo este volumen la mitad de lo que el sector demanda.

Así, las razones de esta brecha entre la oferta y la demanda radican fundamentalmente en el deficiente desarrollo de la infraestructura y mercado disperso para la producción del CDR, así como en la mala calidad y alta humedad al momento de ser suministrado a los usuarios finales. En consecuencia, numerosas fábricas de cemento tienden a importar combustibles alternativos desde Alemania.

La ilustración 9 muestra de nuevo la tasa de sustitución de combustibles para el año 2012, en la cual se observa que en Polonia la tasa está por encima del promedio de la UE.

Bibliografía

[26] ECOFYS | May 2016

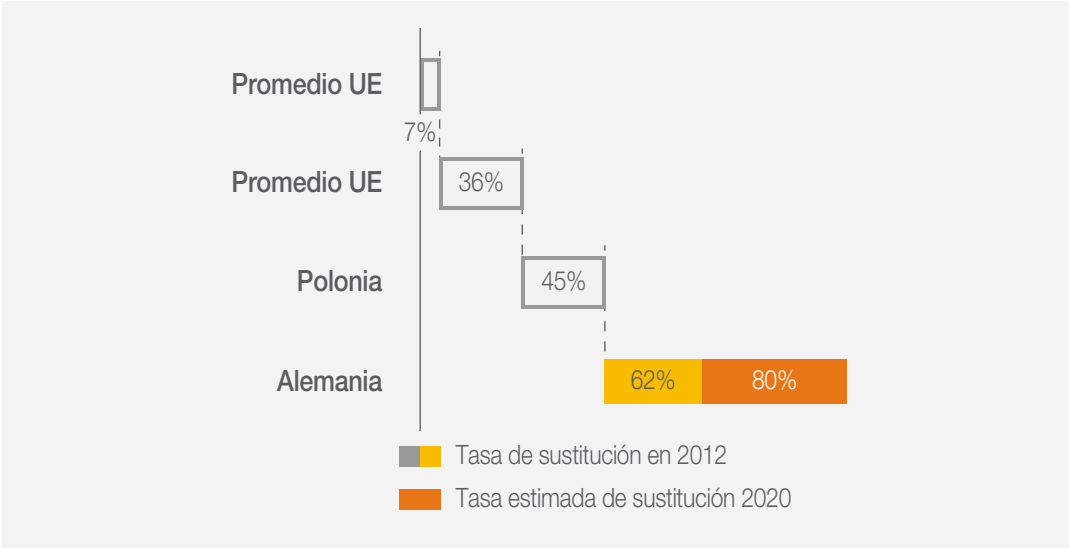


Ilustración 9. Tasa de sustitución de combustibles para el año 2012.

Diversos estudios realizados por instituciones públicas y privadas plantean que en el futuro, la gestión de los residuos sólidos se moverá hacia su conversión térmica, sobre todo a escala regional y que el auge en el mercado de vivienda en los próximos años dinamizará la demanda de cemento, exigiendo que las empresas productoras de este tipo de combustibles aumenten la proporción de energía que puede ser generada por encima del tercio que se genera en la actualidad.

4.7.5 Casos de éxito:

4.7.5.1 Incremento acelerado en el uso de combustibles alternativos.

El mercado de combustibles alternativos se viene desarrollando en la medida en que hay nuevos actores como es el caso de los generadores de energía. Algunos productores pequeños ya han comenzado a suministrar sus combustibles a centrales térmicas.

Para citar un ejemplo, la Planta de Incineración Varsovia está en capacidad de tratar mediante este mecanismo alrededor de 50.000 toneladas de residuos al año, lo cual representa solo un 0,5% del flujo total de residuos nacional. En términos generales puede afirmarse que en el país hay un déficit de plantas de tratamiento térmico de desechos y la capacidad de las instalaciones existentes no permite la combustión regular de residuos, especialmente en zonas urbanas.

Actualmente se está desarrollando un ambicioso plan para la construcción de 11 plantas de tratamiento térmico de desechos, que se espera cubran un total de 2.4 millones de toneladas y el cual asciende a un valor total de 1.95 millones de euros sobre todo subvencionado por la Unión Europea en el marco del Programa Operativo Infraestructura y Medio Ambiente.

La industria cementera en Polonia ha contribuido en gran medida a reducir las cantidades de residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios, siendo este sector el más dinámico en el uso de combustibles alternativos para sus procesos. Con una tasa de sustitución de más del 60%, ha logrado ahorros de casi un millón de toneladas de carbón por año y se estima que se han evitado emisiones por más de 2.5 millones de toneladas por año (ver ilustración 10); así las cosas, con un incremento esperado de 1.6 millones de toneladas año, se espera que la industria del cemento absorba un tercio del total de la capacidad de aprovechamiento del CDR.

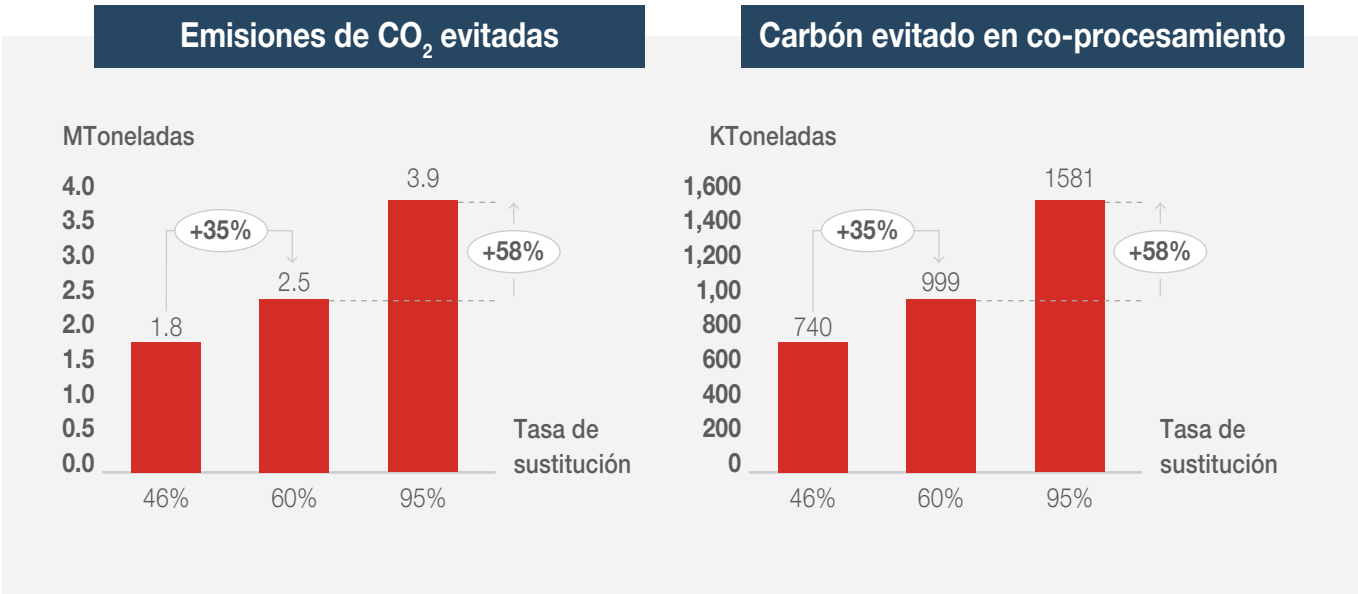


Ilustración 10. Emisiones evitadas de CO_2 y uso de carbón evitado por el coprocesamiento.
Fuente: ECOFYS I May 2016.

Un balance general pone de manifiesto que para el mediano plazo y en términos técnicos, la industria del cemento en Polonia esta lista para incrementar el uso de combustibles alternos. Este escenario es posible dadas las circunstancias socioeconómicas, regulatorias y de mercado, pero se requiere por otra parte altos volúmenes de residuos para ser tratados y una buena calidad de combustibles alternativos generados a partir de estos, que permitan en cierta medida recuperar las inversiones realizadas.

Las metas establecidas de reducción de los sitios de disposición final favorecen las condiciones para un mercado más dinámico de los CDR. De igual forma, un marcado interés del Gobierno hacia el cumplimiento de las políticas de la Unión Europea en términos del cumplimiento de las directrices del esquema "waste to energy" y unos objetivos más ambiciosos relacionados con protección del clima y la gestión de residuos, promoverán aumentos sustanciales en la producción de combustibles alternos.

A pesar de que se han logrado altas tasas de sustitución de combustibles, se han identificado igualmente barreras, que bien podrían ser oportunidades si son gestionadas de la mejor manera. Entre las más importantes se cuentan la limitada separación en la fuente, deficiencias en la infraestructura de tratamiento y las grandes inversiones que deben hacerse en la puesta en operación de estas prácticas. Otras identificadas son:

- La calidad del CDR no es confiable debido a la limitada separación en la fuente y las deficiencias en la capacidad de procesamiento.
- Las prohibiciones de carácter parcial de los rellenos así como los bajos costos de disposición (50 euros/ton). Promedio Unión Europea 80 €/ton y Alemania 140 €/ton.
- Los altos costos que deben ser asumidos por los particulares y por el mismo Gobierno para la construcción de la infraestructura.
- El reducido GDP per cápita impone límites en los gastos para la gestión de residuos teniendo en cuenta que un porcentaje debe ser transferido a los usuarios.
- Falta de disposición general por parte del Gobierno para cumplir de manera plena los objetivos fijados por la Unión Europea, lo cual ha hecho que la implementación de estrategias sea lenta.

6. Conclusiones

- En la década de los 70's, el aumento en los estándares de vida de los ciudadanos europeos, propició un deterioro de las condiciones medioambientales debido principalmente al aumento y mal manejo de residuos y a la escasez de recursos naturales, lo que unido a la conciencia ambiental que surgía en el momento, dieron inicio de la normatividad para la gestión de los residuos y la búsqueda de alternativas de manejo de residuos diferentes a la disposición final.

- Los principales factores que impulsaron la valorización de residuos y en especial el uso de CDR como combustible en los países analizados, conjugan la definición e implementación de unos adecuados marcos regulatorios, acciones técnicas e institucionales, incentivos fiscales y económicos, así como metas comunes de reducción, manejo y valorización de residuos.

- En la Unión Europea se han realizado estudios que analizan la relación entre el desempeño en el sistema de manejo de residuos y el uso de instrumentos económicos, con miras a identificar mecanismos que promuevan la reducción en el volumen de residuos enviados a los rellenos sanitarios, razón por la cual se sugiere consultar el informe Use of economic instruments and waste management performances elaborado para la Comisión Europea en el año 2012, con miras a identificar la aplicabilidad de dichas medidas en otras regiones; dicho informe, entre otros, "sugieren que existe una relación entre mayores impuestos al vertido (y mayores cargos totales por disposición) y menores porcentajes de residuos municipales enviados al vertedero" (Bio Inteligence Service, 2012, pág. 4).

- En la Unión Europea y de manera particular en Alemania, se tiene claro que la gestión eficiente de los recursos es un gran reto que está al mismo nivel incluso de la mitigación del cambio climático y la seguridad en el suministro de energía, y que una gestión deficiente, por ejemplo, en el manejo de residuos, no sólo trae consecuencias negativas para el medio ambiente sino también para la salud humana.

- Sin lugar a dudas Alemania es el país que definió e implementó medidas adicionales a las establecidas por la Unión Europea que permitieron adoptar procesos de valorización energética y conjugarlas con políticas de empaque de productos para prevenir la generación de los residuos e incluir la responsabilidad de recolección y reciclaje a los productores, a los distribuidores y a los encargados de la disposición final de este tipo de residuos.

- En este sentido, es claro que la valorización y recuperación energética de los CDR y su utilización en actividades de coprocesamiento ofrece un alto potencial de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, dado que estos combustibles sustituyen los combustibles fósiles, evitando por un lado las emisiones directas de CO2 de origen fósil y por otro lado aquellas provenientes de la descomposición de materia orgánica en rellenos.

- La recuperación energética surge como una alternativa viable para el tratamiento de determinado tipo de residuos, lo que permite entre otras opciones ser usados como combustibles alternos en procesos productivos, como es el caso en la industria del cemento. Gracias al uso de CDR, se han identificado notables beneficios en términos ambientales, económicos, que propician el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad propuestos por los países miembros de la Unión Europea.

- El éxito del esquema radica en garantizar un CDR competitivo en precio, bajo en contaminantes y de calidad uniforme. Para cumplir tales expectativas y para que los CDR sean de uso más extendido, deberán ser estos una alternativa económicamente atractiva en comparación con los altos precios de la energía proveniente de combustibles.

- A pesar de que se han logrado altas tasas de sustitución de combustibles en algunos países de la Unión Europea, se han identificado igualmente barreras, que bien podrían ser oportunidades si son gestionadas de la mejor manera. Entre las más importantes se cuentan la limitada separación en la fuente, deficiencias en la infraestructura de tratamiento y las grandes inversiones que deben hacerse en la puesta en operación de estas prácticas.

- El reciclaje de alta calidad tiene un potencial significativo para la creación de trabajos y crecimiento y se alinearía con los objetivos de la Unión Europea de no verter residuos en el 2020.

- Los gobiernos nacionales desempeñan un papel clave en el establecimiento de las condiciones adecuadas para el coprocesamiento. Aunque existen grandes diferencias entre los Estados miembros en relación con la situación y las perspectivas de este proceso, a nivel técnico no hay ninguna limitación en las plantas de cemento para el uso de los combustibles alternativos, por lo que se precisa continuar con la implementación de una infraestructura sólida en términos de recolección, separación y procesamiento que permita aumentar la disponibilidad de residuos como combustible para la industria del cemento.

- Desde el punto de vista socio político, una buena comprensión de los aspectos técnicos de coprocesamiento entre los legisladores y el público en general permitirá una visión a largo plazo del modelo y una aceptación por parte de la ciudadanía entendiendo las diferencias entre incineración, disposición final y recuperación de energía en plantas cementeras.

- Algunos insumos que el documento presenta y que es oportuno considerar para la formulación de la propuesta de marco normativo genérico sobre gestión de residuos y coprocesamiento para América Latina y el Caribe son los siguientes:

  - La jerarquía de gestión de los residuos y los principios orientadores.

  - La definición de coprocesamiento en el marco del interés de valorizar los residuos en los hornos cementeros.

  - La concientización en cuanto a que los rellenos sanitarios, si bien son soluciones económicas, no ofrecen una solución definitiva y en el largo plazo podrían ser más costosos en términos ambientales, sociales e incluso de rehabilitación y restauración del ecosistema afectado.

  - La reglamentación de las normas y procedimientos para la disposición final de residuos que permitan prevenir los efectos negativos relacionados con la emisión de gases nocivos, la contaminación de los recursos hídricos y el suelo.

  - La inclusión de metas de reducción de residuos, reducción de rellenos sanitarios, tratamiento de residuos, recolección selectiva, reuso y reciclaje.

  - La prohibición de llevar ciertos residuos con alto poder calorífico a disposición en un relleno sanitario, que propicie la búsqueda de otras alternativas para el manejo de estos residuos y que generen nuevos flujos o corrientes que al mismo tiempo fomenten escenarios de oferta y demanda.

  - El control de “la cuna a la tumba” de los residuos más peligrosos, así como el requerimiento de hacer un tratamiento previo a cierto tipo de residuos antes de ser dispuestos.

  - La implementación de medidas adicionales como normas de empaques, responsabilidad extendida del productor, normas de post consumo entre otras.

7. Bibliografía

Agencia Ambiental Europea. (s.f.). Obtenido de http://www.eea.europa.eu/

Agencia Federal de Medio Ambiente UBA. (s.f.). Agencia Federal de Medio Ambiente. Obtenido de www.umweltbundesamt.de/en/the-uba/about-us

Berlin Senate Department for Urban Development and the Environment. (2013). Municipal waste management in Berlin. Obtenido de www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/abfall

Bio Inteligence Service. (2012). Use of economic instruments and waste management performances. Informe elaborado para la Comisión Europea. Obtenido de http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/final_report_10042012.pdf

Bundesumweltam. (s.f.). Landfill sites yesterday and today. A brief history of landfill laws

Confederation of European Waste-to-Energy Plants - CEWEP | . (2015). Obtenido de http://www.cewep.eu/

DEFRA. (2014). Energy from waste. A guide to the debate. Obtenido de www.gov.uk/defra

ECOFYS. (2016). Market opportunities for use of alternative fuels in cement plants across the EU. Assessment of drivers and barriers for increased fossil fuel substitution in three EU member states: Greece, Poland and Germany

ECOFYS. (2016). Waste to energy potential forcement industry in the EU. Obtenido de http://www.ecofys.com/en/news/ecofys-assessed-waste-to-energy-potential-for-cement-industry-in-the-eu/

Ellen MacArthur Foundation. (s.f.). Obtenido de https://www.ellenmacarthurfoundation.org/

European Recovered Fuel Organisation – ERFO. (s.f.). Obtenido de www.erfo.info/

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). Sustainability. Obtenido de http://www.fao.org/nr/sustainability/despilfarro-de-alimentos/base-de-datos/projects-detail/es/c/210954/

GOV UK. (2011). Guidance on applying the waste hierarchy. Obtenido de https://www.gov.uk/government/publications/guidance-on-applying-the-waste-hierarchy

Green Budget Germany. (2010). INSTRUMENTOS ECONÓMICOS EN EL SECTOR DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS. Experiencias de Países de la OCDE y de América Latina. para Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Obtenido de http://www.foes.de/pdf/2010%20FOES%20Instrumentos%20Economicos%20para%20el%20Sector%20de%20Residuos.pdf

Press officer Umweltbundesamt. (2008). THE ROLE OF WASTE INCINERATION IN GERMANY. Obtenido de www.umweltbundesamt.de

Quality Assurance of Solid Recovered Fuels (SRF), Norma RAL-GZ 724 (2001)

Robinson, D. (2015). Análisis comparativo de los precios de la electricidad en la Unión Europea y en Estados Unidos: Una perspectiva española. Obtenido de http://cdn.20m.es/adj/2015/10/20/3382.pdf

Sánchez, A. Y. (2013). Combustibles Sólidos Recuperados y Combustibles Derivados de Residuos . Sevilla

Schnurer , H. (s.f.). Regulations on Waste Management - The situation in Germany. Bonn. Obtenido de http://www.gcsusa.com/pdf%20files/The%20German%20Perspective%20-%20Regulations%20on%20Waste%20Management.pdf

Schnurer, H. L. (s.f.). Regulations on Waste Management - The situation in Germany. Bonn. Obtenido de http://www.gcsusa.com/pdf%20files/The%20German%20Perspective%20-%20Regulations%20on%20Waste%20Management.pdf

Statistisches Bundesamt. (2012). Statistisches Bundesamt. Obtenido de https://www.destatis.de/DE/Startseite.html

Sustainable Development Unit. (2008). Summary of the key provisions of the Climate Change Act 2008. Obtenido de www.sduhealth.org.uk

Swiss Business Hub. (2013). WASTE MANAGEMENT AND WASTE WATER MANAGEMENT IN POLAND

Uweltbundesamt. (2015). Product stewardship and waste management. Obtenido de http://www.umweltbundesamt.de/en/topics/waste-resources/product-stewardship-waste-management

VDZ. (2014). Environmental Data of the German Cement Industry. Obtenido de https://www.vdz--online.de/fileadmin/gruppen/vdz/3LiteraturRecherche/Umweltdaten/VDZ_Umweltdaten_2014_

VDZ. (s.f.). VDZ. Obtenido de https://www.vdz-online.de/en/topics/energy-consumption/alternative-fuels/